

Vollständige Varianzen und Kovarianzen in Pflanzenbeständen *

IV. Phänotypische Korrelationen zwischen Wachstumsleistungen in verschiedenen Altersstufen

K. STERN

Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen, Hann. Münden,
und Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Schmalenbeck

Complete Variances and Covariances in Plant Stands

IV. Phenotypic Correlations Between Growth at Different Ages

Summary. 1. Multiple correlations of diameters or basal areas of single trees on sums of diameters or basal areas of neighbors, weighted by reciprocal quadratic distances between tree and neighbor, including both simultaneous measurements and sums of neighbors at preceding times resulted in appreciably higher r^2 than those based on simultaneous measurements only.

2. Selection of trees with largest diameters at an age of 30–50 years compared with selection at older ages resulted in relatively small losses in selection differential.

In drei früheren Veröffentlichungen war ein Modell für die Herleitung der Varianz aus Konkurrenz zwischen Genotypen in Pflanzenbeständen (STERN 1965), die Korrelationen zwischen Wachstumsleistungen benachbarter Baumindividuen in Beständen von Kiefer und Fichte (STERN 1966) und Ergebnisse von Monte-Carlo-Versuchen über Konkurrenz zwischen Genotypen gegeben worden (SINGH 1967). Im folgenden soll noch einmal die Frage des Beitrags der Konkurrenz zwischen benachbarten Bäumen zur phänotypischen Varianz in Kiefern- und Fichtenbeständen untersucht werden, diesmal aber unter Einbeziehung der Korrelationen zur Wachstumsleistung der Nachbarn in den zurückliegenden Altersstufen, unter Berücksichtigung der „Geschichte der Konkurrenz“ der jeweils noch überlebenden Bäume also. Das Untersuchungsmaterial bilden wieder die schon früher beschriebenen (STERN 1965) 19 Kiefern- und Fichtenbestände, die von der schwedischen und hessischen forstlichen Versuchsanstalt als permanente Ertragsprobestflächen unterhalten werden und frühzeitig einzelbaumweise kartiert wurden. Bezüglich der Bestandesbeschreibung, der Durchforstungsart und -stärke sowie sonstiger Einzelheiten wird auf Tab. 4 der letztzitierten Publikation verwiesen.

I. Multiple Korrelationen zwischen Kreisfläche in $DM_{1,3}$ und Kreisflächenzuwachs in $DM_{1,3}$ einerseits und den mit dem reziproken Quadrat des Abstands gewogenen Summen der Kreisflächen in $DM_{1,3}$ der Nachbarn andererseits

Für die Berechnung der Korrelationen wurden die Versuchsflächen in 16 Teilflächen zerlegt, nachdem ein fünf Meter breiter Rand abgetrennt worden war. Für jede der 16 Teilflächen wurden die Korrelations-

koeffizienten zwischen den einzelnen Bäumen einerseits und der Summe der Nachbarn im Umkreis von fünf Metern andererseits berechnet, wobei die Kreisflächen (oder Durchmesser) der Nachbarn zuvor mit dem reziproken Quadrat des Abstands in Metern gewogen worden waren. Es hatte sich herausgestellt (STERN 1965), daß eine Erweiterung des Kreisradius über 5 m im allgemeinen keine erhöhte Korrelation mehr brachte und daß die Korrelationen der Kreisflächen im Durchschnitt etwas höher waren als die der Durchmesser, beides bezogen auf 1,3 m über dem Boden. Die Korrelationen waren im Durchschnitt der 16 Teilflächen jeden Versuchsortes meist negativ; lediglich ein schwedischer Fichtenversuch bildete eine Ausnahme, weil die ausgeprägte Bodenheterogenität dort zu Überwiegen der positiven Bodenkorrelation zwischen benachbarten Bäumen geführt hatte.

Man kann nun fragen, ob nicht Einbeziehen der Konkurrenzsituation in früheren Altersstufen zu erhöhter Korrelation zwischen Nachbarn führen wird. Die Abhängigkeit der Wachstumsleistung eines Baumes von der seiner Nachbarn wird durch natürliche Abgänge und Durchforstungen im Verlauf der Bestandesentwicklung vielfach verändert, indem die Gruppe der Nachbarn verändert wird; rückwirkende Berechnung der Konkurrenzverhältnisse sollte dann zu erhöhter Bestimmtheit des Phänotyps eines Baumes durch die Gruppe seiner Konkurrenten führen. Dieser Einfluß in der Vergangenheit stattgefundenen Konkurrenz müßte sich in den multiplen Korrelationskoeffizienten widerspiegeln, die rückwirkend über alle Altersstufen berechnet werden können, in denen die Flächen gemessen wurden.

