

ALLENDORF, and G. M. BLAKE: Inheritance of isozyme variation and heterozygosity in *Pinus ponderosa*. *Biochemical Genetics* 17 (3/4) 233–250 (1979). — SCHAAL, B. A.: Population structure and local differentiation in *Liatris cylindracea*. *Am. Nat.* 109: 511–528 (1975). — SCANDALIOS, J. G.: Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: a review. *Biochemical Genetics* 3: 37–79 (1969). — SOKAL, R. R. and F. J. ROHLF: *Biometry*. W. H. Freeman and Company. San Francisco (1969). — SORENSON, F. C. and J. F. FRANKLIN: Influence of year of cone collection on seed weight and cotyledon

number in *Abies procera*. *Silvae Genetica* 26 (1) 41–43 (1977). — WAHLUND, S.: Zusammensetzung von Populationen und Korrelationserscheinungen vom Standpunkt der Vererbungslehre aus betrachtet. *Hereditas* 11: 65–106 (1928). — WRIGHT, S.: Isolation by distance. *Genetics* 28: 114–138 (1943). — WRIGHT, S.: The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15: 323–354 (1951). — WRIGHT, S.: The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution* 19: 395–420 (1965).

Nachbarschaftswirkungen in jungen Fichten-Provenienzflächen

Von E. J. GÄRTNER*)

(Eingegangen 13. Juli 1981)

Zusammenfassung

Am Material des breit angelegten Hessischen Fichten-Provenienzversuches wird deutlich, daß die Vielfalt der Provenienzunterschiede auch solche der Reaktion auf Nachbarschaftswirkungen einschließt. Diese treten sowohl bei Konkurrenzwirkungen innerhalb von Flächen der Provenienzen als auch bei der Reaktion auf veränderte Wuchsbedingungen an Parzellenrändern auf.

Im Jungwuchs- und Dickungsalter sind sowohl für die Konkurrenzwirkungen innerhalb einer Provenienzfläche als auch für die Randwirkungen keine Provenienzunterschiede festzustellen. Der Anbau in Tief- oder Hochlagen führt ebenfalls zu keiner nachweisbaren Differenzierung zwischen den Provenienzen.

Wenn Fichtenbestände den Bestandesschluß erreicht haben und damit eine Beeinträchtigung des Wuchsraumes der Einzelbäume beginnt, zeichnet sich für die Hochlagen-Provenienzen eine starke Zunahme des Konkurrenzinflusses innerhalb der Provenienzflächen ab. Dieser ist besonders ausgeprägt, wenn diese Provenienzen in Tieflagen angebaut werden. Bei Tieflagen-Provenienzen treten auch im beginnenden Stangenholzalter derartige Konkurrenzinflüsse noch nicht klar hervor.

Die Reaktion auf Nachbarschaftswirkungen am Rande von Provenienzflächen zeigt die gleiche Tendenz wie die der Reaktion auf Nachbarschaftswirkungen innerhalb von Provenienzflächen. Im Jungwuchs- und Dickungsalter sind die Mittelhöhen von Parzellenrändern und Parzellenkernen gleich. Mit dem beginnenden Stangenholzalter ist ein gesicherter Einfluß der Randwirkungen festzustellen. Bei getrennter Betrachtung von Hochlagen-Provenienzen und Tieflagen-Provenienzen sind die Parzellenränder signifikant gesichert um etwa 2% höher als die Parzellenkerne. Erfolgt eine Aufgliederung nach kombinierten Provenienzgruppen und Versuchsorten dann ist dieser Unterschied nur für Hochlagen-Provenienzen auf Tieflagen-Versuchsarten gesichert nachweisbar. Damit wird die bei den Konkurrenzwirkungen innerhalb der Parzellen bei Hochlagen-Provenienzen festgestellte früher einsetzende Differenzierung bestätigt.

Bei der Auswertung von Fichten-Versuchen ist im Jungwuchs- und Dickungsalter ein Ausscheiden von Randreihen nicht erforderlich. Mit Beginn des Stangenholzalters tritt eine Zunahme der Durchschnittshöhe der Randreihen gegenüber derjenigen der Parzellenkerne ein, die jedoch für alle Provenienzen einheitlich und zunächst gering ist. Eine Beschränkung der Auswertung auf die Parzellenkerne erscheint daher bei Fichtenversuchen mit größeren Parzellen erst mit Beginn des starken Stangenholzalters notwendig. Bei kleineren Parzellengrößen (unter 50 Bäumen) üben die Randwirkungen jedoch einen so großen Einfluß aus, daß

bereits im Stangenholzalter eine Ausscheidung der Randbäume erforderlich wird.

Schlagworte: Fichtenprovenienzen, Nachbarschaftswirkungen innerhalb und zwischen Parzellen, Parzellengröße

Summary

Evaluation of the comprehensive Hessian Norway Spruce Provenance Trial shows that differences between provenances exist also with respect to reaction against effects of neighbourhood. These become apparent when investigating competition within plots as well as modification of growth conditions at plot borders.

During the sapling stage no differences related to provenances can be observed with respect to competition within plots and effect of border conditions. Neither causes cultivation at low or high elevation a measurable differentiation between provenances.

When Norway Spruce stands reach the age of crown closure and consequently competition between individual trees starts, a considerable increase of the effects of competition within the plots can be observed for high-elevation-provenances. This becomes specifically apparent when these provenances are cultivated at low elevation. For low-elevation-provenances such influences are not apparent even at the small pole stage.

The reaction on influences of neighbourhood at the plot borders shows the same trends as that on competition within provenance plots. During the sapling stage average heights of centre plot and border areas are equal. At the beginning of the pole stage a significant border effect can be observed. Assessing high-elevation-provenances and low-elevation-provenances separately the average height of border trees exceeds significantly that of the plot centre heights by 2%. If the material is classified according to the combination of provenance and cultivation groups this difference is significant only for high-elevation-provenances cultivated at low elevation. This confirms that fact of early differentiation of high-elevation-provenances already observed with respect to competition within plots.

Deletion of border tree rows is not necessary for the evaluation of Norway Spruce trials during the sapling stage. With the beginning of the small pole stage the average height of the border tree rows exceeds that of the plot centres, but this superiority is equal for all provenances and small at the beginning. Deletion of the border tree rows seems, therefore, to be necessary for Norway Spruce trials with larger plots only after beginning of the big pole stage. If smaller plots are used (less than 50 trees) the influence of border effects is such that already at the small pole stage deletion of border tree rows is required.

Key words: Norway Spruce provenances, effects of neighbourhood within and between plots, size of research plots.

