

Über den Einfluß der Konkurrenz auf die Aussagefähigkeit forstlicher und landwirtschaftlicher Versuche: Experimentelle Ergebnisse aus einer Feldversuchsserie mit Fichtenkreuzungen

Von M. HÜHN¹⁾ ²⁾

(Eingegangen im Januar 1974)

1. Einleitung und Problemstellung

„Seit langem ist aus vielen experimentellen Untersuchungen bekannt, daß Konkurrenz zwischen im Bestand benachbart aufwachsenden Pflanzen eine der wichtigsten Ursachen für die Variation und Kovariation konkurrenzempfindlicher Merkmale in Pflanzenbeständen darstellt und daß ihr Nichtbeachten in genetischen und züchterischen Experimenten (Nachkommenschaftsprüfung, Heritabilitätschätzung, Plusbaumauswahl) zu verzerrten Schätzwerten und damit zu wenig effektiven Versuchsplänen führt. Ebenso ist seit langem bekannt, daß die gegenseitige Beeinflussung genetisch verschiedener Individuen, die als Nachbarn im Bestand aufwachsen, eine große Rolle spielt und das Aussehen von Pflanzenbeständen mitbestimmt“ (HÜHN 1969).

„In Versuchen der Pflanzenzüchtung — dabei aber ganz besonders beim Arbeiten mit Fremdbefruchtern — ist Konkurrenzvarianz gleich Fehlervarianz zu setzen, denn Konkurrenz verschleiert die genetisch bedingten Leistungsunterschiede und erschwert so die Einschätzung der auszuwählenden besten Pflanzen. Konkurrenz ist daher einer der entscheidendsten Störfaktoren bei der für die züchterische Praxis wichtigen und unerläßlichen phänotypischen Selektion. Weiter führt Nichtberücksichtigung von Konkurrenz zur überhöhten Schätzung der genetischen Varianz und damit auch zu einer überhöhten Schätzung der Heritabilität, die für Züchtungsprogramme und deren Erfolg die entscheidende numerische Größe darstellt; es ist sicher, daß die oft nur so geringen Selektionsgewinne in Züchtungsprogrammen zum großen Teil auf die Nichtberücksichtigung von Konkurrenzeffekten zurückzuführen sind“ (HÜHN 1971).

Bei Feldversuchen, wo man die einzelnen zu prüfenden „Sorten“ meist parzellenweise auspflanzt und wo bei der Weiter- und Gesamtverrechnung oft nur die Parzellenmittelwerte benutzt werden, spielt die Frage nach der optimalen Form und Größe der Parzellen eine große Rolle. „In Versuchen mit ein- oder mehrjährigen Kulturpflanzen der Landwirtschaft oder des Gartenbaues kann man in der Regel schon bei Versuchspartellen von wenigen Quadratmetern Größe annehmen, daß sie die in geschlossenen Reinbeständen der Sorten zu erwartenden Verhältnisse hinreichend genau widerspiegeln. Allenfalls sind hier die Parzellenränder als Fehlerquellen interessant, an denen Nachbarschaftseffekte oder Randwirkungen entstehen oder

wie man es sonst genannt hat. Ursache dieser Fehlermöglichkeiten ist in allen Fällen die an den Parzellenrändern andersartige Konkurrenzsituation: während im Parzelleninneren jede Pflanze mit anderen der gleichen Sorte konkurriert, konkurrieren die Randpflanzen auch mit Pflanzen der auf den Nachbarparzellen stehenden Sorten. Der Grad der Verzerrung des Ertrags von kleineren Parzellen gegenüber einem Ausschnitt aus einem Reinbestand hängt von der Größe der Parzellen und den genetisch bedingten Differenzen zwischen den Konkurrenzigenschaften im Versuch benachbarter Sorten ab. In forstlichen Versuchen ist es üblich, durch Isolierstreifen aus sorteneigenem Material für den Parzellenkern Verhältnisse zu schaffen, die denen eines Ausschnitts aus einem größeren Reinbestand der betreffenden Sorten entsprechen“ (STERN 1968).

Diese Probleme spielen eine große Rolle z. B. bei forstlichen Provenienzversuchen, landwirtschaftlichen Sortenversuchen oder auch bei Nachkommenschaftsprüfungen, wo ja benachbarte Parzellen, die verschiedene „Sorten“, z. B. verschiedene Verwandte, enthalten, in Konkurrenz treten. Die Aussagekraft solcher Versuche anhand von Parzellenmitteln gilt natürlich nur solange, als Konkurrenz innerhalb der Parzellen, z. B. innerhalb von Familien, vorherrscht. Versuche mit kleinen Parzellen haben daher im forstlichen Bereich nur eine begrenzte Laufzeit, da mit zunehmendem Bestandesalter und damit abnehmender Stammzahl auf den Parzellen der Anteil an Konkurrenten aus anderen Parzellen, z. B. aus anderen Familien, zunimmt.

Diese Argumente und Folgerungen gelten in völlig analoger Weise natürlich auch bei landwirtschaftlichen Versuchen, bei denen zwar die Laufzeit keine solch bedeutsame Rolle spielt, wo jedoch die Verzerrungen an den Parzellenrändern von derselben Bedeutung sind. Wegen der mit zunehmender Parzellengröße steigenden Kosten und wegen des besseren Ausgleichs der Bodenheterogenität durch viele kleine Parzellen, ist man bei Versuchen der Land- und Forstwirtschaft bemüht, die Parzellen so klein wie möglich zu halten. Gegen die Verwendung von möglichst kleinen Parzellen spricht natürlich die Erhöhung der Zahl der nötigen Isolierstreifen zur Herabsetzung des Einflusses von Außenkonkurrenz. Gegen zu kleine Parzellen spricht aber auch die Tatsache, daß jede Pflanzengruppe eine Gruppe durch Konkurrenz interkorrelierter Individuen darstellt; die Meßwerte für die einzelnen Pflanzen sind also nicht voneinander unabhängig, sondern durch Konkurrenz korreliert. Bei kleinen Parzellen ist also nicht nur die Konkurrenz nach außen, sondern auch die Innenkonkurrenz selbst eine Fehlerursache. In zwei früheren Veröffentlichungsreihen (HÜHN 1969—1972) wurden sowohl aus genetischer und züchterischer Sicht als auch unter pflanzenbaulichen Gesichtspunkten ausgedehnte theoretische

¹⁾ Meinem hochverehrten verstorbenen Lehrer Professor Dr. KLAUS STERN gewidmet.

²⁾ Anschrift des Verfassers: Dozent Dr. MANFRED HÜHN, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität in Kiel, 2300 Kiel, Neue Universität/Haus 41, Olshausenstraße 40-60, Bundesrepublik Deutschland.

sche Untersuchungen über die verschiedensten Fragestellungen aus diesem Problembereich angestellt — wie z. B.:

- 1) Entwicklung einer neuen Methode zum Schätzen von Konkurrenzvarianzen und Heritabilitäten in Pflanzenbeständen;
- 2) Entwicklung von Untersuchungsmodellen;
- 3) Einschätzung der Verzerrungen bei Heritabilitätsschätzungen;
- 4) Untersuchung des Korrelationsmusters von Beständen;
- 5) Fragen der optimalen Parzellengröße in Feldversuchen;
- 6) Fragen der phänotypischen Selektion und Plusbaumauswahl;
- 7) Pflanzenbauliche Anwendungen auf Mischungsversuche, z. B.:
- 8) Berechnung von Mischungseffekten und optimalen Mischungsverhältnissen.

Bei allen diesen theoretischen Untersuchungen war jedoch ausschließlich von der zuvor erwähnten Innenkonkurrenz die Rede, d. h. es wurde dabei stets angenommen, daß eine Ausschaltung des Einflusses von Außenkonkurrenz — z. B. durch Isolierstreifen — vorliegt. Es wurden also nur die Verhältnisse in den „Parzellenkernen“ untersucht. Gerade diese in den erwähnten theoretischen Arbeiten nichtberücksichtigte Außenkonkurrenz soll der Gegenstand der Untersuchungen der vorliegenden Veröffentlichung sein. Denn in der Praxis wird bei forstlichen und landwirtschaftlichen Feldversuchen doch in dem weitaus größten Teil der Fälle keine Berücksichtigung und Ausschaltung dieser Außenkonkurrenz, beispielsweise durch Isolierstreifen, vorgenommen. Es werden üblicherweise die Gesamtparzellen benutzt und in die Auswertung mit einbezogen. Daher erhebt sich die Frage, ob und wenn ja welchen Einfluß diese Nichtberücksichtigung der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern auf die Aussagefähigkeit solcher forstlicher und landwirtschaftlicher Versuche, z. B. bei Mittelwertvergleichen, hat und wie groß die durch diese Nichtberücksichtigung der Parzellenrandkonkurrenz entstehenden Verzerrungen, z. B. bei den Sortenrangfolgen, bei den Varianzkomponentenschätzungen, bei den Mittelwertvergleichen usw., sind.

Diese Fragen sollen in der vorliegenden Arbeit anhand experimenteller Ergebnisse aus einer Feldversuchsserie mit Fichtenkreuzungen des Instituts für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck untersucht werden.

2. Material und Untersuchungsmethode

Im Frühjahr 1959 wurde vom Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck eine Feldversuchsserie mit Fichtenkreuzungen an sechs verschiedenen Standorten mit je zwanzig zu prüfenden „Sorten“ = Versuchsgliedern (als vierjährigen Sämlingen) angelegt.

Für eine Beschreibung dieser Versuchsflächen siehe *Tabelle 1*.

Tabelle 1. — Beschreibung der Versuchsflächen.

Versuchsfläche	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Höhe über NN
Furtwangen	48° 05'	8° 09'	1111
Meppen	52° 48'	7° 18'	28
Schotten	50° 33'	9° 13'	650
Oderhaus	51° 41'	10° 33'	620
Altenau	51° 49'	10° 29'	620
Trittau	53° 39'	10° 16'	50

Der Pflanzenabstand im regelmäßigen Pflanzverband betrug bei allen Versuchsflächen 1,5 m × 1,5 m — bis auf „Trittau“, wo aus jetzt nicht mehr zu klärenden Gründen ein Verband von 0,90 m × 0,90 m gewählt wurde. Da wegen

dieses unterschiedlichen Pflanzabstandes die objektive Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei den einzelnen Auswertungen der verschiedenen Standorte, aber erst recht eine gemeinsame zusammenfassende Auswertung aller Standorte nicht gewährleistet war, wurde der Versuchsort „Trittau“ bei allen folgenden Auswertungen nicht berücksichtigt. Alle folgenden Berechnungen und Erörterungen beziehen sich also ausschließlich auf die verbleibenden fünf Standorte.

Der Versuchsplan ist an allen Standorten der gleiche — und zwar ein Rechteckgitter mit drei Wiederholungen (also ein Dreisatz-Rechteckgitter ohne Wiederholung des Grundplans) mit fünf Blöcken à vier Sorten je Wiederholung 6 × 6 = 36 Pflanzen je (quadratischer) Parzelle (siehe: COCHRAN/COX 1957).

Die zwanzig in den Versuchen verwendeten „Versuchsglieder“ bestehen aus: Vier durch freies Abblühen erhaltene Einzelstammabsaaten von vier ausgewählten Einzelbäumen des Forstamtes Westerhof (Harz), sechs durch freies Abblühen erhaltene Einzelstammabsaaten von sechs ausgewählten Einzelbäumen aus Sundmo (Schweden), sieben Kreuzungen zwischen verschiedenen Sundmopflanzen und einzelnen Westerhof-Pflanzen sowie drei Kreuzungen zwischen verschiedenen Sundmopflanzen und zwei Einzelpflanzen des Schmalenbecker Institutes. Die Kreuzungen wurden jeweils nur in einer Richtung ausgeführt.

Auf nähere Angaben bezüglich dieses verwendeten Materials soll hier verzichtet werden, da es bei den folgenden Untersuchungen über den verzerrenden Einfluß der Konkurrenzrandwirkungen nicht auf eine genaue Kenntnis der Herkunft, Zusammensetzung und Eigenschaften der verschiedenen „Versuchsglieder“ ankommt, die bei den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit lediglich als eine Reihe von Versuchsgliedern mit unterschiedlichen Konkurrenzigenschaften betrachtet werden, ohne auf ihre Herkunft, genetische Struktur usw. einzugehen.

Im folgenden werden die fünf Versuche also mehr in der Form von Demonstrationsversuchen behandelt, durch die der große Einfluß der Konkurrenz-Randwirkungen gezeigt werden soll.

Auf eine mehr forstlich und genetisch-züchterisch orientierte Auswertung (z. B. Vergleich von Kreuzungsnachkommenschaften mit den Nachkommenschaften ihrer beiden frei abgeblühten Eltern u. a.) soll in einer weiteren Veröffentlichung ausführlich eingegangen werden (HÜHN 1974). Dort finden sich dann auch nähere Angaben über das hier benutzte Material.

Die Zielsetzung dieser in 1959 angelegten Versuchsserie des Schmalenbecker Institutes lag vermutlich im Sinne der Kombinationszüchtung in einer Kombination der Wüchsigkeit der Westerhofer Fichten mit erwünschten physiologischen Eigenschaften der Sundmo-Individuen.

Auch auf diesen Aspekt der Feldversuchsserie mit den Westerhof × Sundmo-Fichtenkreuzungen soll in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen werden.

Bei den in den Jahren 1959—1971 durchgeführten routinemäßigen Messungen des Merkmals „Pflanzenhöhe“ fielen ohne jede Auswertung — lediglich durch visuelle Beobachtung — sehr große Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern auf. Dies war die Veranlassung, sich mit diesen Versuchen — obwohl sie unter völlig anderen Zielsetzungen geplant und angelegt waren — auch unter dem Aspekt „Konkurrenzwirkungen in Pflanzenbeständen“ zu beschäftigen.

Um zu quantitativen Aussagen über die Größe dieser konkurrenzbedingten Parzellenrandwirkungen zu kommen,

wurden jeweils zwei verschiedene Auswertungen vorgenommen: Zunächst eine Auswertung — im folgenden stets „Gesamtparzellenauswertung“ genannt —, bei der alle Pflanzen einer Parzelle, d. h. alle $6 \times 6 = 36$ Einzelpflanzen, benutzt wurden und dann schließlich eine zweite Auswertung — im folgenden stets „Parzellenkernauswertung“ genannt —, bei der sämtliche Randpflanzen jeder Parzelle weggelassen wurden und wo nur der verbleibende Parzellenkern von $4 \times 4 = 16$ Einzelpflanzen in die Auswertung genommen wurde.