Da man nun den multiplen Korrelationskoeffizienten — wie auch im folgenden geschehen, da es nur auf die Relationen ankam — als Quadratwurzel der „multiplen Bestimmtheit“ berechnet, werden sich etwas höhere Werte ergeben als bei Berechnung der einfachen Korrelationen, denn beim Mitteln der einfachen Korrelationen wurden negative (Konkurrenz-) Korrelationskoeffizienten und positive (Boden-) Korrelationskoeffizienten gemittelt, während die als

* Herrn Prof. Dr. R. v. SENGBUSCH zum 70. Geburtstag gewidmet.

Die Versuchsdaten wurden freundlicherweise von Prof. CARBONNIER, Stockholm, und Dr. SCHMITT, Gießen, zur Verfügung gestellt. Beiden sei auch an dieser Stelle gedankt.

Quadratwurzel der „Bestimmtheit“ berechneten Koeffizienten stets das gleiche Vorzeichen tragen. Unter dieser Voraussetzung sind die in den Tab. 1—6 angegebenen multiplen Korrelationskoeffizienten zu verstehen. Sie sind auch beim Vergleich der dort aufgeführten einfachen Korrelationskoeffizienten mit den früher veröffentlichten zu berücksichtigen. Vor dem Doppelpunkt steht in den Tabellen jeweils die als abhängige Variable eingesetzte Altersstufe, in der Klammer hinter dem Doppelpunkt stehen die als unabhängige Variable verwendeten vorhergehenden.

Zwischen den Stufen liegen in der Regel Perioden von je fünf Jahren. In einigen Fällen reichten die Freiheitsgrade nicht aus, um die rückwirkenden multiplen Korrelationen vollständig zu berechnen; deshalb fehlen z. B. bei Fläche 5 I die multiplen Korrelationen der 12. bis rückwirkend zur 10. Messung und den nächstjüngeren. Ein Vergleich der Zahlen zeigt, daß die multiplen Korrelationskoeffizienten mit Einbeziehung jeder der zurückliegenden Altersstufen teilweise erheblich anwachsen. Die Differenz zwischen dem einfachen Korrelationskoeffizienten (Korrelation zur Gruppe der Konkurrenten zum Zeitpunkt der Aufnahme) und dem multiplen Korrelationskoeffizienten unter Einbeziehung der fünf vorhergehenden Altersstufen (= 25 Jahre) beträgt im Mittel 50 bis 100% des einfachen Korrelationskoeffizienten. Der Einfluß der Vorgeschichte eines Baumes scheint

Tabelle 1—6. *Multiple Konkurrenzkorrelation für die 19 Versuchsflächen (Beschreibung der Versuchsflächen bei STERN, 1966)*

Tabelle 1. 5, Kiefer

Messung	Kreisfläche			Kreisflächenzuwachs		
	I	II	III	I	II	III
12: (12)	0,374	0,649	0,551	0,405	0,509	0,659
12: (12; 11)	0,536	0,618	0,870	0,546	0,796	0,824
12: (12; 11; 10)	0,559	—	0,946	0,615	—	0,966
12: (12; 11; 10; 9)	0,749	—	—	0,700	—	—
12: (12; 11; 10; 9; 8)	0,816	—	—	0,773	—	—
9: (9)	0,308	0,622	0,576	0,355	0,564	0,520
9: (9; 8)	0,402	0,734	0,713	0,416	0,664	0,675
9: (9; 8; 7)	0,483	0,803	0,688	0,516	0,895	0,766
9: (9; 8; 7; 6)	0,587	0,977	0,975	0,615	0,910	0,962
9: (9; 8; 7; 6; 5)	0,712	—	—	0,682	—	—
6: (6)	0,299	0,552	0,597	0,331	0,468	0,498
6: (6; 5)	0,437	0,744	0,773	0,425	0,644	0,655
6: (6; 5; 4)	0,486	0,830	0,807	0,470	0,720	0,774
6: (6; 5; 4; 3)	0,502	0,862	0,835	0,500	0,761	0,794
6: (6; 5; 4; 3; 2)	0,541	0,830	0,844	0,537	0,748	0,844