*) Hessische Forstliche Versuchsanstalt, Institut für Forstpflanzenzüchtung, Prof. Oelkers Str. 6, D-3510 Hann. Münden 1

Einleitung

In den zurückliegenden Jahrzehnten ist durch die Provenienzforschung eine Fülle von Informationen über die Variation von Wuchsmerkmalen innerhalb der Waldbaumarten verfügbar geworden. Vor allem bei den Baumarten mit einem großräumigen natürlichen Verbreitungsgebiet haben sich Standortstrassen (Provenienzen) gebildet, deren erblich festgelegte Unterschiedlichkeit bei einer Vielfalt von Eigenschaften wie beispielsweise Wuchsleistung, Resistenzverhalten oder Qualitätsmerkmalen aber auch Standorttoleranz oder Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen der Umweltbedingungen hervortritt.

Es ist eines der wesentlichen Kennzeichen der Entwicklung eines Bestandes, daß einzelne Bestandeglieder im Laufe des Bestandeslebens in eine andere soziologische Baumschicht aufsteigen oder absinken. Dieses Umsetzen ist besonders stark in den jüngeren Altersklassen. In unbeeinflussten Beständen ist es abhängig von der erblichen Veranlagung sowohl des betrachteten Einzelbaumes als auch der seiner unmittelbaren Nachbarbäume und den oft nur geringen Unterschieden des individuellen Wuchsräumens, die vor allem auf der Variation von Standortverhältnissen und Standflächen beruhen. Diese Zusammenhänge wurden eingehend von STERN sowohl aus dem Blickwinkel theoretischer Grundmuster (1965) als auch dem praktischer Beispiele bei Kiefer und Fichte (1966) dargelegt und in eine umfassende Literaturlauswertung über Konkurrenzprobleme in Pflanzenbeständen einbezogen (STERN 1969).

Für die Bestandespflege als gezielte Beeinflussung der Wuchsentwicklung der Einzelbäume und damit des Bestandes als Ganzheit sowie die phänotypische Auswahl von Ausgangsmaterial für Züchtungsprogramme kann die Kenntnis über das Ausmaß der Nachbarschaftswirkungen wichtige Hinweise für die praktische Arbeit geben, denn die Nachbarschaftswirkungen verschleiern die genetisch bedingten Leistungsdifferenzen (HÜHN 1971). Eingehende populationsgenetische Untersuchungen haben gezeigt, daß Konkurrenzigenschaften und Konkurrenzverhalten als Elemente der Nachbarschaftswirkungen wie quantitativ-genetische Merkmale aufgefaßt und behandelt werden können. Es eröffnen sich damit Möglichkeiten, die Auswirkungen phänotypischer Selektion auf Genhäufigkeiten und Selektionsgewinn quantitativ herzuleiten (HÜHN 1973).

Bei einer mehr waldbaulich-forstgenetisch ausgerichteten Betrachtung dieser Probleme liegt die Annahme nahe, daß die Reaktion auf Nachbarschaftswirkungen wie andere Merkmale Provenienzunterschiede aufweist. Derartige Informationen sind bei einer wirtschaftlich so bedeutsamen Baumart wie Fichte von besonderem Interesse. Im ersten Abschnitt dieser Arbeit wird daher untersucht, ob bei Fichte provenienzgebundene Unterschiede in der durchschnittlichen Reaktion von Einzelbäumen auf ihre Nachbarschaft auftreten.

Für den Einzelbaum erfordert die Erfassung dieser Reaktion einen vielfältigen Vergleich mit anderen Einzelbäumen. Dies ist in eindeutiger Form nur mit vegetativ vermehrtem und damit genetisch definierten Versuchsmaterial möglich. Da die vegetative Vermehrung von Fichte im großen Maßstab erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit möglich ist, stehen entsprechend angelegte Versuchsanbauten im Jungbestandsalter für die Klärung dieser Teilfrage noch nicht zur Verfügung.

Die verfügbaren Ergebnisse der Fichtenprovenienzversuche zeigen, daß erhebliche Unterschiede in der Wuchsleistung zwischen Provenienzen bestehen. Bei der Anlage derartiger Versuche ist es von großer Bedeutung, Versuchs-

flächen mit möglichst einheitlichen Standortverhältnissen zu finden. Unter den in den Mittelgebirgen Zentraleuropas vorherrschenden Bedingungen kann dies im allgemeinen nur für Flächen bis etwa 3 ha Größe erwartet werden (SCHÖBER 1961). Man ist daher auf diesen Standorten gezwungen mit möglichst kleinflächigen Parzellen zu arbeiten.

Um bei der statistischen Auswertung aussagefähige Ergebnisse zu erhalten, ist eine möglichst geringe Restvarianz anzustreben. Diese wird entscheidend von der Homogenität des Materials je Prüfglied und der Flächengröße der Einzelparzelle bestimmt. Es ist daher erforderlich, unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte im Hinblick auf Versuchsziel und Versuchsdauer einen Kompromiß hinsichtlich Anzahl der zu prüfenden Einheiten und der Größe der Einzelparzellen zu finden (BERGEL 1973).

Die mit zunehmendem Alter fortschreitende Differenzierung des Versuchsmaterials führt zu einer wechselseitigen Beeinflussung benachbarter Parzellen, die vor allem die Randreihen betrifft. Liegt eine Parzelle an Wegen oder geringer bestockten Trennstreifen, werden die Wuchsbedingungen der dort stehenden Randbäume durch die Vergrößerung der Standfläche beeinflusst. Für die Baumart Lärche wurde nachgewiesen, daß in der Jungbestandsphase die Bäume der an Wegen oder Trennstreifen liegenden Randreihen gegenüber denen der verbleibenden Restflächen der Parzellen größere Baumhöhen und Brusthöhendurchmesser aufweisen (BERGEL 1973; HAASEMANN 1975). Für Fichte der gleichen Altersstufen zeigen die von HÜHN (1974) durchgeführten Untersuchungen, daß die Nichtberücksichtigung der Wirkungen der Parzellenränder auf die Konkurrenzsituation in den Parzellen zu verzerrten Ergebnissen führen kann. Die Beeinflussung der für Konkurrenzverhältnisse kennzeichnenden Parzellenwerte durch unterschiedliche Parzellengröße führt nach STERN (1968) zu dem Schluß, daß mittlere bis größere Parzellen bei langfristigen Versuchen mit Waldbaumarten am vorteilhaftesten sind. Um festzustellen, in welcher Form derartige Zusammenhänge bei Fichtenprovenienzen auftreten, wird im zweiten Teil dieser Arbeit auf Nachbarschaftswirkungen zwischen Parzellen und Einflüsse unterschiedlicher Parzellengröße eingegangen.