Aus unterschiedlichen Ergebnissen dieser beiden Auswertungen, z. B. bei den Varianzkomponenten, lassen sich dann Schlüsse auf die quantitativen Beziehungen dieser Parzellenrand-Konkurrenzeffekte ziehen.

Selbstverständlich interessieren in diesem Zusammenhang dann auch Fragen wie:

- 1) Erhält man bei den beiden Auswertungen unterschiedliche Versuchsgliedmittelwerte, verschiedene Versuchsglieder-Rangfolgen und unterschiedliche Ergebnisse bei den Mittelwertvergleichen anhand statistischer Signifikanztests?
- 2) Ergeben sich bei den beiden Auswertungen stark differierende Ergebnisse über die Höhe der verschiedenen Varianzkomponenten?
- 3) Welchen Einfluß haben diese Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen auf die Existenz und Höhe der verschiedenen Varianzkomponenten, z. B. Versuchsglied/Versuchsort — Wechselwirkung, bei einer zusammenfassenden Auswertung aller fünf Standorte als Feldversuchsreihe?

Diese Fragen sind von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der Ergebnisse sowie auch der Gültigkeit und Aussagefähigkeit forstlicher und landwirtschaftlicher Versuche, bei denen in der Praxis in der weitaus größten Zahl aller Fälle keine Ausschaltung der Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen durch Isolierstreifen, Weglassen der Parzellenränder usw. erfolgt, da dort üblicherweise alle Einzel-

pflanzen der Gesamtparzelle in die Auswertung einbezogen werden.

Auch eine Auswertung nicht mit Einzelpflanzenwerten, sondern nur mit Parzellenmittelwerten, die in der Praxis der Einzelpflanzenauswertung häufig vorgezogen wird, vermeidet nicht die obengenannten Schwierigkeiten und möglichen Verzerrungen.

Da für die Beurteilung der möglichen Verzerrungen der Mittelwertvergleiche durch die Nichtberücksichtigung der Parzellenrand-Konkurrenz die Varianzkomponente „Versuchsfehler“ benötigt wird, sollen zunächst die Varianzkomponenten bei beiden Auswertungen berechnet und untersucht werden.

Eine eingehende Diskussion und Interpretation dieser Ergebnisse über die einzelnen Varianzkomponenten sowie daraus abzuleitende Folgerungen für genetisch-züchterische und pflanzenbauliche Anwendungen folgt dann später.

3. Berechnung der Varianzkomponenten

Wie die numerischen Ergebnisse der *Tabelle 2* zeigen, gilt für alle Versuchsorte und alle Jahre (bis auf zwei Ausnahmen: Oderhaus 1971 und Furtwangen 1959, bei denen die beiden Varianzen jedoch praktisch als gleich angesehen werden können), daß die Gesamtvarianz bei der „Parzellenkernauswertung“, d. h. bei weitgehender Ausschaltung der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern, größer ist als die Gesamtvarianz bei der „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit berücksichtigt werden.

Unter Berücksichtigung und Einbeziehung der Konkurrenzeffekte an den Rändern benachbarter Parzellen erhält man also eine kleinere Gesamtvarianz, d. h. die Konkurrenzwirkungen führen zu einer Nivellierung der Gesamtvariabilität.

Bei dieser Betrachtung der Gesamtvarianz in *Tabelle 2* wurden auch die beiden Jahre 1960 und 1961, bei denen

Tabelle 2. — Gesamtvarianz: „Gesamtparzellenauswertung“ (Gesamt) und „Parzellenkernauswertung“ (Kern).

		1959	1960	1961	1963	1966	1969	1971
Oderhaus	Gesamt	75,26	—	—	609,50	2.716,67	8.028,31	11.348,63
	Kern	81,12	—	—	659,41	3.019,47	8.668,93	11.112,03
Meppen	Gesamt	85,98	—	228,35	795,41	3.300,41	9.623,49	14.184,63
	Kern	96,26	—	240,05	852,02	3.669,80	10.589,53	15.499,93
Furtwangen	Gesamt	96,46	—	—	214,44	961,31	3092,38	6.218,06
	Kern	94,89	—	—	276,04	1.123,67	3799,45	7.727,25
Schotten	Gesamt	76,27	85,51	—	671,71	3.388,31	13.085,83	21.382,36
	Kern	80,15	85,93	—	690,39	3.458,57	14.265,44	22.764,68
Altenau	Gesamt	72,74	—	—	95,94	220,05	681,67	1.174,98
	Kern	82,53	—	—	114,57	250,79	322,47	1.539,91
Trittau	Gesamt	—	115,22	350,76	1.322,52	6.405,57	—	—
	Kern	—	117,06	370,14	1.441,92	6.800,06	—	—

zusätzliche Messungen an den Versuchsorten Schotten bzw. Meppen vorlagen, sowie auch der Versuchsort Trittau mit seinen Messungen in den Jahren 1960, 1961, 1963 und 1966 aufgenommen. Bei den späteren Auswertungen und Erörterungen bleiben die beiden Jahre 1960 und 1961 wie auch der Versuchsort Trittau aus den anfangs genannten Gründen jedoch durchweg außer Betracht.

Bei dem hier vorliegenden Material führen die Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen also zu einer Verminderung der Versuchsglieder-Unterschiede. In vielen experimentellen Konkurrenzuntersuchungen wurde jedoch gerade das entgegengesetzte Phänomen beobachtet, daß nämlich die Konkurrenzwirkungen zu einer Vergrößerung der Versuchsglieder-Unterschiede führen. Bei dieser Auswirkung der Konkurrenz auf die Komponenten im Mischbestand — nämlich bei einer Erhöhung der Leistungsdifferenzierung gegenüber dem reinen Bestand — war es meist so, daß die wüchsigeren Typen profitierten und die weniger wüchsigen unterdrückt wurden, wodurch eine Vergrößerung der Unterschiede zustandekommt (SINGH 1967, GEIDEL und HAUFE 1968, STERN 1969).

Zur Beurteilung des quantitativen Einflusses der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern auf die verschiedenen Variationsursachen wie: „Wiederholungen“, „Versuchsglieder“, „Blocks“ und „Fehler“, der durch Nichtberücksichtigung dieser Randeffekte entsteht, benötigt man die numerischen Werte der Varianzkomponenten dieser Variationsursachen.

Für die varianzanalytische Auswertung des Rechteckgitters, d. h. für die Berechnung der Varianzkomponenten, wurde ein gemischtes Modell angenommen: „Versuchsglieder“ = fest; „restliche Variationsursachen“ = zufällig. Die Varianzkomponenten werden folgendermaßen bezeichnet: σ_W^2 = Wiederholungen, σ_B^2 = Blocks, σ_F^2 = Fehler und $\sum_1^i \alpha_i^2/19$ = Versuchsglieder.

Für die Erwartungswerte E der einzelnen Mittelquadrate dieser Rechteckgitter-Varianzanalyse erhält man (FEDERER 1955):

Tabelle 3. — Erwartungswerte und Schema der Varianzanalyse

Ursache	FG	SQ	MQ	E(MQ)
Wiederholungen	2	SQ _W	MQ _W	$(\sigma_F^2)* + 20 \sigma_W^2$
Versuchsglieder	19	SQ _V	MQ _V	$(\sigma_F^2)* + 3 \cdot \sum_1^i \alpha_i^2/19$
Blocks	12	SQ _B	MQ _B	$\sigma_F^2 + 8/3 \cdot \sigma_B^2$
Fehler	26	SQ _F	MQ _F	σ_F^2

Dabei sind mit α_i , $i = 1, 2, \dots, 20$ die Versuchsgliedeffekte bezeichnet und der Versuchsfehler bei einer Auswertung des Rechteckgitters als vollständigem Blockversuch sei $(\sigma_F^2)*$; es gilt also:

$$(\sigma_F^2)* = E \left[\frac{SQ_B + SQ_F}{12 + 26} \right] = E \left[\frac{SQ_B + SQ_F}{38} \right] \quad (1)$$

Die Varianzkomponenten werden nach Tabelle 3 daher aus folgenden Formeln berechnet:

$$\begin{aligned} \text{Wiederholungen:} & \quad 1/20 \left[MQ_W - \frac{SQ_B + SQ_F}{38} \right] \\ \text{Versuchsglieder:} & \quad 1/3 \left[MQ_V - \frac{SQ_B + SQ_F}{38} \right] \\ \text{Blocks:} & \quad 3/8 \left[MQ_B - MQ_F \right] \\ \text{Fehler:} & \quad MQ_F \end{aligned} \quad (2)$$

Bei $MQ_F \geq MQ_B$ wurde die Varianzkomponente für „Blocks“ gleich Null gesetzt und die SQ für „Blocks“ und „Fehler“ zu einem neuen MQ_{Fehler} gepoolt. Genauso wurde verfahren im Fall $MQ_W \leq (SQ_B + SQ_F)/38$, wo dann die Varianzkomponente für „Wiederholungen“ gleich Null gesetzt und die SQ für „Wiederholungen“, „Blocks“ und „Fehler“ zur Bestimmung des Varianzanteils für „Versuchsglieder“ nach

$$\frac{\sum_1^i \alpha_i^2}{19} = 1/3 \left[MQ_V - \frac{SQ_W + SQ_B + SQ_F}{2 + 12 + 26} \right] \quad (3)$$

gepoolt wurden. In bestimmten Fällen, wo diese beiden Relationen $MQ_F \geq MQ_B$ und $MQ_W \leq (SQ_B + SQ_F)/38$ gleichzeitig zutrafen, wurde der Varianzanteil für „Versuchsglieder“ nach (3) berechnet und die Varianzkomponente für „Fehler“ nach:

$$\text{Fehler:} \quad \frac{SQ_W + SQ_B + SQ_F}{2 + 12 + 26} \quad (4)$$

Die Ergebnisse dieser Varianzkomponentenberechnungen für die einzelnen Versuchsorte und Untersuchungsjahre enthält Tabelle 4. Dabei steht in der %-Spalte jeweils der Anteil der betreffenden Varianzkomponente an der Summe der berechneten Varianzkomponenten. Das auffallendste Ergebnis dieser Tabelle 4 ist die extrem große Zunahme des „Versuchsfehlers“ bei Übergang von der „Gesamtparzellenauswertung“ zur „Parzellenkernauswertung“ in allen Jahren und an allen Versuchsorten (bis auf eine einzige, wahrscheinlich zufallsbedingte, Ausnahme: Oderhaus 1971). Dasselbe Ergebnis war ja bereits zu Beginn dieses Kapitels für die Gesamtvarianz festgestellt worden. In Analogie zu den dort aufgefundenen Verhältnissen gilt also auch hier, daß der „Versuchsfehler“ bei der „Parzellenkernauswertung“, d. h. bei weitgehender Ausschaltung der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern, wesentlich größer ist als der „Versuchsfehler“ bei der „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit be-

rücksichtigt werden. Unter Einbeziehung der Konkurrenzeffekte an den Rändern benachbarter Parzellen erhält man also einen kleineren „Versuchsfehler“, d. h. die Konkurrenzeffekte führen zu einer Nivellierung der Versuchsfehlervariabilität.

Bevor auf die Bedeutung und die Folgerungen aus dieser Tatsache näher eingegangen wird, sollen die für die Anwendung wichtigsten beiden Variationsursachen, nämlich „Versuchsglieder“ und „Fehler“, etwas ausführlicher untersucht werden.

Bei den Absolutwerten des Varianzanteils für „Versuchsglieder“ an den einzelnen Orten und in den einzelnen Jahren (s. Tab. 4) fallen zunächst die kleinen Werte von „Altenau“ im Vergleich zu den in allen Jahren höheren Werten an den restlichen Standorten sowie die hohen Werte von besonders „Schotten“ — aber auch von „Meppen“ und „Oderhaus“ — auf. Dabei sind die Werte in „Meppen“ in

Tabelle 4. — Schätzwerte der verschiedenen Varianzkomponenten.

	1959			1960			1961			1963			1966			1969			1971					
	Gesamt- Parzelle		%	Gesamt- Parzelle		%	Gesamt- Parzelle		%	Gesamt- Parzelle		%	Gesamt- Parzelle		%	Gesamt- Parzelle		%	Gesamt- Parzelle		%			
	Abs.	Rel.		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.	
Wiederholungen	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Versuchsglieder	6,45	96,58	99,58	91,36	227,06	95,87	235,59	94,66	773,52	93,22	811,75	91,59	120,28	91,30	3371,40	88,71	9168,84	91,79	9998,10	90,90	13654,14	93,22	14728,24	91,71
Blocks	0,00	0,00	0,00	0,27	0,51	0,22	0,07	0,03	2,70	0,33	1,24	0,14	62,56	1,83	102,80	2,70	101,89	1,02	188,57	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00
Fehler	3,00	3,00	8,21	8,37	7,06	2,98	10,66	4,28	29,61	3,57	52,89	5,97	230,24	6,74	325,90	8,58	718,00	7,19	812,38	7,33	993,34	6,78	1146,37	7,14
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	74,98	95,03	76,57	92,45	587,22	83,32	572,62	79,06	891,76	84,09	2967,06	81,71	11162,51	80,54	11823,15	78,14	18603,62	82,54	19330,37	80,65	250,45	1,11	595,46	2,48
Blocks	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	3,04	18,97	2,50	65,71	9,32	49,37	13,44	354,90	9,97	440,68	12,14	1459,94	10,53	1648,33	10,89	2173,75	9,64	2629,11	10,97
Fehler	3,65	4,63	6,02	7,27	73,20	11,08	59,91	6,47	201,96	6,97	150,21	4,72	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	1,95	1,73	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	3,48	4,45	7,92	9,46	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80	145,04	20,52	350,01	12,08	567,40	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wiederholungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Versuchsglieder	69,02	91,45	72,14	84,25	400,50	60,61	410,68	58,12	2046,25	70,60	2206,74	63,32	400,50	60,61	410,68	58,12	404,62	57,10	2206,74	63,32	6605,32	77,72	6944,18	76,45
Blocks	2,41	3,19	2,47	2,88	89,26	13,51	91,16	12,89	300,26	10,36	259,22	8,14	848,18	9,98	657,30	7,24	1181,53	9,96	1070,88	9,15	1181,53	9,96	1070,88	9,15
Fehler	4,04	5,25	11,02	12,87	97,79	14,80																		

Tabelle 5. — Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“.