Tabelle 2. 547, Kiefer

Messung	Kreisfläche		Kreisflächenzuwachs	
	II	III	II	III
8: (8)	0,511	0,467	0,461	0,453
8: (8; 7)	0,545	0,588	0,522	0,554
8: (8; 7; 6)	0,582	0,739	0,571	0,779
8: (8; 7; 6; 5)	0,551	0,831	0,625	0,821
8: (8; 7; 6; 5; 4)	0,647	0,720	0,666	0,838
5: (5)	0,441	0,311	0,347	0,398
5: (5; 4)	0,471	0,439	0,402	0,550
5: (5; 4; 3)	0,489	0,575	0,447	—
5: (5; 4; 3; 2)	0,539	0,649	0,486	—
5: (5; 4; 3; 2; 1)	0,559	0,677	0,522	—
2: (2)	0,373	0,218	0,315	—
2: (2; 1)	0,391	0,313	0,368	—

Tabelle 3. 27, Kiefer

Messung*	Kreisfläche				Kreisflächenzuwachs			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
9: (9)	0,589	—	0,393	0,628	0,524	—	0,300	0,617
9: (9; 8)	0,673	—	0,421	0,707	0,596	—	0,331	0,713
9: (9; 8; 7)	0,802	—	0,535	0,750	0,779	—	0,416	0,727
9: (9; 8; 7; 6)	0,892	—	0,525	0,817	0,793	—	0,479	0,787
9: (9; 8; 7; 6; 5)	0,940	—	0,571	0,798	0,876	—	0,596	0,852
6: (6)	0,573	0,591	0,394	0,456	0,493	0,572	0,314	0,384
6: (6; 5)	0,627	0,659	0,458	0,518	0,539	0,654	0,404	0,578
6: (6; 5; 4)	0,654	0,696	0,514	0,663	0,593	0,670	0,439	0,712
6: (6; 5; 4; 3)	0,698	0,714	0,550	0,742	0,677	0,711	0,521	0,768
6: (6; 5; 4; 3; 2)	0,750	—	0,636	0,801	0,743	—	0,583	0,822
3: (3)	0,418	0,365	0,325	0,418	0,376	0,365	0,319	0,335
3: (3; 2)	0,492	—	0,393	0,449	0,432	—	0,362	0,405
3: (3; 2; 1)	0,536	—	0,416	0,518	0,518	—	0,403	0,494
	0,575				0,574			

* beginnend mit 10. Messung für 27 I — beginnend mit 4. Messung für 27 II

also von ganz erheblichem Einfluß zu sein, und die früher (STERN 1965) gegebenen Schätzungen der aus Konkurrenz entstehenden Varianz sind, so darf man wohl annehmen, zu niedrig angesetzt. Trotzdem dürfte es auch nach Vorliegen dieser neuen Zahlen noch gewagt sein, Annahmen über ihre tatsächliche Größe zu machen, da das hier angewen-

dete Verfahren allenfalls grobe Schätzungen liefert. In den Tabellen ist auch die Abhängigkeit der Kreisflächenzuwächse von der Gruppe der Konkurrenten angegeben. Wie bei der engen Korrelation zwischen Kreisfläche und Kreisflächenzuwachs nicht anders zu erwarten, sind sie den Kreisflächenkorrelationen sehr ähnlich.