Versuchsmaterial

Für die Untersuchung der dargelegten Fragestellungen wird der Hessische Fichtenprovenienzversuch des Institutes für Forstpflanzenzüchtung der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt verwendet. Dieser 1959 ausgesäte Versuch umfaßt 15 autochthone Provenienzen der wichtigsten Teile des zentraleuropäischen Fichtengebietes und 5 des nordosteuropäischen Fichtengebietes (SCHMIDT-VOGT 1977) sowie 7 nicht autochthone Sonderherkünfte des Herkunftsgebietes „Westdeutsches Bergland“. Der Versuch wurde 1964 auf 15 Versuchsflächen nach einheitlichem Versuchsplan als ein Dreisatzgitter ausgepflanzt. Die Parzellen wurden im Verband von $1,5 \times 1,5$ m mit jeweils 100 Pflanzen ohne Trennstreifen zu den Nachbarparzellen angelegt. Eine zusammenfassende Auswertung der Aufnahmen im Alter 9, 12 und 17 bestätigt die Differenzierung der Provenienzen nach Wüchsigkeit, Austriebsverhalten und holzanatomischen Merkmalen (GÄRTNER 1980). Für die hier vorliegenden Untersuchungen bis zum Alter 17 wurden 21 Provenienzen berücksichtigt, 3 Versuchsflächen wurden wegen der zu hohen Ausfälle ausgeschieden (Tab. 1). Die umfangreichen Rechenarbeiten wurden im Rahmen des laufenden Auswertungsprogrammes der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt von Herrn J. RAPP unter Verwendung von Standardprogramm Paketen

und hauseigenen Sonderprogrammen auf einer Großrechenanlage (UNIVAC-1108) der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH in Göttingen durchgeführt. Herr Prof. Dr. M. HÜHN, Universität Kiel, unterstützte die Arbeit dankenswerterweise durch Beratung in der Auswertungsmethodik.

Nachbarschaftswirkungen innerhalb von Parzellen

Grundmuster

Für die Beeinflussung der Entwicklung eines Baumes in einem Bestand durch äußere Gegebenheiten sind Standortverhältnisse, Größe seiner Standfläche, Konkurrenzwirkung der Nachbarbäume und die komplexen Wechselwirkungen zwischen diesen Größen entscheidend (STERN 1966). Da das Untersuchungsmaterial in einem einheitlichen Quadratverband ausgepflanzt worden war und im Auswertungszeitraum keine Stammzahlverminderung durch Lässerungen oder Durchforstungen vorgenommen wurde, ist der Einfluß der Standfläche als Element der Nachbarschaftswirkung hier keine Variationsursache, die sonst zu berücksichtigen wäre.

Für die Interpretation der verbleibenden Einflüsse von Standort und Konkurrenz ist als Grundmuster anzunehmen, daß das Wachstum eines Baumes umso mehr von seinen Nachbarn beeinflusst wird, je einheitlicher die kleinräumigen Standortverhältnisse sind. Dies kann bei einem Pflanzenabstand von 1,5 m für die unmittelbare Nachbarschaft angenommen werden. Bleibt die genetisch bedingte unterschiedliche Reaktion der Einzelbäume auf Umwelteinwirkungen im Rahmen dieser auf Provenienzeinflüsse ausgerichteten Untersuchung unberücksichtigt, ist aus der Sicht der Standortverhältnisse zu erwarten, daß ein Baum um so höher ist, je höher im Durchschnitt seine Nachbarn sind und daß damit eine positive Korrelation zwischen diesen beiden Größen besteht (STERN 1966).

Diese Situation ist vor allem für die Jungwuchsphase wahrscheinlich, da sich in diesem Entwicklungsstadium Nachbarbäume noch nicht durch Beanspruchung des gleichen Wuchsräume in und über dem Boden beeinträchtigen. Mit Einsetzen des Bestandesschlusses beginnt diese Beeinträchtigung und es ist in zunehmendem Maße zu erwarten, daß ein Baum um so höher ist, je mehr er seine Nachbarn unterdrückt und deren Durchschnittshöhe damit gering ist.

Im umgekehrten Fall ist zu erwarten, daß er um so niedriger ist, je höher und wuchskräftiger seine Nachbarn sind. Derartige Beziehungen kommen in einem negativen Korrelationskoeffizienten zwischen der Höhe des betrachteten Einzelstammes und der Durchschnittshöhe seiner Nachbarn zum Ausdruck und verdeutlichen, daß kleinflächig die Konkurrenzinflüsse gegenüber den Standorteinflüssen in den Vordergrund treten.

Aufgrund dieser Erwägung wurde je Provenienz und Versuchsort für insgesamt 190 Auswertungseinheiten die Korrelation zwischen der Höhe der Einzelbäume und der arithmetischen Mittelhöhe der Nachbarn berechnet. Für die „engere Nachbarschaft“ wurden nur die entsprechend dem Quadratverband im Abstand von 1,5 m über Kreuz stehenden 4 unmittelbaren Nachbarbäume herangezogen, während für die „weitere Nachbarschaft“ zusätzlich auch die 4 diagonal und damit etwas entfernter stehenden, aber den Wuchsräume des betrachteten Baumes noch berührenden Nachbarn berücksichtigt wurden.

Bedeutung von engerer und weiterer Nachbarschaft

Bei einer Betrachtung der von den Nachbarbäumen ausgehenden Konkurrenzwirkungen liegt die Annahme nahe,

daß die engere Nachbarschaft einen größeren Konkurrenzinfluß hat als die weitere. Wenn diese Annahme zutrifft, müssen die Korrelationskoeffizienten für die engere Nachbarschaft vergleichsweise niedriger sein als die entsprechenden Werte für die weitere Nachbarschaft. Bei dem benutzten Versuchsmaterial trifft dies im Alter 9 noch für 48% der untersuchten Parzellen, im Alter 17 jedoch nur noch für 44% der Fälle zu. Die gleiche Tendenz wird dadurch deutlich, daß im Alter 9 die Zahl der Parzellen mit negativen Korrelationskoeffizienten für engere und weitere Nachbarschaft gleich ist (20% der Parzellen), während dieser Anteil im Alter 17 bei der weiteren Nachbarschaft mit 33% etwas über dem für die engere Nachbarschaft (30%) liegt. Die angeführte Annahme wird damit nicht bestätigt und es erscheint notwendig, bei jungen Fichtenbeständen für Untersuchungen über Nachbarschaftswirkungen die „weitere Nachbarschaft“ zu betrachten. Die folgenden Auswertungsergebnisse beziehen sich daher stets auf die weitere Nachbarschaft.