		1959	1963	1966	1969	1971
Furtwangen	Gesamtparzelle (G)	96,58	79,16	76,91	79,03	77,85
	Parzellenkern (K)	91,36	66,01	69,26	70,12	73,07
	Differenz (K-G)	-5,22	-13,15	-7,65	-8,91	-4,78
Meppen	Gesamtparzelle	96,19	93,22	91,30	91,79	93,22
	Parzellenkern	93,97	91,59	88,71	90,90	91,71
	Differenz	-2,22	-1,63	-2,59	-0,89	-1,51
Schotten	Gesamtparzelle	95,05	83,32	84,09	80,54	82,54
	Parzellenkern	92,45	79,06	81,71	78,14	80,65
	Differenz	-2,58	-4,26	-2,38	-2,40	-1,89
Oderhaus	Gesamtparzelle	93,82	60,61	70,60	77,72	76,99
	Parzellenkern	90,54	58,12	69,32	76,45	77,42
	Differenz	-3,28	-2,49	-1,28	-1,27	+0,43
Altenau	Gesamtparzelle	91,45	73,05	53,27	43,98	44,60
	Parzellenkern	84,25	60,33	40,36	33,60	35,10
	Differenz	-7,20	-12,72	-12,91	-10,38	-9,50

hängig zu sein, denn sie ist am höchsten für „Altenau“ (10,5%), relativ hoch auch bei „Furtwangen“ (7,9%), während sie bei „Meppen“ (1,8%), „Schotten“ (2,7%) und „Oderhaus“ (1,6%) doch wesentlich geringer und auch annähernd konstant bei diesen drei Orten ist.

Der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ ist im ersten Meßjahr (1959) extrem hoch — und zwar sowohl bei der „Gesamtparzellenauswertung“ (91—96%) als auch bei der „Parzellenkernauswertung“ (84—94%), d. h. die durch die einheitlichen Baumschulbedingungen beim Anziehen des Versuchsmaterials sich manifestierenden Versuchsgliedunterschiede herrschen im ersten Untersuchungsjahr eindeutig vor, die Differenzierung durch den Standort, z. B. infolge seiner weniger einheitlichen Bodenbedingungen, hat hier noch nicht eingesetzt.

Interessant ist die verschieden starke Abnahme dieses Varianzanteils für „Versuchsglieder“ im Laufe der Zeit an den einzelnen Versuchsstandorten: An allen fünf Standorten ist der Abfall vom 1. Jahr (1959) zum 2. Meßjahr (1963) am größten, dann werden die Unterschiede kleiner, und es wird in den letzten Jahren schließlich eine Art asymptotischer Wert erreicht, wo nur noch geringfügige Änderungen in den Varianzanteilen für „Versuchsglieder“ auftreten. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten nun sowohl für die „Gesamtparzellenauswertung“ als auch für die „Parzellenkernauswertung“. Die einzelnen Versuchsorte unterscheiden sich jedoch fundamental in der Höhe dieses asymptotischen Wertes der letzten Jahre: In „Meppen“ liegt dieser Wert ungewöhnlich hoch (über 90%), so daß dort kaum eine Veränderung des hohen Versuchsglied-Varianzanteiles des ersten Jahres (1959) auftritt: 96,2 — 93,2 — 91,3 — 91,8 — 93,2. Dieses sind die Werte für die „Gesamtparzellenauswertung“.

Doch das gleiche ungewöhnliche Ergebnis erhält man — nach den vorherigen Ausführungen natürlich durchweg mit etwas niedrigeren %-Werten — auch für die „Parzellenkernauswertung“: 94,0 — 91,6 — 88,7 — 90,9 — 91,7. In „Meppen“ nehmen also die Versuchsgliedanteile zunächst geringfügig ab um dann wieder zuzunehmen; dies gilt für bei-

de Auswertungsverfahren. Man kann daher sagen, daß beim Versuchsort „Meppen“ der Anteil der „Versuchsglieder“ an der Gesamtvariabilität bei beiden Auswertungen annähernd konstant hoch bleibt.

Ein völlig entgegengesetztes Verhalten zeigt der Standort „Altenau“: Hier nimmt der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ vom ersten Jahr (1959) bis zur letzten Messung (1971) um mehr als die Hälfte ab. Dies gilt sowohl für die „Gesamtparzellenauswertung“: 91,4 — 73,0 — 53,3 — 44,0 — 44,6 als auch für die „Parzellenkernauswertung“: 84,2 — 60,3 — 40,4 — 33,6 — 35,1. Auch hier sind die Unterschiede in den ersten Jahren am stärksten, und es wird schließlich in den beiden letzten Meßjahren eine Art asymptotischer Wert erreicht. Im Vergleich zu den anderen Versuchsorten liegt dieser zuletzt erreichte asymptotische Wert für den Versuchsglieder-Variabilitätsanteil beim Standort „Altenau“ sehr niedrig: 44,3 bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und 34,3 bei der „Parzellenkernauswertung“. Die Unterschiede zwischen den beiden Auswertungsverfahren sind hier am größten.

Bei den restlichen drei Standorten zeigt sich ein ähnliches Verhalten: Der extrem hohe Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ im ersten Meßjahr (1959) nimmt zunächst stark ab, behält dann jedoch sofort — bis auf relativ geringfügige Schwankungen — diesen erreichten Wert in den nächsten vier Meßjahren als eine Art asymptotischen Endwert bei und dieser Endwert — im folgenden berechnet als Mittelwert von 1963 bis 1971 — liegt verhältnismäßig hoch: 78,2 (69,6) bei „Furtwangen“; 82,6 (79,9) bei „Schotten“ und 71,5 (70,3) bei „Oderhaus“. Dabei beziehen sich die zuerst genannten Zahlen jeweils auf die „Gesamtparzellenauswertung“ und die Zahlen in den Klammern auf die „Parzellenkernauswertung“, die ein ganz analoges Verhalten wie die „Gesamtparzellenauswertung“ zeigt — nur jeweils mit niedrigeren %-Werten. Zusammenfassend kann man also feststellen: Bei der in der forstlichen wie auch zum großen Teil in der landwirtschaftlichen Praxis allgemein üblichen „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen zwischen im Versuch benachbarten Versuchsgliedern an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit bei der Auswertung mit berücksichtigt werden, wird der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ zum Teil weit überschätzt.

Dieses Ergebnis wurde bei den vorliegenden experimentellen Untersuchungen (bis auf eine einzige, wahrscheinlich zufallsbedingte, Ausnahme) an allen Versuchsorten und in allen Untersuchungsjahren gefunden.

Für züchterische Anwendungen — z. B. bei Selektionsfragen — können sich aus dieser Überschätzung der Versuchsgliedervariabilität schwerwiegende Fehlschätzungen ergeben (siehe hierzu z. B. auch den Abschnitt über Mittelwertvergleiche).

Der Anteil der Versuchsgliedervariabilität an der Gesamtvarianz ist im ersten Jahr extrem hoch, nimmt dann ab und erreicht in den letzten Jahren schließlich einen asymptotischen, relativ stabilen, Endwert, wobei die Höhe dieses Endwertes sehr stark standortabhängig ist. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten sowohl für die „Gesamtparzellen“ — als auch für die „Parzellenkernauswertung“.

Die zweite für die Anwendung besonders wichtige Varianzkomponente ist der „Versuchsfehler“. Aus Tabelle 4 folgt, daß die Varianzkomponente für „Versuchsfehler“ in allen Untersuchungsjahren und an allen Versuchsorten (auch hier wieder bis auf die eine, wahrscheinlich zufallsbedingte, Ausnahme: „Oderhaus“ 1971) bei der „Parzellen-

kernausswertung“ zum größten Teil wesentlich größer ist als bei der „Gesamtparzellenauswertung“.

In 40% aller Fälle (Versuchsort-Meßjahr-Kombination) ist die Fehler-Varianzkomponente bei der „Parzellenkernausswertung“ doppelt so groß oder aber fast doppelt so groß wie die Fehler-Varianzkomponente bei der „Gesamtparzellenauswertung“. D. h.: Bei weitgehender Ausschaltung der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern (d. h. bei der „Parzellenkernausswertung“) ist der „Versuchsfehler“ wesentlich größer als der „Versuchsfehler“ bei der „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit berücksichtigt werden.

Eine Einbeziehung der Konkurrenzeffekte an den Rändern benachbarter Parzellen führt also zu einer überhöhten Versuchsgliedervarianz (siehe diesen Abschnitt 3) und gleichzeitig zu einem wesentlich verminderten „Versuchsfehler“. Jeder dieser beiden verzerrenden Einflüsse und Effekte der Parzellenrandkonkurrenzwirkungen führt zu weitreichenden Fehlschätzungen im Anwendungsbereich — besonders bei züchterischen Anwendungen. Erst recht trifft dieses dann natürlich bei der gleichzeitigen Einwirkung dieser beiden verzerrenden Einflüsse zu: Durch die konkurrenzbedingte Vergrößerung der Versuchsgliedervariabilität ergeben sich auch verzerrte größere Versuchsgliedmittelunterschiede, die durch die gleichzeitige konkurrenzbedingte Verkleinerung des „Versuchsfehlers“ sich sehr häufig als statistisch signifikant erweisen werden, obwohl sie es „in Wirklichkeit“, d. h. bei einer exakteren und umfassenderen Auswertung unter Berücksichtigung der Wirkungen der Konkurrenzerscheinungen, nicht sind. Nichtberücksichtigung dieser Parzellenränderkonkurrenzeffekte, d. h. die in der Praxis meist übliche „Gesamtparzellenauswertung“, muß daher zu einer wesentlich überhöhten Zahl von statistisch signifikanten Versuchsgliedmittelunterschieden führen; viele Versuchsglieder werden als signifikant verschieden angesehen, die es aber bei einer exakteren Betrachtungsweise nicht sind.

Die Bedeutung dieser Tatsache gerade für die Pflanzenzüchtung liegt auf der Hand. (Siehe hierzu Abschnitt 4: Grenzdifferenzen und Mittelwertvergleiche.)

Bei Betrachtung der Absolutwerte der Varianzkomponente für „Versuchsfehler“ an den einzelnen Orten und in den einzelnen Jahren (siehe *Tabelle 4*), fallen zunächst wieder — wie auch bei den „Versuchsgliedern“ — die extrem niedrigen Werte für „Altenau“ im Vergleich zu den restlichen Standorten sowie die (besonders in den letzten Jahren) sehr hohen Werte von „Schotten“ — aber auch von „Meppen“ und „Oderhaus“ — auf. Die Werte für „Furtwangen“ sind auch relativ klein, sie liegen aber trotzdem weit über den extrem niedrigen Werten für „Altenau“. Man findet also auch bei den Absolutwerten der Varianzkomponenten für den „Versuchsfehler“ genau die gleichen Verhältnisse wie bei den „Versuchsgliedern“ vor. Auch hier dürfte daher die Hauptursache für die so sehr unterschiedlichen Varianzkomponenten in der unterschiedlichen Höhe der Gesamtversuchsmittelwerte liegen, wodurch sowohl die Varianzkomponente „Versuchsfehler“ als auch der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ mit wachsendem Mittelwert größer wird. Bei Betrachtung der Relativwerte der Varianzkomponenten für „Versuchsfehler“ (siehe *Tabelle 6*) folgt, daß der Variabilitätsanteil für „Versuchsfehler“ in allen Jahren und allen Versuchsorten (wieder bis auf die eine Ausnahme: „Oderhaus“ 1971) bei der „Parzellenkernausswertung“ zum Teil wesentlich größer ist als bei der „Gesamtparzellenauswertung“ (Unterschiede bis zu 12%).

D. h.: Bei der in der Praxis allgemein üblichen „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit berücksichtigt werden, wird der Varianzanteil für „Versuchsfehler“ zum Teil weit unterschätzt. Auf die Auswirkungen dieser Fehlschätzung auf die für züchterische Anwendungen wichtigen Mittelwertvergleiche wird in dem folgenden Abschnitt 4 (Grenzdifferenzen und Mittelwertvergleiche) näher eingegangen.

Tabelle 6. — Variabilitätsanteil für „Versuchsfehler“.

		1959	1963	1966	1969	1971
Furtwangen	Gesamtparzelle (G)	3,00	14,40	15,65	10,49	7,76
	Parzellenkern (K)	8,37	26,30	19,14	16,04	12,23
	Differenz (K-G)	+5,37	+11,90	+3,49	+5,55	+4,47
Meppen	Gesamtparzelle	3,59	3,57	6,74	7,19	6,78
	Parzellenkern	4,42	5,97	8,58	7,39	7,14
	Differenz	+0,83	+2,40	+1,84	+0,20	+0,36
Schotten	Gesamtparzelle	4,63	9,32	9,97	10,53	9,64
	Parzellenkern	7,27	13,44	12,14	10,89	10,97
	Differenz	+2,64	+4,12	+2,17	+0,36	+1,33
Oderhaus	Gesamtparzelle	4,45	14,80	12,08	8,17	11,14
	Parzellenkern	9,46	20,52	17,82	13,74	10,33
	Differenz	+5,01	+5,72	+5,74	+5,57	-0,81
Altenau	Gesamtparzelle	5,35	6,05	14,75	19,17	23,26
	Parzellenkern	12,87	11,70	15,76	24,77	32,36
	Differenz	+7,52	+5,65	+1,01	+5,60	+9,10

Die Nichtberücksichtigung der Konkurrenz an den Parzellenrändern führt also zu einer verzerrenden Verminderung der Versuchsfehlervariabilität, die in erster Linie auf eine fehlerhafte Erhöhung der Versuchsgliedervariabilität zurückzuführen sein dürfte. Dieser an und für sich positiv einzuschätzende Effekt einer Verminderung des „Versuchsfehlers“ ist in diesem Fall jedoch ein schwerwiegender Nachteil, da durch die Nichtberücksichtigung der Parzellenrandkonkurrenz eine Reduzierung der nicht auf die Variationsursachen „Wiederholungen“, „Blocks“ und „Versuchsglieder“ entfallenden verbleibenden Restvariabilität nur durch eine verzerrende Veränderung dieser genannten bekannten Varianzkomponenten zustandekommt.