Tabelle 4. 19,32, Fichte

Messung*	Kreisfläche			Kreisflächenzuwachs		
	19 I	19 II	32 II	19 I	19 II	32 II
8: (8)	0,684	0,694	0,556	0,634	0,651	0,567
8: (8; 7)	0,744	0,756	0,832	0,693	0,730	0,916
8: (8; 7; 6)	0,831	0,850	0,966	0,764	0,779	0,894
8: (8; 7; 6; 5)	0,931	0,635	—	0,837	0,807	—
8: (8; 7; 6; 5; 4)	0,884	0,954	—	0,885	0,840	—
5: (5)	0,577	0,624	0,678	0,567	0,606	0,630
5: (5; 4)	0,626	0,597	0,738	0,588	0,639	0,750
5: (5; 4; 3)	0,693	0,709	0,783	0,599	0,677	0,795
5: (5; 4; 3; 2)	0,714	0,729	0,849	0,637	0,710	0,795
5: (5; 4; 3; 2; 1)	0,727	0,743	—	0,695	0,742	—
2: (2)	0,327	0,415	0,282	0,562	0,434	—
2: (2; 1)	0,360	0,464	—	—	0,464	—

* beginnend mit 7. Messung bei 32 II

Tabelle 5. 412, Fichte

Messung	Kreisfläche			Kreisflächenzuwachs		
	I	II	III	I	II	III
4: (4)	0,266	0,246	0,159	0,325	0,246	0,132
4: (4; 3)	0,376	0,343	0,247	0,451	0,332	0,245
4: (4; 3; 2)	0,484	0,400	0,292	0,523	0,413	0,298
4: (4; 3; 2; 1)	0,587	0,490	0,317	0,616	0,508	0,328
1: (1)	0,251	0,232	0,175	0,251	0,232	0,175

Tabelle 6. Fichte, Hessen

Messung	Kreisfläche			Kreisflächenzuwachs		
	7 A	4 C	06	7 A	4 C	06
5: (5)	0,484	0,464	0,468	0,451	0,471	0,570
5: (5; 4)	0,552	0,613	0,681	0,577	0,579	0,682
5: (5; 4; 3)	0,573	0,711	0,803	0,637	0,701	0,775
5: (5; 4; 3; 2)	0,700	0,730	0,727	0,666	0,771	0,793
5: (5; 4; 3; 2; 1)	0,743	0,696	0,792	0,717	0,851	0,788
2: (2)	0,404	0,382	0,518	0,418	0,443	0,520
2: (2; 1)	0,477	0,540	0,617	0,473	0,540	0,604

II. Der Ausleseerfolg bei Auslese von „Massenplusbäumen“ in verschiedenen Altersstufen, bezogen auf den bei Auslese im jeweils höchsten Alter der Flächen zu erwartenden

Der Auslesefortschritt je Zeiteinheit, auf den es in der Forstpflanzenzüchtung mehr ankommt als auf den Auslesefortschritt je Generation, hängt nicht nur von Heritabilität und Selektionsdifferential ab, sondern auch von der Generationsdauer oder, besser gesagt, vom Alter der Bäume, in dem der Forstpflanzenzüchter die relative Wachstumsleistung der Bäume einschätzen kann. Dies Problem ist ziemlich komplex; es wurde in einer früheren Arbeit eingehender behandelt (STERN 1960).

Wir können nun anhand der einzelbaumweise kartierten und buchgeführten 19 Flächen ausrechnen, welchen Auslesefortschritt man erzielt hätte, wenn man nicht bis zur letzten Messung gewartet hätte, sondern bereits zu früherem Termin die „besten“ Bäume ausgelesen hätte; und wir können den zu erwartenden Auslesefortschritt auf den bei der letzten Messung gegebenen beziehen. Dabei muß natürlich beachtet werden, daß über die Heritabilität des Merkmals nichts bekannt ist und daß man infolgedessen keine Vergleiche zur relativen Entwicklung

etwa von Mittelwerten von Familien, von Halbgeschwistern, Vollgeschwistern o. ä. zu ziehen befugt ist, wenn diese parzellenweise ausgepflanzt wurden (SINGH 1967). Unser Vergleich ist vielmehr nur für die sogenannte Plusbaumauswahl und deren Erfolgsaussicht gültig und liefert vernünftige Ergebnisse nur für Situationen, in denen auch Plusbaumauslese vernünftige Resultate erbringt, wobei als weitere Einschränkung hervorgehoben werden muß, daß es sich um Plusbaumauslese handelt, bei der die Wachstumsleistung im Vordergrund steht und als Maß für die Wachstumsleistung der Durchmesser in 1,3 m verwendet wird. Auslese auf Massenleistung unter Einbeziehung von Stammformzahl und Baumhöhe stehen hier nicht zur Diskussion. Immerhin macht die bestehende Korrelation zwischen Durchmesser und Masse eines Baumes es wahrscheinlich, daß anhand des Durchmessers die Massenleistung eines Baumes relativ sicher angesprochen werden kann.