Provenienzeinflüsse allgemein

Die je Provenienz und Versuchsort hergeleiteten Korrelationskoeffizienten schwanken für die betrachtete Zeitspanne zwischen 9 und 17 Jahren im wesentlichen im Bereich von + 0,5 bis - 0,5. Bei einer Aufgliederung in 5 Klassen sind die Klassenhäufigkeiten der Klassen „+ 0,1 und größer“ im Alter 9 und 12 insgesamt gleich, fallen jedoch im Alter 17 um etwa 15% ab (Abb. 1). Dieser Abnahme entspricht im letztgenannten Alter eine erhebliche Zunahme im Bereich der Korrelationskoeffizienten zwischen + 0,1 und - 0,1 und in geringerem Umfang bei den stärker negativen Koeffizienten. Die Konkurrenzeffekte treten offensichtlich mit dem Eintritt in das Stangenholzalder verstärkt in Erscheinung.

Für eine aussagefähige Verdichtung des umfangreichen Versuchsmaterials wurden die Korrelationskoeffizienten für die Altersstufen entsprechend ihrem Vorzeichen jeweils in 2 Gruppen zusammengefaßt. Der auf die Gesamtzahl bezogene Prozentanteil der Gruppe mit negativem Vorzeichen vermittelt eine standardisierte Aussage über die Bedeutung der Konkurrenzeffekte. Für das zusammengefaßte Material ergibt sich erst im Alter 17 eine eindeutige Zunahme des Anteils der negativen Korrelationskoeffizienten, der von 23% auf 31% ansteigt (Abb. 2.1). In der Zeitspanne zwischen den beiden begrenzenden Aufnahmen (Alter 9 und 17) vollzog sich der Übergang vom Jungwuchs zum

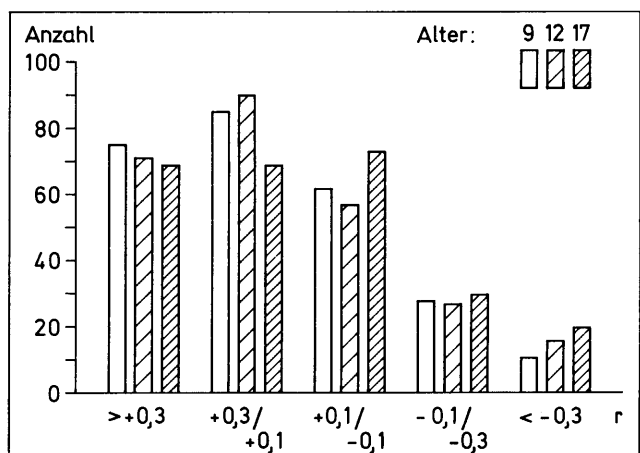


Abb. 1 — Häufigkeitsverteilung der Korrelationskoeffizienten (r) im Alter 9, 12 und 17

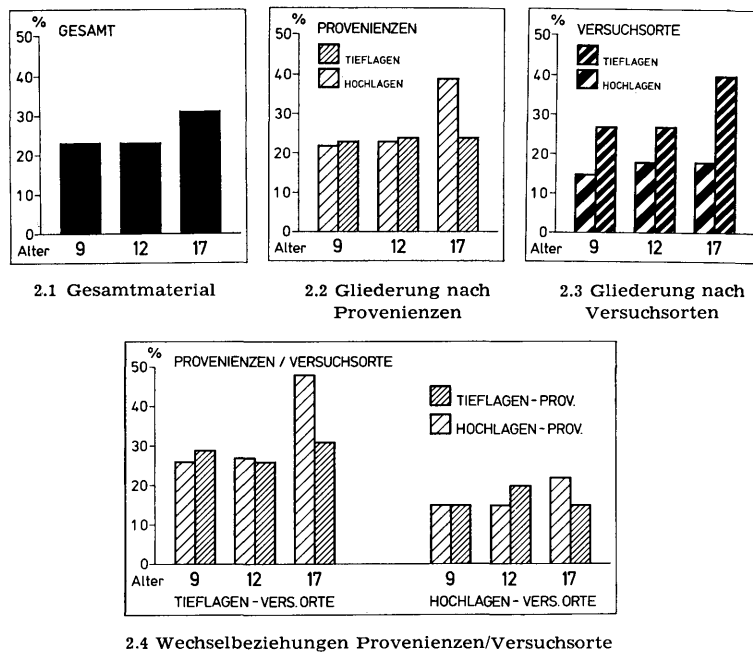


Abb. 2. — Prozentanteile negativer Korrelationskoeffizienten im Alter 9, 12 und 17

Stangenholz, gekennzeichnet durch das Eintreten des vollständigen Bestandesschlusses auf allen Parzellen und weitgehend beginnender Astreinigung. Die damit verstärkt einsetzende Konkurrenz kommt in den Korrelationsbeziehungen klar zum Ausdruck.

Entsprechend der Zielsetzung eines Provenienzversuches ist eine Differenzierung der Durchschnittsergebnisse nach Provenienzen oder Provenienzgruppen von besonderem Interesse. Das untersuchte autochthone Material wurde in Provenienzen mit einem Ursprung über 700 m NN (Hochlagen-Provenienzen) und solchen mit Ursprung darunter (Tieflagen-Provenienzen) aufgliedert (Tab. 1). Die nicht autochthonen Provenienzen wurden wegen des im allgemeinen als wahrscheinlich anzusehenden Ursprunges der Gruppe den Tieflagen-Provenienzen zugeordnet. Darstellung 2.2 läßt erkennen, daß die Zunahme der Konkurrenzeffekte im Alter 17 eindeutig nur bei den Hochlagen-Provenienzen auftritt und bei dieser Gruppe von dem allgemeinen Durchschnittswert von 23% auf 39% ansteigt. Für die Tieflagen-Provenienzen bleibt der Konkurrenzeinfluß unverändert, der standardisierte Anteil der Korrelationskoeffizienten mit negativem Vorzeichen ist mit 24% gleich dem der Tief- und Hochlagenprovenienzen im Jungwuchstadium.

Standortbezogene Provenienzeinflüsse

Für die noch weitergehende Differenzierung der Konkurrenzeffekte nach Standorteinflüssen wurden die Versuchsorte nach natürlichen Wuchszonen als einer gesamtgesellschaftlichen Charakterisierung der ökologischen Bedingungen (LEITFADEN ZUR STANDORTSERKUNDUNG IM HESSISCHEN STAATSWALD - LS 63 - 1963) aufgliedert. Dabei wurden die in der randlichen Eichen-Mischwaldzone und in den Buchen-Mischwaldzonen liegenden Versuchsorte zu einer Gruppe zusammengefaßt (Tieflagen), während die in den Buchenzonen liegenden Versuchsorte die andere Gruppe bilden (Hochlagen, vgl. Tab. 1). Die standardisierten Anteile der negativen Korrelationskoeffizienten sind für die Hochlagen eindeutig geringer (Abb. 2.3) und in der betrach-

teten Entwicklungsspanne nahezu unverändert. Für die Tieflagen ergeben sich bereits im Jungwuchs- und Dikungsstadium um etwa 70% höhere Werte, die im beginnenden Stangenholzalter sehr stark ansteigen und im Alter 17 mehr als das Doppelte des Wertes für die Hochlagen erreichen.