Der Variabilitätsanteil für „Versuchsfehler“ ist im ersten Meßjahr (1959) sehr klein — und zwar sowohl bei der „Gesamtparzellenauswertung“ (3—5%) als auch bei der „Parzellenkernausswertung“ (4—13%); fast die gesamte Variabilität ist im ersten Jahr auf Versuchsgliedunterschiede zurückzuführen, die durch die einheitlichen Baumschulbedingungen beim Anziehen des Versuchsmaterials eindeutig vorherrschen und alle anderen Variationsursachen in ihrer Bedeutung zurückdrängen (siehe auch Diskussion der entsprechenden Ergebnisse für „Versuchsglieder“).

In „Oderhaus“, „Furtwangen“ und auch „Schotten“ steigt dann dieser Varianzanteil für „Versuchsfehler“ bei der zweiten Messung (1963) sehr stark an, um dann anschließend bei den folgenden Messungen mit nur zufälligen Schwankungen auf einem annähernd konstanten Niveau stehenzubleiben. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten in dieser

Form nur für die „Gesamtparzellenauswertung“ — und die drei Versuchsstandorte „Oderhaus“, „Furtwangen“ und „Schotten“ unterscheiden sich auch nur geringfügig in der Höhe dieses asymptotischen Wertes \bar{x} der Jahre 1963—1971 („Oderhaus“: 14,80 — 12,08 — 8,17 — 11,14: $\bar{x} = 11,55$; „Furtwangen“: 14,40 — 15,65 — 10,49 — 7,76: $\bar{x} = 12,08$ und „Schotten“: 9,32 — 9,97 — 10,53 — 9,64: $\bar{x} = 9,86$). Dies sind die Werte für die „Gesamtparzellenauswertung“, bei der trotz annähernder Konstanz der schließlich erreichten Werte doch eine leicht abnehmende Tendenz festzustellen ist.

Ein hiervon abweichendes Ergebnis erhält man jedoch — nach den früheren Ausführungen natürlich durchweg mit höheren %-Werten — für die „Parzellenkernauswertung“ („Oderhaus“: 20,52 — 17,82 — 13,74 — 10,33: $\bar{x} = 15,60$; „Furtwangen“: 26,30 — 19,14 — 16,04 — 12,23: $\bar{x} = 18,43$ und „Schotten“: 13,44 — 12,14 — 10,89 — 10,97: $\bar{x} = 11,86$), wo — zumindest bei „Oderhaus“ und „Furtwangen“ — eine eindeutige Abnahme des Varianzanteils für „Versuchsfehler“ im Laufe der Zeit festzustellen ist, während bei „Schotten“ der in 1963 erreichte Wert bis zur letzten Messung (1971) nur geringfügig abnimmt.

Bei dem Versuchsstandort „Meppen“ liegen insgesamt die geringsten Werte (in bezug auf alle übrigen Standorte in jeweils allen Jahren) der Varianzanteile für „Versuchsfehler“ vor; sie sind bei der „Gesamtparzellenauswertung“ in den beiden ersten Meßjahren (1959 und 1963) fast gleich, um dann auf einen annähernd konstanten Wert zu steigen: 3,59 — 3,57 — 6,74 — 7,19 — 6,78.

Bei der „Parzellenkernauswertung“ sind die Varianzanteile für „Versuchsfehler“ entsprechend größer, wachsen in dem Zeitraum von 1959 bis 1966, um dann auf einen ungefähr konstanten Wert abzusinken: 4,42 — 5,97 — 8,58 — 7,39 — 7,14. Sehr hohe Werte für die Varianzanteile für „Versuchsfehler“ (in den letzten beiden Jahren sogar die höchsten auftretenden Werte über alle Orte und Jahre überhaupt) zeigt der Standort „Altenau“, wo sowohl bei der „Gesamtparzellenauswertung“: 5,35 — 6,05 — 14,75 — 19,17 — 23,26 als auch bei der „Parzellenkernauswertung“: 12,87 — 11,70 — 15,76 — 24,77 — 32,36 eine andauernde Zunahme der Varianzanteile für „Versuchsfehler“ im Laufe der Zeit festzustellen ist.

In völliger Analogie zu den Ergebnissen für „Versuchsglieder“ erhält man auch hier für „Versuchsfehler“: Der Unterschied im Anteil der Variabilität für „Versuchsfehler“ an der Gesamtvarianz zwischen der „Parzellenkernauswertung“ und der „Gesamtparzellenauswertung“ nimmt im Laufe der Jahre auch nicht wesentlich ab, sondern bleibt — zwar mit relativ großen Schwankungen — annähernd konstant. Dabei scheint jedoch die Höhe dieser Differenz zwischen „Parzellenkern“- und „Gesamtparzellenauswertung“ standortsabhängig zu sein, denn sie ist am höchsten für „Furtwangen“ ($\bar{x} = 6,16$) und „Altenau“ ($\bar{x} = 5,78$), während sie bei „Meppen“ ($\bar{x} = 1,13$) und „Schotten“ ($\bar{x} = 2,12$) doch wesentlich geringer und auch annähernd konstant ist. In den ersten vier Jahren (1959—1969) hat auch der Standort „Oderhaus“ einen relativ hohen Durchschnittswert: $\bar{x} = 5,51$; die verbleibende letzte Messung im Jahr 1971 zeigt jedoch ein völlig aus dem Rahmen der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten herausfallendes Verhalten, das zunächst nicht näher begründet werden kann. Die bei den vorhergehenden Überlegungen in den Klammern angegebenen Zahlen \bar{x} sind die Mittelwerte über alle Jahre der Differenzen zwischen den beiden Auswertungen bezüglich des Varianzanteils für „Versuchsfehler“.

Zusammenfassend kann man also für die Variationsursache „Versuchsfehler“ folgendes feststellen: Bei der in der

forstlichen Praxis allgemein üblichen „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen zwischen benachbarten Versuchsgliedern an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit bei der Auswertung mit berücksichtigt werden, wird sowohl der Absolutwert der Varianzkomponente für „Versuchsfehler“ als auch der Varianzanteil der Variationsursache „Versuchsfehler“ an der Gesamtvariabilität weit unterschätzt. Diese Unterschätzung geht auf Kosten einer Überschätzung von anderen Variationsursachen, z. B. der „Versuchsglieder“.

Dieses Ergebnis wurde bei den vorliegenden experimentellen Untersuchungen (bis auf eine einzige, wahrscheinlich zufallsbedingte, Ausnahme) an allen Versuchsarten und in allen Untersuchungsjahren gefunden.

Für züchterische Anwendungen — Selektionsprobleme, Beurteilung von Zuchtmaterial — können sich aus dieser Fehlschätzung des „Versuchsfehlers“ bedeutsame Folgerungen ergeben, denn auf diese Weise wird man eine — durch die Nichtberücksichtigung der Konkurrenzeffekte bedingte — überhöhte Anzahl von statistisch signifikanten Mittelwertunterschieden finden (siehe Abschnitt 4).

Der Anteil der Versuchsfehlervarianz an der Gesamtvariabilität ist — bei der „Gesamtparzellenauswertung“ — im ersten Jahr besonders niedrig, steigt in „Oderhaus“, „Furtwangen“ und „Schotten“ dann jedoch bei der zweiten Messung (1963) sehr stark an, um dann anschließend bei den folgenden Messungen mit nur zufälligen Schwankungen auf einem bei den genannten drei Orten annähernd gleichen konstanten Niveau stehenzubleiben, während bei der „Parzellenkernauswertung“ — besonders bei „Oderhaus“ und „Furtwangen“ — eine eindeutige Abnahme des Varianzanteils für „Versuchsfehler“ im Laufe der Zeit festzustellen ist. Die beiden restlichen Standorte „Meppen“ und „Altenau“, die die geringsten bzw. die höchsten Varianzanteile für „Versuchsfehler“ aufweisen, zeigen ein etwas unterschiedliches Verhalten, doch wird in „Meppen“ schließlich auch ein annähernd konstanter Endwert erreicht, während in „Altenau“ eine andauernde Zunahme der Varianzanteile für „Versuchsfehler“ im Laufe der Zeit festzustellen ist. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten sowohl für die „Parzellenkern“ — als auch für die „Gesamtparzellenauswertung“ (die sich jedoch grundsätzlich in der Höhe der Werte unterscheiden), wobei jedoch die Höhe dieses relativ stabilen Endwertes sehr stark standortsabhängig ist.

Der Unterschied im Anteil der Variabilität für „Versuchsfehler“ an der Gesamtvarianz zwischen der „Parzellenkern“- und der „Gesamtparzellenauswertung“ nimmt im Laufe der Jahre auch nicht wesentlich ab, sondern bleibt — zwar mit relativ großen Schwankungen — doch annähernd konstant. Dabei scheint auch die Höhe dieser Differenz zwischen den beiden Auswertungsverfahren standortsabhängig zu sein.

4. Grenzdifferenzen und Mittelwertvergleiche

Zur Berechnung der Grenzdifferenzen für Mittelwertvergleiche in Dreisatz-Rechteckgittern wurden die in COCHRAN und COX (1957) angegebenen Formeln für die Fehlervarianz s^2 einer Differenz zwischen zwei bereinigten Versuchsgliedermittelwerten für die beiden zu unterscheidenden Fälle:

- I) Die beiden zu vergleichenden Versuchsglieder kommen im selben Block vor [$s^2 = 2 MQ_F(1 + 2\lambda - \mu)/r$] und
- II) Die beiden zu vergleichenden Versuchsglieder kommen nicht im selben Block vor [$s^2 = 2 MQ_F(1 + 3\lambda - 1,5\mu)/r$] verwendet.

Dabei ist (COCHRAN und COX 1957):

$$\lambda = \frac{r(MQ_B - MQ_F)}{r(2k - 1)MQ_B + (rk - 3k + r)MQ_F}$$

$$\mu = \frac{\lambda r(MQ_B - MQ_F)}{2r(k + 1)MQ_B + (rk - 3k - 2r)MQ_F}$$

mit

r = Zahl der Wiederholungen (r = 3 im vorliegenden Fall)
k(k + 1) = Zahl der Versuchsglieder (k = 4 im vorliegenden Fall).

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ erhält man für die Grenzdifferenzen die in *Tabelle 7* zusammengefaßten Ergebnisse.

Das Verhältnis der Grenzdifferenz bei der „Gesamtparzellenauswertung“ zur Grenzdifferenz bei der „Parzellen-

nachbarter Parzellen erhält man in einer sehr großen Zahl von Fällen stark verzerrte Versuchsgliedmittelwerte.

Im einzelnen soll hier auf diese Versuchsgliedmitteluntersuchungen jedoch nicht näher eingegangen werden; auch spezielle Mittelwertvergleiche — wie z. B. die besonders interessierenden Vergleiche von Kreuzungsnachkommenchaften mit den Mittelwerten ihrer beiden frei abgeblühten Eltern — werden im folgenden nicht näher betrachtet. Für alle diese Fragen und Zusammenhänge sei auf eine mehr anwendungsorientierte Veröffentlichung verwiesen (HÜHN 1974), in der diese Mittelwertuntersuchungen und Mittelwertvergleiche eingehend dargestellt werden.

An dieser Stelle sollen nur einige allgemeinere Bemerkungen die Versuchsgliedmittelwerte betreffend gemacht werden:

Tabelle 7. — Grenzdifferenzen für die verschiedenen Orte und Jahre bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$.

		1959			1963			1966			1969			1971		
		Ges.	Kern	v	Ges.	Kern	v	Ges.	Kern	v	Ges.	Kern	v	Ges.	Kern	v
Furtwangen	I	2,90	4,87	59,5	10,10	15,36	65,8	22,46	27,27	82,4	33,78	46,26	73,0	41,78	57,96	72,1
	II	3,56	4,89	72,8	10,38	15,73	66,0	23,13	28,20	82,0	35,08	48,02	73,1	43,59	60,32	72,3
Neppen	I	3,06	3,73	82,0	9,38	12,32	76,1	26,87	32,11	83,7	46,62	50,24	92,8	53,62	58,98	90,9
	II	3,08	3,83	80,4	9,49	12,37	76,7	27,51	32,94	83,5	47,37	51,35	92,8	53,28	60,02	88,8
Schotten	I	3,05	3,89	78,4	14,43	17,29	83,5	31,75	35,33	89,9	64,50	71,77	89,9	80,57	90,13	89,4
	II	2,79	3,53	79,0	14,81	17,62	84,1	31,46	34,71	90,6	64,61	73,45	88,0	81,69	92,09	88,7
Oderhaus	I	3,34	4,85	68,9	18,12	21,86	82,9	34,23	42,83	79,9	48,62	63,79	76,2	66,61	63,54	104,8
	II	3,43	4,79	71,6	18,82	22,61	83,2	35,52	44,15	80,5	50,63	65,87	76,9	69,17	65,38	104,8
Altenau	I	3,64	5,85	62,2	4,67	7,07	66,1	11,10	12,31	90,2	22,37	27,86	80,3	31,91	40,80	78,2
	II	3,77	5,97	63,1	4,90	7,39	66,3	11,61	12,89	90,1	23,37	29,07	80,4	33,26	44,32	75,0

kernauswertung“ ist jeweils unter der mit V bezeichneten Spalte (in %) angegeben.

Die Grenzdifferenz ist bei der „Parzellenkernauswertung“ in allen untersuchten Jahren und an allen Standorten (bis auf die eine bereits früher aus den sonstigen allgemeinen Ergebnissen herausfallende Ausnahme: „Oderhaus“ 1971) zum Teil wesentlich höher als die Grenzdifferenz bei der „Gesamtparzellenauswertung“. Dies gilt für die beiden zu unterscheidenden Fälle I und II. Die aus den in Kapitel 3 diskutierten Gründen verzerrten — d. h. in diesem Fall: zu kleinen — Grenzdifferenzen bei der „Gesamtparzellenauswertung“ erreichen in 20% (12%) aller Fälle nur 60—70% der Grenzdifferenz bei der „Parzellenkernauswertung“, in 32% (36%) aller Fälle 70—80%, in 28% (36%) aller Fälle 80—90% und in 20% (16%) aller Fälle mehr als 90% der Grenzdifferenz bei der „Parzellenkernauswertung“. Hierbei betreffen die zuerst genannten Zahlen den Fall I, während die in Klammern angegebenen Ziffern jeweils für den Fall II gelten.