Unser Problem ist dem des „Umsetzens“ der Waldbäume nahe verwandt, über das in der Vergangenheit oft gearbeitet und publiziert wurde. Beim „Umsetzen“ handelt es

sich um das Überwechseln eines Baumes von einer soziologischen Baumklasse in eine andere. Normalerweise wird es sich um „Abstieg“ handeln. Der Prozeß der Stammzahlverminderung mit dem Alter und die vergleichsweise geringere Konkurrenzfähigkeit von Bäumen aus den „unteren“ Baumklassen (mitherrschende, beherrschte und unterdrückte in der bekannten Bezeichnungsweise von KRAFFT), die oft nachgewiesen wurde, sowie die vergleichsweise langen Erholungsperioden, die einmal ins Hintertreffen geratene Bäume benötigen, führen dazu, daß „Abstieg“ die Regel und „Aufstieg“ die seltene Ausnahme ist. Wir wollen uns jedoch darüber klar sein, daß es sich in Wirklichkeit um ein sehr komplexes Problem handelt. Wachstumsleistung und Konkurrenzkraft eines Baumes mögen oder mögen nicht miteinander korreliert sein, sie mögen oder mögen nicht für verschiedene Genotypen in verschiedenen Altersstufen verschieden sein, und sie mögen oder mögen nicht von den Startbedingungen oder Nachwirkungen vorhergehender Wachstums- und Konkurrenzbedingungen beeinflußt werden. Es ist nicht möglich, die hierhergehörende umfangreiche Literatur an dieser Stelle aufzuführen oder zu diskutieren. Es kann nur auf diese Probleme verwiesen

Tabelle 7—16. Korrelationstabellen der Durchmesser zu verschiedenen Altersstufen

Tabelle 7. 12. : 9. Messung

Mittelwerte Standardabweichungen		12. Messung 176.46 MM 50.52 MM					9. Messung 150.25 MM 47.68 MM						
Klasse	Zeilen- summen												
10	9												
9	19												
8	26												
7	39												
6	53												
5	61												
4	47												
3	45												
2	9												
1	1												
0	642	548	1	9	42	25	12	1	4	1			
951		548	11	60	80	59	71	52	34	34	12	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 8. 12. : 6. Messung

Mittelwert Standardabweichung		120.62 MM 42.95 MM											
Klasse	Zeilen- summen												
10	9											9	
9	19											6	
8	26											1	
7	39											10	
6	53											24	
5	61											5	
4	47											1	
3	45											10	
2	9											32	
1	1											21	
0	642	378	13	81	96	43	15	7	5	4			
	951	378	13	89	120	91	86	73	49	36	16	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 9. 12. : 3. Messung

Mittelwert Standardabweichung		95.72 MM 35.43 MM											
Klasse	Zeilen- summen												
10	9											9	
9	19											10	
8	26											7	
7	39											2	
6	53												
5	61												
4	47												
3	45												
2	9												
1	1												
0	642	145	3	128	159	109	58	22	10	5	3		
951		145	3	138	171	136	114	100	62	51	31	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

werden, um die oben genannten Einschränkungen verständlich zu machen.

In den Tab. 7—16 ist für eine typische Kiefernfläche die Entwicklung der Korrelationen der Baumdurchmesser über 12 Meßperioden dargestellt, also

über ca. 60 Jahre mit je 5jährigen Abständen. Das Ergebnis ist charakteristisch auch für die anderen Flächen: Die Korrelation zu den weit zurückliegenden Altersstufen wird zunehmend geringer, wie nicht anders zu erwarten. Die Klasseneinteilung der Ta-

Tabelle 10. 12.:1. Messung

Mittelwert Standardabweichung		86.27 MM 30.29 MM											
Klasse	Zeilen- summen												
10	9											9	
9	19									9		10	
8	26							1	7	10		8	
7	39				1	1	6	13	12			6	
6	53			1	2	4	14	21	11				
5	61		1	2	1	11	25	18	2		1		
4	47	1	4	2	5	11	19	5					
3	45	1	8		10	18	8						
2	9			1	8								
1	1			1									
0	642	12	129	194	157	83	38	18	5	6			
	951	14	142	201	184	128	111	82	49	40	Spaltensummen		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 11. 9.:6. Messung