Besonders aufschlußreich ist jedoch die Wechselwirkung zwischen Provenienz- und Standortgruppen (Abb. 2.4). Die Bedeutung der Konkurrenzeffekte innerhalb der Hochlagenprovenienzen wird für beide Standortgruppen deutlich, ist jedoch nur auf den Tieflagen-Versuchsorten im Stangenholzalter von ausschlaggebender Bedeutung. Der

Tabelle 1. — Versuchsmaterial und Versuchsorte

P_r_o_v_e_n_i_e_n_z_e_n

Hochlagen*		Tieflagen*	
Name	Seehöhe m	Name	Seehöhe m
Zwiesel I, 5	1000	Cottbus	60
Zwiesel V, 1	1250	Westerhof 53	200
Oderhaus	700	Westerhof 78	200
Oberhof	840	Rothenkirchen	450
Lenzkirch	1160	Lauterbach (n.a.)	650
Schluchsee	1050	Chausseehaus (n.a.)	550
Reit im Winkel	950	Stryck (n.a.)	700
Partenkirchen	1650	Rötgen (n.a.)	450
Valle di Fiemme	1800	Kastellaun (n.a.)	450
Val Visdende	1500	Dieburg (n.a.)	140
		Burgjoß (n.a.)	470

V_e_r_s_u_c_h_s_o_r_t_e

Hochlagen* (Buchenzonen)		Tieflagen* (Randliche Eichen-Mischwaldzone, Buchen-Mischwaldzonen)	
Forstamt	Seehöhe m	Forstamt	
Hofbieber	850	Reinhardshagen	375
Willingen	750	Hatzfeld	500
Königstein	640	Biebergemünd	425
Hermeskeil	655	Homburg/Ohm	310
Idar-Oberstein	650	Chausseehaus	360
		Seeheim	330
		Nentershausen I	360

* Erläuterung im Text
(n.a.) nicht autochthon

Anteil der negativen Korrelationskoeffizienten steigt für diese Untergruppierung von 27% im Alter 12 auf 48% im Alter 17. Die Werte für die Tieflagen-Provenienzen schwanken sowohl für Tieflagen- als auch Hochlagen-Versuchsorte ohne eindeutige Tendenz, sie sind jedoch für Hochlagen insgesamt etwas niedriger.

Nachbarschaftswirkungen zwischen Parzellen

Für die Erfassung der Nachbarschaftswirkungen zwischen Parzellen wurden alle Parzellen mit Ausfällen unter 10% in einen Randring von 36 Bäumen und den verbleibenden Parzellenkern von 64 Bäumen aufgegliedert. Damit ergaben sich für die Parzellenmittelwerte der verschiedenen Gruppierungen zwei Stichproben mit unterschiedlicher Größe der Einzelbeobachtung. Im Alter 12 konnten in dieser Weise insgesamt 403 Parzellen ausgewertet werden, während für das Alter 17 aufgrund der zwischenzeitlich eingetretenen natürlichen Ausfälle noch 351 Parzellen zur Verfügung standen.

Die überwiegend nahezu quadratischen Flächen des Hessischen Fichten-Provenienzversuches wurden einheitlich ohne Trennstreifen zwischen den Parzellen jedoch mit einem zentral angeordneten weitständig gepflanzten Kreuz von Kontrollmaterial angelegt. Eine Standflächenerweiterung ist daher für die Randbäume gegeben, die an den Außengrenzen der Versuchsflächen oder an dem Kontrollkreuz stehen. Bis auf die wenigen Parzellen an den Eckpunkten wird in dieser Weise von den Randparzellen jeweils nur eine Seite, insgesamt höchstens ein Viertel der Gesamttrandlänge aller Parzellen einer Versuchsfläche betroffen. Eine Aufgliederung der Parzellenränder in solche mit und ohne Standflächenerweiterung erscheint unter diesen Voraussetzungen nur dann sinnvoll, wenn größere Wuchsunterschiede zwischen Randring und Parzellenkern auftreten.

Für das Gesamtmaterial sind im Alter 12 die Durchschnittshöhen von Randringen und Parzellenkernen gleich (Tab. 2). Bei einer Aufgliederung nach Provenienzen und Versuchsorten sowie Hochlagen und Tieflagen deuten sich ganz geringe Unterschiede dahingehend an, daß für Hochlagen-Provenienzen die Randringe um 0,4% niedriger sind

Tabelle 2. — Mittelhöhen der Randringe und der Parzellenkerne

	Versuchsorte								Insgesamt	
	Hochlagen				Tieflagen				Alter 12	Alter 17
	Alter 12	Alter 17	Alter 12	Alter 17	Alter 12	Alter 17	Alter 12	Alter 17		
\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	\bar{h} P-Kern cm	%*	%*	
Hochlagen-Proven.	179,0	99,4	420,9	101,5	233,4	99,7	500,2	102,3	99,6	102,0
Tieflagen-Proven.	212,9	100,6	504,6	102,4	238,4	100,2	564,9	102,5	100,4	102,5
Insgesamt	179,0	100,0	420,9	101,9	233,4	99,9	500,2	102,4	99,94	102,23

$$\% * : \frac{\bar{h} - \text{Randring}}{\bar{h} - \text{Parzellenkern}} \cdot 100$$

als die Parzellenkerne. Bei den Tieflagen-Provenienzen hingegen sind die Randringe um 0,4% höher. Die Versuchsorte haben keinen Einfluß.

Bis zum Alter 17 ändert sich jedoch die Situation. Bei allen Untergruppen sind die Mittelhöhen der Randringe im Durchschnitt um 2% höher als die Parzellenkerne. Dabei liegen die Werte für die Hochlagen sowohl der Provenienzen als auch der Versuchsorte etwas niedriger als die Werte für die Tieflagen. Beziehungen zwischen der Parzellenmittelhöhe und der Differenz zwischen Randring und Parzellenkern ergaben sich aber weder für die Provenienzen ins-

gesamt noch für die Parzellenwerte innerhalb der Provenienzen.