Vergleicht man die von Blockeffekten korrigierten Versuchsgliedmittelwerte bei der „Gesamtparzellen“- und der „Parzellenkernauswertung“, stellt man gleichfalls zum Teil sehr große Unterschiede fest, d. h. durch die Nichtberücksichtigung der Konkurrenzeffekte an den Rändern be-

1) Die Rangfolgen der Versuchsgliedermittelwerte bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und der „Parzellenkernauswertung“ unterscheiden sich kaum. Die SPEARMAN'schen Rangkorrelationskoeffizienten r_s liegen für alle Standorte und alle Untersuchungsjahre in fast allen Fällen über 0,96 (bis auf „Oderhaus“ 1959 mit $r_s = 0,95$ und „Altenau“ 1966 mit $r_s = 0,92$).

2) Betrachtet man bei den einzelnen Versuchsgliedern die Absolutwerte der Differenzen zwischen den Versuchsgliedmittelwerten bei der „Gesamtparzellen“- und der „Parzellenkernauswertung“ (Absolutwerte = Werte stets mit positivem Vorzeichen genommen), und drückt man diese Differenzen als %-Werte bezüglich des Mittelwertes bei der „Parzellenkernauswertung“, d. h. bezüglich des „wahren“, von Konkurrenzeffekten bereinigten, Versuchsgliedmittelwertes, aus, so erhält man Unterschiede bis zu den in der *Tabelle 8* angegebenen größtmöglichen %-Werten.

Bei gleichzeitiger Betrachtung aller Versuchsglieder interessiert natürlich besonders die Frage, bei wievielen dieser Versuchsglieder die Differenzen zwischen der „Gesamtparzellen“- und der „Parzellenkernauswertung“ (ausgedrückt in %-Werten bezüglich des Mittelwertes bei der „Parzellenkernauswertung“) klein bzw. mittel bzw. groß sind. In *Tabelle 9* ist für die verschiedenen Standorte und

Tabelle 8. — Maximale Versuchsgliedmittelunterschiede zwischen der „Gesamtparzellenauswertung“ und der „Parzellenkernauswertung“ (in %) in bezug auf den Mittelwert der „Parzellenkernauswertung“.

	1959	1963	1966	1969	1971
Furtwangen	17,80	13,73	9,23	8,45	15,01
Meppen	20,67	9,47	20,70	29,81	33,88
Schotten	19,40	7,62	7,13	13,15	9,82
Oderhaus	27,09	30,96	25,66	19,23	17,12
Altenau	25,34	13,02	16,56	18,82	23,40

Tabelle 9. — Zahl der Versuchsglieder (in %), deren Mittelwertdifferenzen bei den beiden Auswertungsverfahren in den Intervallen 0%/—5%, 5%/—10%, . . . , 30%/—35% (jeweils bezogen auf den Mittelwert der „Parzellenkernauswertung“) liegen.

		1959	1963	1966	1969	1971
Furtwangen	0 - 5	85	75	75	70	65
	5 - 10	10	20	25	30	25
	10 - 15	-	5	-	-	5
	15 - 20	5	-	-	-	5
	20 - 25	-	-	-	-	-
	25 - 30	-	-	-	-	-
Meppen	0 - 5	55	65	60	40	50
	5 - 10	30	35	30	25	20
	10 - 15	-	-	5	25	20
	15 - 20	5	-	5	5	5
	20 - 25	10	-	5	-	-
	25 - 30	-	-	5	5	-
Schotten	0 - 5	85	85	85	55	65
	5 - 10	5	15	15	30	35
	10 - 15	5	-	-	15	-
	15 - 20	5	-	-	-	-
	20 - 25	-	-	-	-	-
	25 - 30	-	-	-	-	-
Oderhaus	0 - 5	15	55	50	55	60
	5 - 10	50	25	30	20	25
	10 - 15	15	5	5	15	10
	15 - 20	10	5	10	10	5
	20 - 25	5	-	-	-	-
	25 - 30	5	5	5	-	-
Altenau	0 - 5	40	60	50	55	50
	5 - 10	35	30	35	30	35
	10 - 15	10	10	10	10	10
	15 - 20	10	-	5	5	-
	20 - 25	-	-	-	-	5
	25 - 30	5	-	-	-	-

Untersuchungsjahre jeweils die Zahl der Versuchsglieder angegeben (in %), deren Mittelwertdifferenzen bei den beiden Auswertungsverfahren in den Intervallen 0%—5%, 5%—10%, . . . , 30%—35% (jeweils bezogen auf den Mittelwert der „Parzellenkernauswertung“) liegen.

Wie nicht anders zu erwarten, liegt selbstverständlich in fast allen Fällen der weitaus größte Teil aller Versuchsglieder im Intervall 0%—5% und der größte Teil des verbleibenden Restes dann im nächstfolgenden Intervall 5%—10%. Doch weisen auch die Intervalle 10%—15% und 15%—20% zum Teil noch sehr hohe Besetzungszahlen auf, die jedoch stark standortsabhängig zu sein scheinen. Denn in diesen beiden Intervallen liegen besonders bei den Standorten „Oderhaus“ und „Altenau“ relativ große Häufigkeiten vor, während „Meppen“ niedrigere und „Furtwangen“ und „Schotten“ sehr geringfügige Häufigkeiten in diesen höheren Intervallen aufweisen.

Das heißt aber, daß an den Standorten „Oderhaus“ und „Altenau“ bei sehr vielen Versuchsgliedern starke Verzerrungen der Versuchsgliedmittelwerte, d. h. große Unterschiede zwischen den Mittelwerten bei der „Gesamtparzellen“- und der „Parzellenkernauswertung“, auftreten.

Am wenigsten empfindlich für solche konkurrenzbedingten Verzerrungen der Versuchsgliedmittelwerte sind die Standorte „Furtwangen“ und „Schotten“, während in „Mep-

pen“ besonders in den beiden letzten Untersuchungsjahren (1969 und 1971) doch solche konkurrenzbedingten Verzerrungen in größerer Häufigkeit vorkommen.

Selbstverständlich ist das vorliegende Untersuchungsmaterial nicht umfangreich genug, um solche allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten daraus ableiten zu können. Die Zahl der verwendeten Versuchsglieder müßte um ein Vielfaches höher sein, um zufällige Schwankungen besser beurteilen und ausgleichen zu können.

Auf jeden Fall zeigen jedoch auch schon diese Untersuchungen die Größenordnung der auftretenden Konkurrenzeffekte und ihren verzerrenden Einfluß auf die verschiedenen interessierenden Parameter und Maßzahlen wie: Versuchsgliedmittelwerte, Varianzkomponenten usw. an — sowie auch die unterschiedliche „Empfindlichkeit“ der verschiedenen Versuchsstandorte in bezug auf diese Konkurrenzeffekte und die daraus folgenden unterschiedlichen Differenzierungseigenschaften verschiedener Standorte in bezug auf ein bestimmtes vorliegendes Versuchsmaterial.

3) Nach diesen Untersuchungen über die Unterschiede der einzelnen Versuchsgliedmittelwerte bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und der „Parzellenkernauswertung“ — durchgeführt jeweils für die einzelnen Versuchsglieder — interessieren nun die Vergleiche verschiedener Versuchsgliedmittelwerte untereinander bei den beiden Auswertungsverfahren.

Diese Frage der statistischen Mittelwertvergleiche, d. h. der Signifikanztests für alle möglichen paarweisen Mittelwertvergleiche, sowie das Problem des möglichen verzerrenden Einflusses der Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen auf diese Mittelwertvergleiche, spielen gerade für züchterische Anwendungen eine ganz entscheidende Rolle. Denn die Auswahl der auszulesenden besten Provenienzen, Zuchtstämme, Kreuzungsnachkommenschaften usw. wird ja stets aufgrund der Ergebnisse solcher statistischer Mittelwertvergleiche vorgenommen — und der Frage, ob diese Mittelwertvergleiche durch die Nichtberücksichtigung der Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen verzerrt und stark verfälscht sein können, kommt daher gerade unter diesem Anwendungsaspekt eine besondere Bedeutung zu.

Nach den früheren Ergebnissen (in Kapitel 3) über den Einfluß der Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen auf die Größe der verschiedenen Varianzkomponenten hatte sich gezeigt, daß durch die Nichtberücksichtigung der Konkurrenzeffekte an den Rändern benachbarter Parzellen die Varianzkomponente für „Versuchsfehler“ wesentlich vermindert und der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ erhöht wird. Für die hier interessierenden Mittelwertvergleiche läßt sich aus diesen früheren Ergebnissen daher sofort die folgende Schlußfolgerung ziehen (siehe Kap. 3): „Nichtberücksichtigung dieser Parzellenränderkonkurrenzeffekte, d. h. die in der Praxis meist übliche „Gesamtparzellenauswertung“, muß daher zu einer wesentlich überhöhten Zahl von statistisch signifikanten Versuchsgliedmittelunterschieden führen; viele Versuchsglieder werden als signifikant verschieden angesehen, die es aber bei einer exakteren Betrachtungsweise nicht sind“. Genau dieses in Kapitel 3 formulierte Ergebnis wird nun bei einer umfassenderen Betrachtung und Auswertung dieser Zusammenhänge bestätigt.

Bei $n = 20$ Versuchsgliedern gibt es $n(n-1)/2 = 20 \times 19/2 = 190$ unabhängige paarweise Mittelwertvergleiche — und zwar für jedes der fünf Untersuchungsjahre an jedem einzelnen der fünf Standorte. Für jeden Standort und jedes Untersuchungsjahr werden nun diese 190 Mittelwertvergleiche einmal für die „Gesamtparzellenauswertung“ und

sodann auch diese 190 Vergleiche für die „Parzellenkernauswertung“ durchgeführt.

Für jeden einzelnen Vergleich ergibt sich in bezug auf das Ergebnis des Signifikanztests eine der folgenden vier Möglichkeiten:

- A: Nicht signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und nicht signifikant verschieden bei der „Parzellenkernauswertung“.
- B: Signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und signifikant verschieden bei der „Parzellenkernauswertung“.
- C: Signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und nicht signifikant verschieden bei der „Parzellenkernauswertung“.
- D: Nicht signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und signifikant verschieden bei der „Parzellenkernauswertung“.

Für die jeweils 190 möglichen Mittelwertvergleiche pro Untersuchungsjahr und Standort erhält man die in *Tabelle 10* zusammengefaßten Ergebnisse.

reits zitierten mehr anwendungsorientierten Veröffentlichung (HÜHN 1974) ausführlich eingegangen.

Wie *Tabelle 10* zeigt, ist der Fall D (Keine Signifikanz bei der „Gesamtparzellenauswertung“, Signifikanz bei der „Parzellenkernauswertung“) relativ unbedeutend, d. h. er kommt fast durchweg an allen Standorten und in allen Untersuchungsjahren mit sehr geringen Häufigkeiten vor, die zum großen Teil wahrscheinlich auf zufällige Effekte zurückzuführen sein werden.

Völlig anders sieht es dagegen im Fall C (Signifikanz bei der „Gesamtparzellenauswertung“, Keine Signifikanz bei der „Parzellenkernauswertung“) aus, wo relativ hohe Häufigkeiten auftreten, wie die *Tabelle 10* zeigt.

Dieser Fall C umfaßt alle die zuvor genannten Mittelwertvergleiche, bei denen die „Gesamtparzellenauswertung“ einen signifikanten Unterschied anzeigt, der sich dann bei der exakteren, d. h. unter Ausschaltung der Parzellenrandkonkurrenzwirkungen durchgeführten, „Parzellenkernauswertung“ nicht bestätigt.

Tabelle 10. — Aufteilung der 190 möglichen Mittelwertvergleiche pro Standort und Untersuchungsjahr auf die vier (im Text definierten) Fälle A, B, C, D.

	1 9 5 9				1 9 6 3				1 9 6 6				1 9 6 9				1 9 7 1			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Furtwangen	38	126	25	1	63	91	34	2	73	106	10	1	60	114	14	2	54	119	14	3
Meppen	36	135	13	6	32	142	15	1	43	135	10	2	40	140	5	5	39	141	6	4
Schotten	30	148	10	2	52	126	10	2	55	129	5	1	53	121	11	5	53	123	10	4
Oderhaus	43	115	28	4	81	82	27	0	66	89	33	2	53	110	25	2	51	116	11	12
Altenau	55	103	30	2	51	103	34	2	89	80	15	6	106	50	31	3	116	42	27	5

Die fast durchweg besonders hohen Häufigkeiten des Falles B (Signifikanz bei beiden Auswertungsverfahren) sind ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß bei dem hier untersuchten Merkmal „Pflanzenhöhe“ zwischen den sehr wenig wüchsigen Sundmo-Einzelbaumnachkommenschaften (erhalten durch freies Abblühen ausgewählter Einzelpflanzen) und den äußerst wüchsigen Westerhof-Einzelbaumnachkommenschaften (ebenfalls erhalten durch freies Abblühen ausgewählter Einzelpflanzen) sehr große genetisch bedingte Pflanzenhöheunterschiede vorliegen müssen, so daß schon aus diesen Gründen mit einer großen Zahl von signifikanten Mittelwertsunterschieden zu rechnen ist.

Wesentlich geringer sind jedoch größtenteils die Häufigkeiten für den Fall A (Keine Signifikanz bei beiden Auswertungsverfahren), der sich in erster Linie aus Mittelwertvergleichen der Sundmo-Einzelbaumnachkommenschaften untereinander, der Westerhof-Einzelbaumnachkommenschaften untereinander sowie der Nachkommenschaften der kontrollierten Sundmo × Westerhof-Kreuzungen untereinander zusammensetzen dürfte.

Auf eine genaue Untersuchung dieser Zusammenhänge, das heißt z. B. auf die Frage, welche Versuchsgliedervergleiche auf welche der Fälle A, B, C und D entfallen und mit welchen Häufigkeiten dies geschieht, wird in der be-

Die Nichtberücksichtigung dieser Parzellenränderkonkurrenzeffekte, d. h. die in der Praxis meist übliche „Gesamtparzellenauswertung“, führt daher zu einer wesentlich überhöhten Zahl von statistisch signifikanten Versuchsgliedermittelunterschieden; viele Versuchsglieder werden als signifikant verschieden angesehen, die es aber bei einer exakteren Betrachtungsweise nicht sind. Dieses bereits früher aufgrund der Varianzkomponentenberechnungen plausibel gemachte und abgeleitete Resultat kann also durch die in *Tabelle 10* zusammengefaßten Signifikanzbetrachtungen quantifiziert und in eindrucksvoller Weise bestätigt werden.