Klasse	Zeilen- summen												
10	12											12	
9	24											4	
8	34											20	
7	52											13	
6	71											1	
5	59											24	
4	80											27	
3	60											1	
2	11											39	
1												6	
0	548	378	13	73	56	16	6	3	1	2			
	951	378	13	89	120	91	86	73	49	36	16	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 12. 9.:3. Messung

Klasse	Zeilen- summen												
10	12											12	
9	24									14		10	
8	34							1	6	20		7	
7	52						1	10	27	14			
6	71					1	7	43	19	1			
5	59				2	2	19	29	7				
4	80			5	5	14	53	3					
3	60			5	7	45	3						
2	11			1	10								
1													
0	548	145	3	127	147	74	31	14	3	2	2		
	951	145	3	138	171	136	114	100	62	51	31	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 13. 9.:1. Messung

Klasse	Zeilen- summen												
10	12										12		
9	24								2	12	10		
8	34							1	7	14	12		
7	52					1	2	9	22	17	1		
6	71				1	1	7	33	23	5	1		
5	59			1	2	2	14	24	16				
4	80		1	7	2	12	35	22	1				
3	60		1	5	1	39	14						
2	11			1	7	3							
1													
0	548		12	128	188	126	56	22	11	1	4		
	951		14	142	201	184	128	111	82	49	40	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 14. 6.:3. Messung

Klasse	Zeilen- summen												
10	16											16	
9	36								1	21		14	
8	49							1	20	27		1	
7	73						1	33	37	2			
6	86					1	25	57	3				
5	91				1	17	70	3					
4	120			5	16	91	8						
3	89			15	74								
2	13			13									
1													
0	378	145	3	105	80	27	10	6	1	1			
	951	145	3	138	171	136	114	100	62	51	31	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 15. 6.:1. Messung

Klasse	Zeilen- summen												
10	16											16	
9	36								4	14		18	
8	49							2	14	30		3	
7	73					1	2	22	42	5		1	
6	86					1	2	18	49	16			
5	91					2	13	49	26	1			
4	120		1	9		3	70	37					
3	89		1	5	54	29							
2	13			9	4								
1													
0	378		12	119	137	69	22	12	5			2	
	951		14	142	201	184	128	111	82	49	40	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

Tabelle 16. 3.:1. Messung

Klasse	Zeilen- summen												
10	31									1	30		
9	51								4	38		9	
8	62							2	50	10			
7	100						3	70	27				
6	114					4	74	36					
5	136				2	92	42						
4	171			6	94	71							
3	138		2	74	62								
2	3		2	1									
1													
0	145		10	61	43	17	9	3	1			1	
	951		14	142	201	184	128	111	82	49	40	Spaltensummen	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Klasse

bellen ist in Standardabweichungen zu verstehen. Das arithmetische Mittel liegt auf der Grenze zwischen den Klassen 5 und 6, die Klassenbreite beträgt je eine halbe Standardabweichung, wobei in der 10. Klasse alle Bäume oberhalb der unteren Klassengrenze zusammengefaßt sind. Auf der Abszisse ist jeweils die jüngere Messung aufgetragen, verständlicherweise sind hier deshalb die unteren Klassen oft nicht mehr besetzt, weil die unterdrückten Bäume ausgefallen sind.

Anhand der Tabellen können wir nun auch fragen, welchen Selektionsgewinn man bezogen auf die letzte Altersstufe erzielt hätte, wenn man nicht bis zur

letzten Altersstufe gewartet, sondern früher ausgelesen hätte. Die Zahlen sind für alle Flächen in der Tab. 17 zusammengestellt. Man ersieht aus der Tabelle etwa, daß bei Auslese aller Bäume mit einem Durchmesser größer als das Bestandesmittel zuzüglich zwei Standardabweichungen auf Fläche 5 I das Selektionsdifferential im Alter von 107 Jahren 11,4 cm betragen hätte. Hätte man im Alter von 92, 77, 62 oder 52 Jahren die stärksten Bäume ausgelesen, so wären immerhin, bezogen auf die relative Leistung der in den vorhergehenden Altersstufen ausgelesenen Bäume, im Alter 107 Selektionsdifferential von 10,7, 10,1, 8,7 und 7,7 cm erhalten worden,