Bei einer varianzanalytischen Betrachtung sind sowohl für das Gesamtmaterial als auch für alle Untergruppen die Effekte von Provenienz und Versuchsort gesichert. Der Effekt der Randstellung ist für die zusammenfassenden Gruppen Hochlagen-Provenienzen, Tieflagen-Provenienzen und Tieflagen-Versuchsorte gesichert (Tab. 3). Für die Untergruppen, die sich aus der Kombination von Provenienzen und Versuchsorten ergeben, ist analog zu den Nachbarschaftswirkungen innerhalb der Parzellen die Absicherung der Randstellung als Einflußgröße nur bei den Hochlagen-Provenienzen an Tieflagen-Versuchsorten gegeben.

Tabelle 3. — Absicherung der Unterschiede zwischen Mittelhöhen von Randringen und Parzellenkernen im Alter 17

	Hochlagen-Versuchsorte	Tieflagen-Versuchsorte	Provenienzen
Hochlagen-Provenienzen	P 0,3 n.s.	P 0,04 *	P 0,016 *
Tieflagen-Provenienzen	0,1 n.s.	0,058 n.s.	0,013 *
Versuchsorte	0,61 n.s.	0,006 **	0,001 ***

P: Überschreitungswahrscheinlichkeit

*** $P \leq 0,001$

** $0,01 \leq P < 0,001$

* $0,05 \leq P < 0,01$

n.s. $P > 0,05$, nicht signifikant

Um einen näheren Einblick in die Struktur der Unterschiede zwischen den Mittelwerten für die Gesamtparzellen und denen für die Parzellenkerne ohne Randringe zu erhalten, wurde in Anlehnung an das von HÜHN (1974) verwendete Verfahren zunächst für jede der 100-Baum-Parzellen das Verhältnis „Gesamtparzelle: Parzellenkern ohne Randring“ als Prozentsatz hergeleitet. Für jede Untergruppe der Provenienzen und der Versuchsorte ist sodann die Zahl der Parzellen errechnet, die auf die einzelnen Abweichungsklassen entfallen. Dabei wurden für die Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen die Werte in Prozenten der jeweiligen Gesamtzahl je Gruppe aufgeführt (Tab. 4).

Es zeigt sich bei dieser auf 100-Baum-Parzellen aufbauenden Auswertung, daß zwischen den Gruppen für Versuchsorte und „Gesamt“ keine bedeutsamen Unterschiede bestehen. Nur für etwa 3% der Fälle weicht der Mittelwert

Tabelle 4. — Prozentuale Verteilung der Abweichungen der Mittelwerte der Gesamtparzellen von 100 oder 36 Bäumen von denen der jeweiligen Parzellenkerne von 64 bzw. 16 Bäumen im Alter 17

Abweichungs-klasse	Hochlagen-Proven. 100 * 36*	Tieflagen-Proven. 100 * 36*	Hochlagen-Vers.Orte 100 * 36*	Tieflagen-Vers.Orte 100 * 36*	Gesamt 100 * 36*
0 - 1 %	35 25	43 19	38 23	39 22	39 22
1 - 2 %	35 15	31 15	31 17	34 13	33 15
2 - 3 %	18 16	14 19	20 15	14 19	16 17
3 - 4 %	6 12	4 14	5 7	5 17	5 13
4 - 5 %	3 8	4 10	2 9	5 8	4 9
5 - 7 %	11 9	15 6	15 11	11 6	13 8
7 - 10 %	3 9	4 6	4 11	3 6	3 8
> 10 %	4 9	2 6	3 11	4 6	3 8
	N = 196	N = 155	N = 139	N = 212	N = 351

*: Anzahl der Bäume in der jeweiligen Gesamtparzelle
N: Anzahl der Parzellen je Gruppe

für die Gesamtparzelle um mehr als 5% vom Mittelwert des Parzellenkernes ohne Randring ab. Für jeweils nahezu 75% der Fälle liegt eine Abweichung von weniger als 2% vor. Damit bestätigt auch diese Betrachtung, daß bis zum Alter 17 bei 100-Baum-Parzellen eine Verwendung der Mittelwerte der Gesamtparzellen ohne Ausscheiden der Randringe nur zu begrenzten Abweichungen führt.

Da man wegen des verhältnismäßig großen Flächenbedarfes von 100-Baum-Parzellen häufig bemüht ist, Versuche mit kleineren Parzellen anzulegen, wurde als ergänzende Modellrechnung die Parzelle durch ringweise Aussonderung der jeweiligen Randbäume rechnerisch auf eine 36-Baum-Parzelle mit einem Parzellenkern von 16 Bäumen verkleinert. Bei einem Vergleich der Mittelwerte der jeweiligen Parzellenkerne von 64 und 16 Bäumen trat für die Mittelwerte des Gesamtmaterials (351 Parzellenpaare) ein Unterschied von $- 0,4$ cm auf. Für die einzelnen Gruppen und Untergruppen lagen diese Unterschiede zwischen $- 3,5$ cm und $+ 2,7$ cm (Tab. 5). In keinem Falle waren die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der beiden Parzellenkerngrößen gesichert.

Auch bei diesen rechnerisch hergeleiteten 36-Baum-Parzellen wurde in gleicher Weise wie bei den 100-Baum-Parzellen die prozentuale Verteilung der Abweichungen zwischen den Mittelhöhen der Gesamtparzelle und dem jeweiligen Parzellenkern hergeleitet (Tab. 4). Dabei tritt eine erhebliche Zunahme der größeren Abweichungen klar hervor. Während nur noch 37% der Fälle Abweichungen von weniger als 2% aufweisen, steigt dieser Anteil auf 24% für Abweichungen über 5%.