Auf die Bedeutung dieser fehlerhaften Signifikanzaussagen bei Verwendung der „Gesamtparzellenauswertung“ wurde bereits mehrfach hingewiesen.

Diesen Signifikanzbetrachtungen der *Tabelle 10* und damit auch den daraus abgeleiteten Folgerungen haftet noch ein wesentlicher Mangel an, denn es wurde bei allen Überlegungen und Auswertungen nirgends berücksichtigt, ob etwa ein nicht-signifikanter Mittelwertunterschied die Signifikanzgrenze weit unterschreitet, oder aber ob er sehr nahe bei dieser Signifikanzgrenze liegt. Die Einbeziehung dieser „Güte“ der Signifikanz bzw. Nicht-Signifikanz führt dann zu einem vertieften Verständnis dieser Zusammenhänge und Signifikanzbetrachtungen.

Diese exaktere Betrachtungsweise wird in der bereits mehrfach zitierten weiteren Veröffentlichung über dieses empirische Datenmaterial angewendet werden (HÜHN 1974).

5. Zusammenfassende Auswertung als Versuchsserie

Bei einer zusammenfassenden Auswertung aller Versuchsglieder über alle Orte wurde der Standort „Trittau“ aus der Auswertung weggelassen, da er im Vergleich zur Pflanzweite der übrigen fünf Standorte (1,5 m × 1,5 m) mit einem anderen Pflanzenabstand angelegt wurde (0,9 m × 0,9 m), und er sich damit für eine gemeinsame Auswertung aller Versuchsorte nicht eignet. Des weiteren wurden in diese zusammenfassende Auswertung nur 19 Versuchsglieder einbezogen, da an einem Standort („Schotten“) ein Versuchsglied fehlt, das dort durch zweimalige Verwendung eines anderen Versuchsgliedes ersetzt wurde.

Die Auswertung der 19 Versuchsglieder über die 5 Standorte erfolgte als Kreuzklassifikation für ein gemischtes varianzanalytisches Modell (Versuchsglieder = fest; Orte = zufällig), wobei die drei Parzellenmittelwerte eines Versuchsgliedes in den drei Wiederholungen des Dreisatz-Rechteckgitters an einem bestimmten Versuchsort als Wiederholungen in der Variablenkombination „Versuchsglied/Standort“ genommen wurden.

Als verschiedene Auswertungszeitpunkte werden nur die Jahre genommen (1959, 1963, 1966, 1969 und 1971), an denen vollständige Messungen an allen fünf Standorten vorliegen.

Für ein solches gemischtes Modell erhält man unter den zuvor genannten Voraussetzungen das folgende varianzanalytische Schema in *Tabelle 11*.

Tabelle 11. — Erwartungswerte und Schema der Varianzanalyse bei der Auswertung als Versuchsserie.

Variationsursache	F G	E(MQ)
Zwischen A-Klassen (Versuchsglieder)	18	$\sigma_F^2 + 3 \sigma_{AB}^2 + 15 \cdot \sum_{i=1}^3 \alpha_i^2 / 18$
Zwischen B-Klassen (Versuchsorte)	4	$\sigma_F^2 + 57 \sigma_B^2$
Wechselwirkung	72	$\sigma_F^2 + 3 \sigma_{AB}^2$
Rest	190	σ_F^2
Gesamt	284	

Alle Auswertungen werden einmal für die Gesamtparzelle (6 × 6) und sodann nur für den Parzellenkern (4 × 4), d. h. die Parzelle ohne ihren Rand, durchgeführt.

Für die Varianzkomponenten σ_B^2 , σ_{AB}^2 und σ_F^2 sowie die mittlere Versuchsgliedervariabilität $\sum_{i=1}^3 \alpha_i^2 / 18$ erhält man für die verschiedenen Jahre die in der *Tabelle 12* zusammengefaßten Ergebnisse. In dieser *Tabelle 12* sind neben den Absolutwerten der Varianzkomponenten auch noch deren Anteile (in %) an der Gesamtvariabilität, d. h. Varianzkomponente × 100/Summe der Varianzkomponenten, angegeben.

In allen Jahren erhält man mittels des F-Testes sowohl für die „Gesamtparzellenauswertung“ als auch für die „Parzellenkernauswertung“ hochsignifikante F-Werte für „Versuchsglieder“, „Versuchsorte“ und auch für die „Wechselwirkung“.

Nähere Diskussion und Folgerungen aus den Ergebnissen der *Tabelle 12*:

1) Die Gesamtvarianz bei der „Parzellenkernauswertung“ ist in allen fünf Jahren größer als die Gesamtvarianz bei der „Gesamtparzellenauswertung“.

2) Der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ an der Gesamtvarianz ist zum ersten Meßzeitpunkt (1959) extrem hoch, geht dann aber sehr schnell zurück und scheint sich asymptotisch einem festen Wert zu nähern. Diese Gesetzmäßigkeit gilt sowohl für die „Parzellenkernauswertung“ als auch für die „Gesamtparzellenauswertung“:

	1959	1963	1966	1969	1971
Gesamtparzelle (G)	86,42	37,29	30,07	27,20	25,30
Parzellenkern (K)	82,39	37,34	30,64	28,10	26,07
Differenz (K—G)	—4,03	0,05	0,57	0,90	0,77

Im Laufe des Wachstums wird also der Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ sehr stark verringert, d. h. Versuchsgliedunterschiede verwischen sich in bezug auf die Gesamtvariabilität — z. B. durch Konkurrenz- und andere Umwelteffekte — und treten in ihrer Bedeutung gegenüber anderen Variationsursachen (z. B. Standortfaktoren) stark zurück.

Die Differenz der Variabilitätsanteile der Variationsursache „Versuchsglieder“ an der Gesamtvariabilität zwischen der „Parzellenkern“- und der „Gesamtparzellenauswertung“ nimmt nur im ersten Jahr einen bemerkenswerten Wert an (1959: $\approx 4\%$), während sie in den folgenden Jahren nicht wesentlich von Null abweicht, und die Variabilitätsanteile für „Versuchsglieder“ bei beiden Auswertungen folglich als gleich anzusehen sind.

3) Der Variabilitätsanteil für „Versuchsorte“ an der Gesamtvarianz ist zum ersten Meßzeitpunkt (1959) extrem niedrig, geht dann aber sprunghaft hoch und steigt dann langsam weiter an. Wie bei der Diskussion der Variationsursache „Versuchsglieder“ gilt auch hier diese Gesetzmäßigkeit sowohl für die „Parzellenkernauswertung“ als auch für die „Gesamtparzellenauswertung“:

	1959	1963	1966	1969	1971
Gesamtparzelle (G)	1,16	41,35	52,33	56,17	60,00
Parzellenkern (K)	2,06	38,35	48,83	52,79	57,59
Differenz (K—G)	0,90	—3,00	—3,50	—3,38	—2,41

Im Laufe des Wachstums wird also der Variabilitätsanteil für „Versuchsorte“ sehr stark erhöht (Variabilitätsanteil für „Versuchsglieder“ sehr stark verringert), d. h. die Versuchsortunterschiede (in bezug auf die Gesamtvariabilität) sind im ersten Jahr sehr klein und nehmen dann sehr schnell zu; die Standortunterschiede werden daher immer stärker ausgeprägt und treten in ihrer Bedeutung gegenüber den anderen Variationsursachen immer stärker in Erscheinung.

Die Differenz der Variabilitätsanteile der Variationsursache „Versuchsorte“ an der Gesamtvariabilität zwischen der „Parzellenkern“- und der „Gesamtparzellenauswertung“ nimmt — außer im ersten Jahr — einen Wert von ungefähr -3% an, d. h. der Variabilitätsanteil für „Versuchsorte“ ist ohne die Parzellenränder-Konkurrenz um ungefähr 3% kleiner als bei der „Gesamtparzellenauswertung“ unter Hinzuziehung der Parzellenränder. Dieser Unterschied ist jedoch so geringfügig, daß hier ohne ausgedehnte weitere Untersuchungen mit umfangreicherem Material keine Schlüsse gezogen werden können.

4) Die Variabilitätsanteile für „Wechselwirkung“ bleiben im Verlauf der Entwicklung annähernd konstant. Dies

ursachen: „Versuchsglieder“ und „Versuchsfehler“ noch einmal deren Variabilitätsanteile in den einzelnen Jahren angegeben; und zwar einmal die Variabilitätsanteile für „Versuchsglieder“ bzw. „Versuchsfehler“ bei einer Auswertung als Versuchsserie und dann im Vergleich dazu den Mittelwert der Variabilitätsanteile für „Versuchsglieder“ bzw. „Versuchsfehler“ aus den Einzelauswertungen der fünf verschiedenen Standorte — beides sowohl für die „Gesamtparzellenauswertung“ als auch für die „Parzellenkernauswertung“ und für alle Untersuchungsjahre.

Tabelle 13. — Vergleich der Variabilitätsanteile für „Versuchsfehler“ zwischen der Auswertung als Versuchsserie und dem Mittelwert der Einzelauswertungen der fünf verschiedenen Standorte — jeweils für beide Auswertungsverfahren.

		1959	1963	1966	1969	1971
Gesamtparzellenauswertung	Mittelwert der Einzelausw.	4,20	9,63	11,84	11,11	11,72
	Auswertung als Versuchsserie	4,81	11,52	8,63	7,65	6,63
Parzellenkernauswertung	Mittelwert der Einzelausw.	8,48	15,59	14,69	14,57	14,61
	Auswertung als Versuchsserie	8,57	14,72	10,66	9,49	7,97

Tabelle 14. — Vergleich der Variabilitätsanteile für „Versuchsglieder“ zwischen der Auswertung als Versuchsserie und dem Mittelwert der Einzelauswertungen der fünf verschiedenen Standorte — jeweils für beide Auswertungsverfahren.

		1959	1963	1966	1969	1971
Gesamtparzellenauswertung	Mittelwert der Einzelausw.	94,61	77,87	75,23	74,61	75,04
	Auswertung als Versuchsserie	86,42	37,29	30,07	27,20	25,30
Parzellenkernauswertung	Mittelwert der Einzelausw.	90,51	71,02	69,87	69,84	71,59
	Auswertung als Versuchsserie	82,39	37,34	30,64	28,10	26,07

Im wesentlichen ergeben sich beim „Versuchsfehler“ zwischen den Mittelwerten der Einzelstandortauswertungen und den Werten bei einer Auswertung als Versuchsserie ähnliche Ergebnisse — und zwar bei beiden Auswertungsverfahren: Vom ersten Jahr (1959) zum zweiten Jahr (1963) steigen die Variabilitätsanteile sehr stark an, um dann anschließend bei den Mittelwerten der Einzelauswertungen annähernd konstant zu bleiben, während sie bei den Werten aus einer Auswertung als Versuchsserie durchweg leicht abnehmen. Doch trotz dieser etwas unterschiedlichen zeitlichen Tendenz der Werte sind die Ergebnisse aus der Serienauswertung und den Einzelstandortauswertungen im groben doch als numerisch ähnlich anzusehen. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten sowohl für die „Gesamtparzellen“- als auch für die „Parzellenkernauswertung“.

Völlig anders liegen diese Verhältnisse nun aber bei der Variationsursache „Versuchsglieder“. Hier nehmen die Variabilitätsanteile sowohl des Mittelwertes der Einzelstandortauswertungen als auch der Wert aus der Serienauswertung vom ersten Jahr (1959) zum zweiten Jahr (1963) sehr stark ab, um dann anschließend bei den Mittelwerten

der Einzelauswertungen annähernd konstant zu bleiben, während sie bei den Werten aus einer Auswertung als Versuchsserie durchweg leicht abnehmen. Dies ist auch hier wieder der Fall sowohl bei der „Gesamtparzellen“- als auch bei der „Parzellenkernauswertung“. Die zeitliche Tendenz ab dem zweiten Meßjahr ist also für die Variationsursache „Versuchsglieder“ derer der Variationsursache „Versuchsfehler“ sehr ähnlich.

Nur völlig anders ist das extrem starke Abfallen des Variabilitätsanteils für „Versuchsglieder“ vom ersten zum zweiten Meßjahr bei der Serienauswertung: 86,42 — 37,29 (82,39 — 37,34) im Vergleich zur Abnahme bei den Mittelwerten der Einzelauswertungen: 94,61 — 77,87 (90,51 — 71,02); dies ist sowohl der Fall bei der „Gesamtparzellenauswertung“ (erstgenannte Zahlen) als auch bei der „Parzellenkernauswertung“ (in Klammern angegebene Zahlen).

Bei der Serienauswertung werden also die im ersten Untersuchungsjahr eindeutig überwiegenden Versuchsgliederunterschiede in den folgenden Jahren in einem extremen Ausmaß reduziert auf Kosten einer sehr starken Zunahme des Variabilitätsanteils für „Versuchssorte“, d. h. der Standorteinfluß überwiegt dann bei weitem gegenüber den Versuchsgliederunterschieden.

Auf die Bedeutung dieser Ergebnisse und Zusammenhänge gerade für die Pflanzenzüchtung braucht wohl nach den in Kapitel 4 diskutierten Überlegungen hier nicht noch einmal besonders eingegangen zu werden.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Da in der züchterischen und pflanzenbaulichen Praxis bei parzellenweise angelegten Feldversuchen in dem größten Teil der Fälle die Konkurrenzwirkungen an den Rändern benachbarter Parzellen weder ausgeschaltet noch explizit in der Auswertung mit berücksichtigt werden, (z. B. durch Isolierstreifen, Weglassen der Parzellenränder oder durch Anwendung spezieller Auswertungstechniken), interessiert in diesem Zusammenhang besonders die Frage, 1) wie groß diese Effekte überhaupt sind oder sein können, 2) welchen Einfluß die Nichtberücksichtigung der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern auf die Aussagefähigkeit solcher Versuche hat und 3) wie groß die durch diese Nichtberücksichtigung der Parzellenrandkonkurrenz entstehenden Verzerrungen — z. B. bei den Versuchsgliederrangfolgen, bei den Mittelwertvergleichen, bei den Varianzkomponentenschätzungen usw. — sind.