Tabelle 17. Selektionsdifferential bei Auslese aller Bäume mit $DM_{1,3}$ größer als $\bar{DM}_{1,3} + 2s$, bezogen auf das Alter zum Zeitpunkt der jeweils letzten Messung

Fläche	Auslese im Alter	Selektions- differential		Zeitbedarf	Verlust an Selektions- differential	Zeitgewinn	DM _{1,3}
		cm	%				
Kiefer							
5 I	107	11,4	100	100	0	0	17,6
	92	10,7	94	86	6	14	15,0
	77	10,1	89	71	11	29	12,1
	62	8,7	76	58	24	42	9,6
	52	7,7	68	48	32	52	8,6
5 II	107	10,8	100	100	0	0	25,7
	92	9,9	91	86	9	14	21,4
	77	9,6	89	71	11	29	15,3
	62	9,1	84	58	16	42	11,8
	52	9,2	85	48	15	52	10,5
5 III	107	10,4	100	100	0	0	26,0
	92	9,2	88	86	12	14	22,1
	77	9,2	88	71	12	29	16,5
	62	7,3	70	58	30	42	12,6
	52	7,3	70	48	30	52	10,8
27 I	61	14,4	100	100	0	0	21,9
	46	11,2	78	75	22	25	14,9
	31	9,6	67	51	33	49	11,1
27 II	47	11,7	100	100	0	0	11,6
	32	10,1	86	68	14	32	8,4
27 III	77	13,6	100	100	0	0	15,4
	62	13,0	96	81	4	19	13,0
	47	11,7	86	61	14	29	9,9
	37	11,6	82	48	18	52	7,6
24 IV	71	16,9	100	100	0	0	18,5
	56	13,8	82	79	18	21	14,0
	41	13,1	78	58	22	32	10,7
	31	11,6	69	44	31	56	7,8
547 I	64	11,3	100	100	0	0	23,1
	49	11,3	100	77	0	23	14,7
	34	9,2	81	53	19	47	9,7
	29	6,8	60	45	40	55	6,7
547 II	64	16,3	100	100	0	0	17,8
	49	14,1	87	77	13	23	13,1
	34	11,9	73	53	27	47	8,8
	24	9,2	56	45	44	55	6,2
547 III	64	15,1	100	100	0	0	13,5
	49	13,9	92	77	8	23	10,9
	34	12,0	79	53	21	47	7,1
	29	12,2	81	45	19	55	6,5
Fichte							
19 I	75	20,5	100	100	0	0	22,0
	60	19,5	95	80	5	20	14,1
	45	11,9	58	60	42	40	9,9
	40	11,1	54	53	46	47	8,2
19 II	75	26,9	100	100	0	0	21,4
	60	21,4	80	80	20	20	14,6
	45	18,9	70	60	30	40	10,4
	40	18,2	68	53	32	47	8,8
32 II	78	10,0	100	100	0	0	34,5
	63	10,0	100	81	0	19	25,6
	48	4,9	49	62	51	38	12,9
412 I	48	8,7	100	100	0	0	14,2
	16	5,0	57	33	43	67	11,5
412 II	48	10,3	100	100	0	0	13,1
	16	4,7	46	33	54	67	10,7
412 III	48	7,8	100	100	0	0	9,1
	16	4,0	51	33	49	67	11,0
FB 6	55	11,8	100	100	0	0	30,5
	40	9,9	84	73	16	27	20,0
	35	8,8	75	64	25	36	16,6
FB 4	55	14,5	100	100	0	0	26,6
	40	12,7	88	73	12	27	18,2
	35	12,3	85	64	15	36	15,3
FB 7	55	14,4	100	100	0	0	20,9
	40	11,0	76	73	24	27	13,3
	35	10,3	72	64	28	36	11,5

oder, in % des Selektionsdifferential im Alter 107, 94, 89, 76 bzw. 68% des Erreichbaren. Dabei ist zu berücksichtigen, daß man Zeitgewinne von 14, 29, 42 und 52% der Umtriebszeit von 107 Jahren erzielt hätte, so daß z. B. der Verlust an Selektionsdifferential bei Auslese im Alter 52 statt im Alter 107 rd. 32% betragen hätte, dem nun aber ein Zeitgewinn von 52% gegenübersteht.