Diskussion

Die Ergebnisse der Fichten-Provenienzforschung lassen in zunehmendem Maße erkennen, daß sich trotz der vielfältigen Unterschiedlichkeit der Provenienzen gewisse regionale und teilweise auch zonale Gruppierungen mit größerer Einheitlichkeit der Merkmalsausbildung innerhalb der Gruppen ergeben. In diesem Zusammenhang sei beispielsweise auf die an vielen Anbauorten bewiesene Wuchsüberlegenheit der Provenienzen aus Nordost-Polen, dem herzynischkarathischem Bergland und den östlichen Karpaten (DIETRICHSON 1979; GÜNZL 1979; WEISGERBER 1979) oder die klinale Variation der kritischen Nachtlänge (DORMLING, 1979) oder das späte Austreiben der Provenienzen aus Nordost-Polen (WEISGERBER *et al.* 1976) hingewiesen. Klare Unterschiede nach Höhengürteln für Fichten des Alpenraumes haben sich beispielsweise für Höhenwuchs und Winterruhe ergeben (HOLZER und NATHER 1974) und ermöglichen die Zuordnung von Saatgut aus diesem Gebiet zu Höhenzonen. Obwohl der Hessische Fichten-Provenienzversuch nur eine begrenzte Anzahl autochthoner Provenienzen umfaßt, erscheint für die Untersuchungen über mögliche Provenienzeinflüsse auf Nachbarschaftswirkungen in jungen Fichtenbeständen eine Gruppierung in Hochlagen- und Tieflagen-Provenienzen zweckmäßig und vertretbar. Für die in den Entwicklungsstadien zwischen Jungwuchs- und Stangenholzalder innerhalb der Flächen einer Provenienz auftretenden Nachbarschaftswirkungen durch Konkurrenzeffekte zeigen die Ergebnisse, daß für die Bäume von Hochlagen-Provenienzen bereits im beginnenden Stangenholzalder mit dem Einsetzen einer unmittelbaren Beeinträchtigung des individuellen Wuchsraumes die Konkurrenzinflüsse der den Standort des Baumes berührenden Nachbarbäume deutlich hervortreten. Damit differenzieren sich diese Provenienzen bereits im Stadium des schwachen Stangenholzes sehr viel stärker als die Tieflagen-Provenienzen. Dies trifft

Tabelle 5. — Unterschiede zwischen den Mittelwerten (Höhe) der Parzellenkerne von 64 und 16 Bäumen im Alter 17

	Hochlagen-Versuchsorte	Tieflagen-Versuchsorte	Provenienzen
	cm	cm	cm
Hochlagen-Provenienzen	- 3,54	+ 0,44	- 1,11
Tieflagen-Provenienzen	- 3,02	+ 2,74	- 0,40
Versuchsorte	- 3,30	+ 1,44	- 0,44

besonders bei einem Anbau der Hochlagen-Provenienzen an Tieflagen-Standorten mit ihrem schnelleren Wachstum zu. Bei einer Auswahl von Ausgangsmaterial für Züchtungsprogramme erscheint daher im Stangenholzalder eine Erfassung der Bäume, die ihren Nachbarn in der Wuchslleistung überlegen sind, bei der Untergruppe der Hochlagen-Provenienzen an Tieflagen-Standorten mit größerer Zuverlässigkeit möglich zu sein als bei Tieflagen-Provenienzen allgemein. Die Frage der langfristigen Überlegenheit oder des verminderten Umsetzens dieser Bäume muß dabei jedoch wegen des noch geringen Alters des Versuches und der für langfristige Beobachtungen begrenzten Parzellengröße unbeantwortet bleiben.

Bei einer waldbaulichen Betrachtung dieser Ergebnisse ist aus der Sicht der Konkurrenzeffekte zu berücksichtigen, daß bei einer standortgerechten Provenienzwahl Hochlagen-Provenienzen nicht in Tieflagen angebaut werden und damit ihre unter diesen Standortbedingungen bereits im Stangenholzalder auftretende Differenzierung für das praktische Handeln nicht zum Tragen kommt. Da die Tieflagen-Provenienzen auf den ihnen entsprechenden Standorten noch keine hohen Konkurrenzeffekte zeigen, ist bei einer möglicherweise bereits im frühen Stangenholzalder erforderlichen Standraumregulierung die Anwendung eines schematischen Entnahmepinzips, wie beispielsweise Reihenentnahme, angemessen. Das gleiche gilt für die Behandlung der Hochlagenprovenienzen in Hochlagen, obwohl sich hier bereits eine zunehmende Wirkung des Konkurrenzinflusses und damit eine Differenzierung bemerkbar machen. Eine Stammzahlregulierung nach Entnahmesternen mit einer individuellen Selektion sind in Hochlagen im Hinblick auf die Verminderung der Gefährdung durch Schneebruch ohnehin zweckmäßiger als schematische Entnahmesternen und bieten sich auch vom Gesichtspunkt der Nachbarschaftseinflüsse her an.

Eine zusammenfassende Betrachtung der Nachbarschaftswirkungen zwischen Parzellen läßt erkennen, daß sie bei Fichte im Jungwuchs- und Dickungsalter unbedeutend sind. Es tritt keine eindeutige Förderung der Randreihen durch Standflächenerweiterung oder eine Beeinträchtigung durch höhere Nachbarparzellen ein. Im Stangenholzalder, nach Erlangen des Bestandesschlusses und mit dem Einsetzen der Astreinigung, hingegen wirkt sich für Randbäume eine vergrößerte Standfläche offensichtlich bei allen Provenienzen und auf allen Versuchsorten wuchsfördernd aus. Die Wuchsüberlegenheit der Randringe gegenüber den Parzellenkernen ist bei Tieflagen-Provenienzen unabhängig vom Anbauort etwas höher als bei Hochlagen-Provenienzen. Dies kann auf einen wuchsmindernden Einfluß von höheren Nachbarparzellen auf die niedrigeren Parzellen der Hochlagen-Provenienzen oder die geringere Reaktionsfähigkeit von Hochlagen-Provenienzen auf Standortverbesserungen hinweisen, wie dies für die Benadelungsverhältnisse bereits nachgewiesen wurde (FRÖHLICH 1969).

Bei der Auswertung von Versuchsflächen ist immer erneut zu entscheiden, ob die Nachbarschaftswirkungen zwischen Parzellen einen so großen Einfluß ausüben, daß ein

Ausscheiden der Randbäume für die Herleitung der Berechnungsunterlagen notwendig ist. Der vorliegende, nach Provenienzen und Versuchsorten breit gefächerte und mit 100-Baum-Parzellen angelegte Versuch zeigt, daß bei Fichte bei dieser Parzellengröße im Jungwuchs- und Dickungsalter die Einbeziehung aller Bäume einer Parzelle möglich ist. Mit dem Beginn des Stangenholzaltes treten dann nachweisbare Randwirkungen auf, die jedoch im schwachen Stangenholz nur zu einer Wuchsüberlegenheit der Randbäume von etwa 2% führen.

Werden wesentlich kleinere Parzellen, beispielsweise von 36 Bäumen, benutzt, ergibt sich eine veränderte Situation. Durch die Verminderung der Parzellengröße wird die Bedeutung des Nachbarschaftseinflusses auf den Parzellenmittelwert wesentlich erhöht, denn der relative Anteil der den Nachbarschaftswirkungen ausgesetzten Bäume des Randringes nimmt erheblich zu. Bei einer quadratischen 100-Baum-Parzelle stehen 36% der Bäume im Randring, bei einer 36-Baum-Parzelle sind es bei gleicher Ausformung jedoch 55%. Wird nach der Aussonderung des äußersten Randringes einer Parzelle der verbleibende Parzellenkern rechnerisch weiter ringweise verkleinert, dann bestehen die Nachbarschaften der Bäume nur aus Individuen der gleichen Parzelle. Zwischen Parzellen wirkende Nachbarschaftseffekte werden daher kaum einen Einfluß ausüben. Mittelwertunterschiede zwischen der jeweiligen Gesamtparzelle und des um einen weiteren Ring verringerten Parzellenkernes sind dann Randeinflüsse, die mittelbar durch die Verminderung der Parzellengröße entstehen.