Um zu quantitativen Aussagen über die Größe dieser konkurrenzbedingten Parzellenrandwirkungen und den daraus resultierenden Verzerrungen zu kommen, wurden anhand einer Feldversuchsserie mit Fichtenkreuzungen (6 verschiedene Standorte mit je 20 zu prüfenden Versuchsgliedern angelegt in einem Rechteckgitter mit drei Wiederholungen mit 5 Blöcken à 4 Versuchsgliedern je Wiederholung und $6 \times 6 = 36$ Pflanzen je Parzelle) jeweils zwei verschiedene Auswertungen des Merkmals Pflanzenhöhe in den Jahren 1959, 1963, 1966, 1969 und 1971 vorgenommen: Zunächst eine Auswertung — im folgenden stets „Gesamtparzellenauswertung“ genannt —, bei der alle Pflanzen einer Parzelle, d. h. alle $6 \times 6 = 36$ Einzelpflanzen, benutzt wurden und dann schließlich eine zweite Auswertung — im folgenden stets „Parzellenkernauswertung“ genannt —, bei der sämtliche Randpflanzen jeder Parzelle weggelassen wurden, und wo nur der verbleibende Parzellenkern von $4 \times 4 = 16$ Einzelpflanzen in die Auswertung genommen wurde. Aus unterschiedlichen Ergebnissen dieser beiden Auswertungen, z. B. bei den Varianzkomponenten, lassen sich dann Schlüsse auf die quantitativen Beziehungen dieser Parzellenrand-Konkurrenzeffekte ziehen. Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

I) Die Gesamtvarianz ist bei der „Parzellenkernausswertung“, d. h. bei weitgehender Ausschaltung der Konkurrenzeffekte an den Parzellenrändern, größer als die Gesamtvarianz bei der „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit berücksichtigt werden (Tabelle 2). Die Konkurrenzwirkungen führen also zu einer Nivellierung der Gesamtvariabilität.

II) Die Varianzkomponente für „Versuchsfehler“ nimmt bei Übergang von der „Gesamtparzellenauswertung“ zur „Parzellenkernausswertung“ in allen Jahren und an allen Orten (bis auf eine einzige, wahrscheinlich zufallsbedingte, Ausnahme: Oderhaus 1971) in einem ganz extremen Maße zu (Tabellen 4 und 6).

III) Die Varianzkomponente für „Versuchsglieder“ ist (wieder bis auf Oderhaus 1971) bei der „Parzellenkernausswertung“ zum Teil wesentlich kleiner als bei der „Gesamtparzellenauswertung“ (Tabellen 4 und 5). D. h.: Bei der in der Praxis allgemein üblichen „Gesamtparzellenauswertung“, bei der die Konkurrenzwirkungen an den Parzellenrändern weder ausgeschaltet noch explizit berücksichtigt werden, wird der Varianzanteil für „Versuchsglieder“ zum Teil weit überschätzt. Die Konkurrenz an den Parzellenrändern führt also zu einer stärkeren Differenzierung der Versuchsglieder; Versuchsgliedunterschiede werden stärker ausgeprägt und als Folge hiervon umfaßt die im Experiment berechnete Versuchsgliedvarianz eine konkurrenzbedingte Komponente. Die Nichtberücksichtigung der Konkurrenz an den Parzellenrändern führt also zu einer verzerrenden Verminderung der Versuchsfehlervariabilität, die in erster Linie auf eine fehlerhafte Erhöhung der Versuchsgliedvariabilität zurückzuführen ist.

IV) Die Höhe der Varianzkomponenten der einzelnen Variationsursachen und ihre zeitlichen Veränderungen in dem Untersuchungszeitraum von 1959 bis 1971 sowie auch die Höhe der Differenz in den Variabilitätsanteilen für „Versuchsglieder“ und „Versuchsfehler“ zwischen der „Gesamtparzellen“- und der „Parzellenkernausswertung“ sind stark standortsabhängig (Tabelle 4).

V) Aus II) und III) läßt sich sofort eine gerade für züchterische Anwendungen (Selektion) wesentliche Folgerung ableiten: Durch die konkurrenzbedingte Vergrößerung der Versuchsgliedvariabilität ergeben sich auch verzerrte größere Versuchsgliedmittelunterschiede, die durch die gleichzeitige konkurrenzbedingte Verkleinerung des „Versuchsfehlers“ sich sehr häufig als statistisch signifikant verschieden erweisen, obwohl sie es „in Wirklichkeit“, d. h. bei einer exakteren und umfassenderen Auswertung unter Berücksichtigung der Wirkungen der Konkurrenzerscheinungen, nicht sind. Nichtberücksichtigung dieser Parzellenränderkonkurrenzeffekte, d. h. die in der Praxis meist übliche „Gesamtparzellenauswertung“, führt daher zu einer wesentlich überhöhten Zahl von statistisch signifikanten Versuchsgliedmittelunterschieden.

VI) Die Rangfolgen der Versuchsgliedermittelwerte bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und der „Parzellenkernausswertung“ unterscheiden sich kaum.

VII) Bei den Versuchsgliedermittelwerten treten Verzerrungen, d. h. Unterschiede zwischen der „Gesamtparzellen“- und der „Parzellenkernausswertung“ von bis zu 34% (bezogen auf den Mittelwert der „Parzellenkernausswertung“) auf (Tabelle 8). Bei gleichzeitiger Betrachtung aller Versuchsglieder läßt sich zeigen, daß die Größen dieser Mittelwertdifferenzen zwischen den beiden Auswertungsverfahren stark standortsabhängig sind (Tabelle 9).

VIII) Die unter V) diskutierten Resultate werden in Kapitel 4 „Grenzdifferenzen und Mittelwertvergleiche“ eingehend quantitativ untersucht und präzisiert. Die Grenzdifferenz ist bei der „Parzellenkernausswertung“ in allen untersuchten Jahren und an allen Standorten (wieder bis auf Oderhaus 1971) zum Teil wesentlich höher als die Grenzdifferenz bei der „Gesamtparzellenauswertung“ (Tabelle 7).

IX) Gerade für züchterische und pflanzenbauliche Anwendungen wesentlich ist die Frage der möglichen Ver-

zerrungen und Verfälschungen der Vergleiche der verschiedenen Versuchsgliedermittelwerte untereinander (bewirkt durch die Parzellenrand-Konkurrenzwirkungen) bei den beiden Auswertungsverfahren.

Bei 20 Versuchsgliedern sind 190 unabhängige paarweise Mittelwertvergleiche möglich, die jeweils für jeden der fünf Standorte und jedes der fünf Untersuchungsjahre einmal für die „Gesamtparzellenauswertung“ und sodann auch für die „Parzellenkernausswertung“ durchgeführt wurden. Für jeden einzelnen Vergleich ergibt sich in bezug auf das Ergebnis des Signifikanztests eine der folgenden vier Möglichkeiten:

A: Nicht signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und nicht signifikant verschieden bei der „Parzellenkernausswertung“.

B: Signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und signifikant verschieden bei der „Parzellenkernausswertung“.

C: Signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und nicht signifikant verschieden bei der „Parzellenkernausswertung“.

D: Nicht signifikant verschieden bei der „Gesamtparzellenauswertung“ und signifikant verschieden bei der „Parzellenkernausswertung“.

Die für die jeweils 190 möglichen Mittelwertvergleiche pro Untersuchungsjahr und Standort fast durchweg gefundenen besonders hohen Häufigkeiten des Falles B und die wesentlich geringeren Häufigkeiten des Falles A sind ohne weiteres aufgrund des verwendeten Pflanzenmaterials verständlich (siehe Kapitel 4 und Tabelle 10). Der Fall D ist relativ unbedeutend, d. h. er kommt fast durchweg an allen Standorten und in allen Untersuchungsjahren mit sehr geringen Häufigkeiten vor, die zum großen Teil wahrscheinlich auf zufällige Effekte zurückzuführen sein werden (Tabelle 10).

Völlig anders sieht es dagegen im Fall C (Signifikanz bei der „Gesamtparzellenauswertung“, keine Signifikanz bei der „Parzellenkernausswertung“) aus, wo relativ hohe Häufigkeiten auftreten (Tabelle 10). Dieser Fall C umfaßt alle die zuvor genannten Mittelwertvergleiche, bei denen die „Gesamtparzellenauswertung“ einen signifikanten Unterschied anzeigt, der sich dann bei der exakteren, d. h. unter Ausschaltung der Parzellenrandkonkurrenzwirkungen durchgeführten, „Parzellenkernausswertung“ nicht bestätigt. Die Nichtberücksichtigung dieser Parzellenränderkonkurrenzeffekte, d. h. die in der Praxis meist übliche „Gesamtparzellenauswertung“, führt daher zu einer verzerrten und wesentlich überhöhten Zahl von statistisch signifikanten Versuchsgliedmittelunterschieden; viele Versuchsglieder werden als signifikant verschieden angesehen, die es aber bei einer exakteren Betrachtungsweise nicht sind (Quantitative Ergebnisse, siehe Tabelle 10).

X) Bei einer zusammenfassenden Auswertung aller Versuchsglieder über alle Orte (bis auf den Standort Trittau: Begründung siehe Text) erhält man in allen fünf Jahren bei der „Parzellenkernausswertung“ eine größere Gesamtvarianz als bei der „Gesamtparzellenauswertung“. Der Variabilitätsanteil für „Versuchsfehler“ an der Gesamtvariabilität ist bei der „Parzellenkernausswertung“, d. h. unter Ausschaltung der Parzellenränder-Konkurrenz, durchweg größer als bei der „Gesamtparzellenauswertung“; man findet also hier bei dieser Auswertung als Versuchsserie ein analoges Ergebnis wie bei der Diskussion der einzelnen Versuchsstandorte.

Die Unterschiede zwischen den beiden Auswertungsverfahren bezüglich der Variabilitätsanteile der einzelnen Variationsursachen an der Gesamtvariabilität sind bei einer zusammenfassenden Verrechnung aller fünf Standorte als Versuchsserie äußerst geringfügig. Besonders für „Versuchsglieder“ und „Wechselwirkung“ sind sie praktisch gleich Null, während diese Unterschiede zwischen der „Gesamtparzellenauswertung“ und der „Parzellenkernausswertung“ für „Versuchsorte“ und „Versuchsfehler“ etwas größere Werte annehmen, die jedoch auch noch relativ klein

sind, so daß — zumindest mit Hilfe des in dieser Untersuchung verwendeten Materials — hier keine weiteren Schlußfolgerungen gezogen werden können (Tabelle 12).

Die bei den getrennten Auswertungen der einzelnen Versuchsstandorte durchweg gefundenen grundlegenden Gesetzmäßigkeiten — Vergrößerung der Versuchsglieder-variabilität und Verkleinerung des Versuchsfehlers bei Übergang von der „Parzellenkern“- zur „Gesamtparzellenauswertung“ — finden sich also nicht wieder bei einer zusammenfassenden Auswertung aller Standorte als Versuchsserie (Begründung siehe Text).

Die Höhe der verschiedenen Varianzkomponenten sowie ihre zeitliche Tendenz — z. B. extreme Abnahme des Variabilitätsanteils für „Versuchsglieder“ und sehr starke Zunahme des Variabilitätsanteils für „Versuchsorte“ — in dem Untersuchungszeitraum 1959—1971 werden analysiert und eingehend diskutiert (Tabelle 12).

Abschließend werden die numerischen Werte der Varianzkomponenten für „Versuchsfehler“ und „Versuchsglieder“ aus der Serienauswertung mit den entsprechenden Werten aus den Einzelstandortsauswertungen verglichen (Tabellen 13 und 14).

Das auffallendste Ergebnis hierbei ist das extrem starke Abfallen des Variabilitätsanteils für „Versuchsglieder“ vom ersten zum zweiten Meßjahr bei der Serienauswertung im Vergleich zur Abnahme bei den Einzelauswertungen. Bei der Serienauswertung werden also die im ersten Untersuchungsjahr eindeutig überwiegender Versuchsgliederunterschiede (in bezug auf die Gesamtvariabilität) in den folgenden Jahren in einem extremen Ausmaß reduziert auf Kosten einer sehr starken Zunahme des Variabilitätsanteils für „Versuchsorte“, d. h. der Standorteinfluß überwiegt dann bei weitem gegenüber den Versuchsgliederunterschieden.

Diese Ergebnisse gelten nun sowohl für die „Gesamtparzellenauswertung“ als auch für die „Parzellenkernauswertung“ (Diskussion siehe Text).

Schlagworte: Konkurrenz; Parzellenrandwirkungen bei parzellenweise angelegten Feldversuchen (Versuchsserie mit Fichtenkreuzungen); Verzerrungen durch die Nichtberücksichtigung der Parzellenrand-Konkurrenzefekte z. B. bei: Reihenfolge der Versuchsgliedermittelwerte, Mittelwertvergleiche, Schätzung von Varianzkomponenten u. a.

Summary

Studies about the influence of competition on the validity of field experiments in forestry and agriculture: Experimental results from a series of field experiments with crosses of spruce.

Using field experiments arranged in plots in practical work of plant breeding and plant cultivation competitive effects at the borders of neighbouring plots are mostly neither eliminated nor considered explicitly in the analysis of such experiments, for example by using isolation strips, by omitting of the borders of the plots or by application of special techniques of analysis. Therefore in this context the following questions are of special importance:

- 1) What are the magnitude of these effects and what are the maximum values of these effects, which are possible and occurring in practice?
- 2) What influence is caused by the non-consideration of these competitive effects at the borders of neighbouring plots with regard to the validity and applicability of the results drawn from such experiments and
- 3) How large is the bias caused by this non-consideration of the competitive effects at the borders of the plots, for example the bias in changing the sequence of the means of the treatments, or the bias in changing the comparisons of the treatment means, or the bias in changing the estimates of the variance components e.t.c.