Ein Blick auf die Ergebnisse der anderen Flächen zeigt, daß in allen Fällen ein erheblicher Zeitgewinn einem geringeren Verlust an Selektionsdifferential gegenübersteht, wobei der letztere vor allem dann relativ hoch ist, wenn zum erstenmal in sehr jungem Alter ausgelesen wird, z. B. auf den Flächen 412 im Alter 16. Würde man im Fall der ältesten Flächen (5 I—5 III) bis zum Alter 50 gewartet haben, so hätten sich während der nächsten 50 oder 60 Jahre keine wesentlichen Verschiebungen an der Spitze mehr ergeben, der Selektionserfolg wäre gegenüber dem erheblichen Zeitgewinn nur unwesentlich gesunken. Man könnte also folgern, daß Auslese in jüngeren Beständen im Alter zwischen 35 und 50 Jahren durchaus sinnvoll wäre, auch dann, wenn man auf Mehrleistungen erst im Alter 100 ausgeht.

Aber so einfach liegen die Verhältnisse wohl nicht. Zwar deuten die Zahlen an den drei gepflanzten Fichtenbeständen (FB 4, 6 und 7) darauf hin, daß die Dinge in genau gleichaltrigen Beständen ähnlich liegen wie in den aus Naturverjüngung hervorgegangenen. Aber auch hier muß offen bleiben, ob das Merkmal Durchmesser überhaupt eine hinreichend große Heritabilität hat, um Auslese — in welchem Alter auch immer — sinnvoll erscheinen zu lassen. Wir können zwar nach den Ergebnissen jüngerer Versuche vermuten, daß die Variation der Jugendwüchsigkeit eine erhebliche genetische Komponente hat, aber wir wissen nicht, in welchem Maße die Verhältnisse in geschlossenen Beständen durch Kon-

kurrenzzeichnung und Konkurrenzwirkung der verschiedenen Genotypen mitbestimmt werden, die gerade im Dickungs- und jüngeren Stangenholzalter entscheidenden Einfluß haben müssen. Lassen wir es also bei der Feststellung, daß die Ergebnisse darauf hindeuten, daß Auslese der wüchsigsten Bäume in relativ jungem Alter erhebliche Zeitersparnis und, daran gemessen, relativ geringen Verlust an Selektionsdifferential mit sich bringen kann, wenn man zwischen 35. und 50. Lebensjahr ausliest.

Zusammenfassung

1. Multiple Korrelationen des Durchmessers und der Kreisfläche einzelner Bäume zur Summe der mit den reziproken quadratischen Abständen gewogenen Durchmesser oder Kreisflächen der Nachbarn zum Zeitpunkt der Messung und vorhergehender Altersstufen ergeben erheblich höhere Bestimmtheiten als die einfachen Korrelationen.

2. Auslese der stärksten Bäume im Alter von 30 bis 50 Jahren resultiert im Vergleich mit Auslese in höherem Alter in — gemessen am Zeitgewinn — relativ geringen Verlusten im Selektionsdifferential.

Literatur

1. SINGH, K.-D.: Vollständige Varianzen und Kovarianzen in Pflanzenbeständen III. Monte-Carlo-Versuche über den Einfluß der Konkurrenz zwischen Genotypen auf die Voraussage des Ausleseerfolgs. *Z. Pflanzenzüchtg.* **57**, 189—253 (1967). — 2. STERN, K.: Plusbäume und Samenplantagen. Frankfurt a. M.: J. D. Sauerländer 1960. — 3. STERN, K.: Vollständige Varianzen und Kovarianzen in Pflanzenbeständen I. Modell für Konkurrenz zwischen Genotypen. *Silvae Genetica* **14**, 87—91 (1965). — 4. STERN, K.: Vollständige Varianzen und Kovarianzen in Pflanzenbeständen II. Phänotypische Korrelationen zwischen Bäumen in gleichaltrigen Kiefern- und Fichtenbeständen und den sie umgebenden Gruppen von Konkurrenten. *Silvae Genetica* **15**, 6—11 (1966).