Bei den innerhalb der Parzellen des ausgewerteten Versuches als einheitlich anzusehenden Verhältnissen steigt der Anteil der Fälle auf nahezu 25% an, bei denen bei einer rechnerisch abgegrenzten 36-Baum-Parzelle der Mittelwertunterschied zwischen Randring und Parzellenkern mehr als 5% beträgt. Bedeutsam ist, daß auch bei dieser Modellrechnung keine beachtenswerten Unterschiede zwischen den Gruppenwerten für Provenienzen und Versuchsorte auftreten. Wenn man jedoch berücksichtigt, daß es sich hier um eine rechnerische Parzellenbildung mit der dargelegten Einengung der Randeinflüsse handelt, dann stehen die Ergebnisse voll im Einklang mit den von HÜHN (1974) bei Fichtenversuchen mit tatsächlichen 6×6 -Baum-Parzellen im etwa gleichen Alter ermittelten Anteilen von 40–50% Parzellen mit mehr als 5% Mittelwertunterschieden.

Für die Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte in der Praxis ist es wichtig, daß sich zwischen den Provenienzen nur geringe Unterschiede in der Auswirkung der Randeinflüsse ergeben. Damit erscheint bei Versuchsanlagen mit größeren Parzellen (über 50 Pflanzen) bei Fichte eine Einbeziehung aller Bäume in die Auswertung etwa bis Alter 20 vertretbar. Es ist jedoch zu erwarten, daß mit fortschrei-

tendem Alter die Wuchsunterschiede zwischen Randring und Parzellenkern stärker werden und ein Ausscheiden der Randbäume für Auswertungen zwingend notwendig wird. Sollen Versuche bei Fichte im Stangenholzalter und darüber hinaus ausgewertet werden, ist diese Notwendigkeit der Ausscheidung von Randbäumen oder mehrreihigen Randstreifen bei der Festlegung der Parzellengröße unbedingt zu berücksichtigen.

Literatur

- ANONYMUS: Leitfaden zur Standorterkundung im Hessischen Staatswald (LS 63): Hessische Forsteinrichtungs- und Versuchsanstalt, Gießen (unveröff.) (1963). — BERGEL, D.: Untersuchungen über Randwirkungen in Versuchsflächen im Jungstandsstadium. Forstarchiv 44, 234–237 (1973). — DIETRICHSON, J.: Norway Spruce provenance trials in Nordic Countries; in: Proceedings, IUFRO Norway Spruce Meeting S 2.03.11 - S 2.02.11, Bucharest, 3–14 (1979). — DORMLING, I.: Influence of light intensity and temperature on photoperiodic response of Norway spruce provenances; in: Proceedings, IUFRO Norway Spruce Meeting S 2.03.11 - S 2.02.11, Bucharest, 398–408 (1979). — FRÖHLICH, H. J.: Untersuchungen über Benadelungsverhältnisse an Fichte. Theoret. Appl. Genetics 39, 214–231 (1969). — GÄRTNER, E. J.: Beiträge zur Beurteilung der Jugendentwicklung von Fichtenprovenienzen. Mitt. Hess. Landesforstverw. 15, Frankfurt/M. (1980). — GÜNZL, L.: Internationale Fichten-Provenienzversuche der IUFRO 1938 und 1964/68 sowie Versuche mit österreichischen Herkünften. Allg. Forstztg. 90, 182–190 (1979). — HAASEMANN, W.: Beobachtungen über Nachbarschaftswirkungen in Feldversuchen der Forstpflanzenzüchtung. Beitr. Forstwirtschaft, 98–100 (1975). — HOLZER, K. und NATHER, J.: Die Identifizierung von forstlichem Vermehrungsgut. 100 Jahre Forstl. Bundesversuchsanstalt, 13–42 (1974). — HÜHN, M.: Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen Genotypen in Pflanzenbeständen, V. Phänotypische Selektion und Konkurrenz. Silvae Genetica 20, 218–220 (1971). — HÜHN, M.: Populationsgenetische Untersuchungen zur phänotypischen Selektion in Pflanzenbeständen mit Konkurrenz. Teile I, II, III und IV; Silvae Genetica 22, 72–81, 82–90, 128–135, 136–145 (1973). — HÜHN, M.: Über den Einfluß der Konkurrenz auf die Aussagefähigkeit forstlicher und landwirtschaftlicher Versuche: Experimentelle Ergebnisse aus einer Feldversuchsserie mit Fichtenkreuzungen. Silvae Genetica 23, 77–94 (1974). — SCHMIDT-VOGT, H.: Die Fichte. Hamburg und Berlin (1977). — SCHÖBER, R.: Zweckbestimmung, Methodik und Vorbereitung von Provenienzversuchen. Allg. Forst- u. J. Ztg. 132, 29–38 (1961). — STERN, K.: Vollständige Varianzen und Kovarianzen in Pflanzenbeständen. I. Ein Modell für Konkurrenz zwischen Genotypen. Silvae Genetica 14, 87–91 (1965). — STERN, K.: Vollständige Varianzen und Kovarianzen in Pflanzenbeständen. II. Phänotypische Korrelation zwischen Bäumen in gleichaltrigen Kiefern- und Fichtenbeständen und den sie umgebenden Gruppen von Konkurrenten. Silvae Genetica 15, 6–11 (1966). — STERN, K.: Überlegungen zur optimalen Teilstückgröße in Feldversuchen mit Waldbäumen. Silvae Fennica Vol. 2, 248–260 (1968). — STERN, K.: Einige Beiträge genetischer Forschung zum Problem der Konkurrenz in Pflanzenbeständen. Allg. Forst- und J. Ztg. 140, 253–262 (1969). — WEISGERBER, H. u. a.: Ergebnisse des internationalen Fichten-Provenienzversuches 1962. Teil I: Phänologische Beobachtungen und Höhenwachstum bis zur ersten Freilandaufnahme. Allg. Forst- und J. Ztg. 147, 227–235 (1976). — WEISGERBER, H.: Norway spruce provenance experiments in Central Europe; in: Proceedings, IUFRO Norway Spruce Meeting S 2.03.11 - S 2.02.11, Bucharest, 57–73 (1979).