To get quantitative results about the magnitude of these competitive effects at the borders of neighbouring plots

and to get results about the biasing effects caused by these competition phenomena we analysed a series of field experiments where the treatments are crosses between certain selected individuals of spruce. We used 6 different locations each with the same 20 treatments, which have to be tested. The design was: A rectangular lattice with 3 replications with 5 blocks, each block with 4 treatments in each replication and $6 \times 6 = 36$ plants per plot. We have performed two different ways of analysis of the character "plant height" in the years 1959, 1963, 1966, 1969 and 1971: At first an analysis — in the following text always named "total-plot-analysis" (TP) — where all plants of each plot are used, e. g. all $6 \times 6 = 36$ single trees of each plot. Secondly we performed an analysis — in the following text always named "interior-plot-analysis" (IP) — where all plants at the borders of the plots are omitted from the analysis. In this case only the remaining interior of the plot, e. g. the $4 \times 4 = 16$ single trees in the plot's interior, are used in this second analysis. From different results of these two procedures of analysis, for example in estimating variance components, it is possible to draw conclusions about the quantitative relations of these competitive effects at the borders of the plots.

The main results of these investigations can be summarized as follows:

I) The total variance in the IP-analysis, e. g. in eliminating the competitive effects at the borders of the plots almost completely, is greater than the total variance in the TP-analysis, where the competition effects at the borders of the plots are neither eliminated nor taken into account explicitly (table 2). The competitive effects therefore lead to a reduction and levelling of the total variability.

II) The variance component for "error" increases extremely when going from the TP-analysis to the IP-analysis (tables 4 and 6). This result is valid for all years and all locations with the exception of location Oderhaus in year 1971, which is probable a randomly caused exception.

III) The variance component for "treatments" is (again with the exception: Oderhaus 1971) with the IP-analysis to a great extent smaller than with the TP-analysis (tables 4 and 5). That is, with the TP-analysis, which is commonly used in practice and where the competitive effects at the borders of the plots are neither eliminated nor taken into account explicitly, the proportion of variance for "treatments" is overestimated partly to a large extent. Competition at the borders of the plots therefore leads to a greater differentiation of the "treatments": Treatment-differences are more strongly marked and consequently the treatment-variance computed from the field-experiments comprehends a component caused by these competitive effects. The non-consideration of the competition at the borders of the plots therefore results in a biasing reduction of the variability of "error", what can be lead back mostly to an erroneous increase of the variability of "treatments".

IV) The amount of the variance components of the various sources of variation and the temporal changes in the time-interval of investigation from 1959 to 1971 as well as the amount of the difference in the proportions of variability for "treatments" and "error" between the TP-analysis and the IP-analysis are dependent very strongly on the special location (table 4).

V) From II) and III) it is possible immediately to derive an important conclusion, which is of special interest for applications in breeding work (selection): The increase of the variability of "treatments" caused by competitive effects results in biased treatment-differences, which are often increased to a great extent. Because at the same time we observe a reduction of "error" caused by the competition phenomena, we will find very frequently treatment-differences, which turn out to be statistically significant although they are not different "in reality", that means, they are not statistically significant different using a more exact and generalized procedure of analysis with taking into account the effects of the competition

phenomena. Non-consideration of these competitive effects at the borders of the plots, e. g. the TP-analysis, which is commonly used in practice, therefore leads to a biased, increased and over-estimated number of statistically significant treatment-mean-differences.

VI) Between the series of the ranks of the treatment-means from the TP-analysis and from the IP-analysis there are only slight differences.

VII) In the treatment-means we find biasing effects, e. g. differences between the TP-analysis and the IP-analysis, until 34% (in relation to the treatment-mean of the IP-analysis) (table 8).

In looking upon all treatments simultaneously it is possible to show, that the values of the treatment-means-differences between the two procedures of analysis are dependent very strongly on the location (table 9).

VIII) These results discussed in V) are investigated quantitatively and made precise in a very detailed manner in chapter 4: "Least significant differences (LSD) and comparisons of treatment-means". With the IP-analysis the LSD is greater (partially even to a great extent greater) than the LSD with the TP-analysis (table 7). This result is valid for all years and all locations (again with the exception: Oederhaus 1971).

IX) Just for applications in plant breeding and plant cultivation an important question of special interest is the possible bias and adulterations of the comparisons of the different treatment-means between the two considered procedures of analysis, which are caused by the competitive effects between the plants at the borders of neighbouring plots. With 20 treatments there are possible 190 independent pairwise comparisons of treatment-means, which all we have performed for the TP-analysis as well as for the IP-analysis for each of the 5 different locations of the field-trials and for each of the 5 different years of investigation (1959, 1963, 1966, 1969, 1971). With regard to the result of the test of significance for each of these comparisons one of the following four possibilities can be appear:

- A: Not significant different with the TP-analysis and not significant different with the IP-analysis.
- B: Significant different with the TP-analysis and significant different with the IP-analysis.
- C: Significant different with the TP-analysis and not significant different with the IP-analysis.
- D: Not significant different with the TP-analysis and significant different with the IP-analysis.

For the 190 possible comparisons of treatment-means, which we have performed for each of the 5 years and for each of the 5 locations, we have found almost throughout very high frequencies of the case B and frequencies of case A, which are much more smaller. These results are to understand directly looking upon the plant material used in the series of field trials (see: chapter 4 and table 10). The case D is relatively unimportant; case D appears almost throughout in all locations and in all years with very low frequencies, which can be probably reduced to the greatest extent to random effects (table 10). Properties which are absolutely different from these results we find in case C (significance with the TP-analysis, no significance with the IP-analysis), where we find relatively high frequencies (table 10). This case C contains all the comparisons of treatment means cited above, where the TP-analysis shows a statistically significant difference, which cannot be confirmed in the more exact IP-analysis, where the competitive effects at the borders of neighbouring plots are omitted. The non-consideration of these competition effects at the borders of the plots, e. g. the TP-analysis, which is commonly used in practice, therefore leads to a biased and extremely increased number of statistically significant differences of treatment means. Many treatments are considered as significantly different — but using a more accurate analysis they are not statistically different (quantitative results: see table 10).

X) In a summarizing analysis of all treatments at all 5 locations simultaneously we obtain in each of the 5 years with the IP-analysis a larger total variance than with the TP-analysis. The proportion of the total variability for "error" is larger with the IP-analysis, e. g. with eliminating the competitive effects at the borders of the plots, than with the TP-analysis. Therefore we obtain with this simultaneous analysis of the 5 field-trials as a series of experiments an analogous result like in the discussion of the results of the single locations of the field trials separately. The differences between the two procedures of analysis (TP and IP) related to the proportions of the different sources of variability of the total variability are extremely small using a summarizing simultaneous analysis of all 5 locations as a series of field-trials. Especially for "treatments" and "interaction" these differences are really equal to zero, while these differences between the TP-analysis and the IP-analysis for "locations" and "error" take values, which are somewhat larger. But these differences, however, are also relatively small so that here we cannot draw further conclusions — at least no further conclusions with the aid of the plant material used in this experimental investigation (table 12). The fundamental results found throughout with each of the separate analysis of the different locations — namely the increase of the variability of "treatments" and the reduction of "error" when going from the IP-analysis to the TP-analysis — we therefore do not find this again with the summarizing simultaneous analysis of all 5 locations as a series of field-trials (explanation: see text). The values of the different variance components as well as their changes in time are analysed and discussed thoroughly for the time of investigation from 1959 till 1971; especially the extreme reduction of the proportion of variability for "treatments" and the very large increase of the proportion of variability for "locations" (table 12).

Finally the numerical values of the variance components for "error" and for "treatments" drawn from the simultaneous analysis of the 5 locations as a series of field-trials were compared with the corresponding values drawn from the single analysis of each of the different locations separately (tables 13 and 14). The most remarkable result with this is the extremely strong reduction of the proportion of variability for "treatments" from the first to the second year of study with the simultaneous analysis of the 5 locations as a series of field-trials related to the reduction of this proportion in each of the single analysis of the different locations. Using this simultaneous analysis of all 5 locations as a series of field-trials the treatment-differences, which are dominating by much in the first year of study (in relation to the total variability), are reduced to a very extreme extent in the following years — at the cost of a very strong increase of the proportion of variability for "locations". That means, that in this case the influence of the location prevails by much in relation to the treatment-differences. These results are valid for the TP-analysis as well as for the IP-analysis (discussion: see text).

Literaturverzeichnis

- COCHRAN, W. G., und COX, G. M.: Experimental Designs. Second Edition. John Wiley & Sons, New York—London—Sydney, 1957. — FEDERER, W. T.: Experimental Design. MacMillan, New York, 1955. — GEIDEL, H., und HAUF, W.: Konkurrenzverhältnisse in Mischbeständen. I. Beschreibung eines Modells mit zwei Komponenten und zwei Nachbarpflanzen als Basis für die Entwicklung differenzierter Modelle. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 127, 269—286 (1968). — HÜHN, M.: Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen verschiedenen Genotypen in Pflanzenbeständen. Teile I, II, III, IV und V. Silvae Genetica, Frankfurt/Main, 18, 186—192 (1969); 19, 22—31 (1970); 19, 77—89 (1970); 19, 151—164 (1970); 20, 218—220 (1971). — HÜHN, M.: Untersuchungen zur Konkurrenz in Mischbeständen aus n Komponenten. Teile I, II und III. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 135, 57—77 (1972); 135, 85—106 (1972); 136, 14—24 (1972). — HÜHN, M.: Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen verschiedenen Genotypen in

Pflanzenbeständen. Dissertation an der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universität Hannover, 1—121, 1971. — HÜHN, M.: The competitive environment and its genetic reaction variations. — Papers presented at the second meeting of the working group on quantitative genetics (IUFRO-section 22), August 18—19, 1969, Raleigh/North Carolina, USA; published by the Southern Forest Experiment Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture, New Orleans, Louisiana, USA, pp. 62—86, 1970. — HÜHN, M.: Population genetic studies on phenotypic selection in plant stands with competition. Proceedings of the first meeting of the section „Biometrics in Plant Breeding“ of EUCARPIA, Hannover, 94—103, 1973. — HÜHN, M.: Populationsgene-

tische Untersuchungen zur phänotypischen Selektion in Pflanzenbeständen mit Konkurrenz. Teile I, II, III und IV. *Silvae Genetica*, Frankfurt/Main, 22, 72—81 (1973); 22, 82—90 (1973); 22, 128—135 (1973); 22, 136—145 (1973). — 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. f. Pflanzenzüchtg.* 57, 189—253 (1967). — STERN, K.: Einige Beiträge genetischer Forschung zum Problem der Konkurrenz in Pflanzenbeständen. *Allg. Forst- und Jagd-Ztg.* 140, 253—262 (1969). — STERN, K.: Überlegungen zur optimalen Teilstückgröße in Feldversuchen mit Waldbäumen. *Act. For. Fenn.*, Vol. 2, No. 4, 248—260 (1968).

Personal memories with Professor Klaus Stern

By RYOOKITI TODA

Government Forest Experiment Station
Meguro, Tokyo, Japan

(Received August 1973)

A telegram from Professor ENAR ANDERSSON gave me a great shock on 8th May, 1973. It brought information about the sudden and tragic death of Professor KLAUS STERN.

With deep sorrow I recall my memories on our mutual connection which lasted for about 20 years. Although he has been a good friend of mine during this long period, it was only twice that we met each other face to face.

It was during my stay at the Hørsholm Arboretum in Denmark, 1954 to 1955, that I first recognized his early works in which he intended to make theoretical approach in the study of forest genetics. His articles appeared to me quite fresh and attractive since I myself was in search of certain theories in forest tree improvement. I had then, together with my colleagues in the Government Forest Experiment Station of Japan, just finished the planning of tree breeding programmes and keenly felt the necessity of such studies because of the insufficient knowledge at that time on genetic background of forest tree populations. His early articles were always written in German, and it was a heavy task for me to read his German articles.

At the end of my one-year stay in Europe, I made a study tour through several countries, and spent two or three days at Schmalenbeck in July 1955. Professor W. LANGNER was absent then, and Dr. STERN and another officer — I am sorry but I do not remember his name — kindly showed me around in the Institute of Forest Genetics and also several test plantations and vast private commercial nurseries near Hamburg. I was very glad to become acquainted with him and he also looked to be glad to meet me. Our conversation was, however, not very active because he then had difficulty in speaking English although he could well understand my speaking English. He told me that he grew up in the East Germany and that he recently had started learning to speak English.

After returning to Japan, I could initiate the studies on heritability of several productive traits in *Cryptomeria*. Comparisons between variances of seedling and clonal plantations enabled me to estimate genetic and environmental variances, and it was revealed that heritability values of several important traits were unexpectedly high, provided that the site quality was stratified and macroscopic topographic variation of environmental effects were first eliminated.

The study was almost completed in 1961, and a summary of the results was read at the First World Consultation on Forest Genetics and Tree Breeding, FAO-IUFRO, at Stockholm, 1963, as an invited paper. It was at this conference that I met Dr. STERN for the second time. This time, our situation in English speaking ability was quite contrary to that in the time of our first meeting. In 1955, I had been living only in English for about a year, and I had very little difficulty in speaking and listening English. However, the years spent in Japan largely reduced my ability in English, and his English had been much improved by studying and more frequent practices. In 1963, although I found no difficulty in daily conversation and in making lectures to the audience, it was considerably difficult for me to understand and follow the long speech of other people.

At a session of this conference, I made the lecture with projecting slides. Professor J. D. MATTHEWS from Britain was the chairman, and Dr. STERN was the co-chairman. My lecture was successful, at least I believed so. When my lecture ended, a gentleman stood up and began to address a query to me, which was itself a long speech. I listened to him and tried to catch meaning of his speech but the effort was only successful for his first or second sentences. When his speech came to the end, I had to confess to the chairmen that I did not follow at all what was asked by the questioner. Thus, Dr. STERN did answer to the query on my behalf, while I myself was sitting quietly.

By the reorganization of IUFRO which was decided at the Gainesville Congress in 1971, Dr. STERN and I were designated to the positions of the Leader and Deputy Leader of the Genetics Subject Group (S2.04), respectively. Since then, I ought to have been assisting or supporting his activities, but very little was done by me in these relations. Only the success of the Tokyo Meeting of the Subject Group in 1972 pleased him, to which he himself intended to attend but failed. I regret very much that he finally could not visit Japan where he could have found various interesting things.

The Genetics Subject Group of the IUFRO is seriously damaged by the loss of its excellent Leader. I sincerely miss him for his strong leadership and his dynamic activity. However, the damage will surely be overcome in time, I believe, by the efforts of the members of the Subject Group, especially of the young scientists among them.