

Ergebnisse aus dem internationalen Douglasien-Herkunftsversuch von 1970 in der Bundesrepublik Deutschland

Von J. KLEINSCHMIT¹⁾, J. RACZ¹⁾, H. WEISGERBER²⁾, W. DIETZE²⁾, H. DIETERICH³⁾ und R. DIMPFLEMEIER⁴⁾

Arbeitsgemeinschaft der Länderinstitutionen für Forstpflanzenzüchtung in der Bundesrepublik Deutschland

(Eingegangen Juni / November 1974)

1. Zielsetzung

Der Douglasienanbau in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) wird aufgrund der guten Erfolge mit den älteren Anbauten und der hohen Leistungsfähigkeit der Douglasie unter unseren Klima- und Standortverhältnissen erheblich ausgedehnt werden. Der geplante Flächenanteil dürfte in den meisten Bundesländern zwischen 5–20% liegen. Eine so starke Ausdehnung des Flächenanteiles dieser nicht einheimischen Baumart macht eine sorgfältige Anbauplanung und die Auswahl genetisch geeigneten, an unsere Klima- und Standortverhältnisse anpassungsfähigen Materials notwendig. Die älteren Herkunftsversuche in Deutschland und Europa, über die an anderer Stelle berichtet worden ist (KLEINSCHMIT 1973), haben einen Überblick über die für den Anbau bei uns geeigneten Herkunftsgebiete gegeben.

Ziel dieses Versuches ist es:

1. die Ergebnisse der älteren Versuche zu überprüfen;
2. die Variation der Herkünfte innerhalb der großen Herkunftsgebiete zu untersuchen, um ggf. für bestimmte Anbauggebiete und Standortverhältnisse gezielte Anbaupfehlungen geben zu können;
3. Nachkommen guter älterer deutscher Bestände mit in den Vergleich einzubeziehen, um eine Vorstellung davon zu bekommen, woher diese Bestände, deren Herkunft zumeist unbekannt ist, stammen können und ob schon eine Anpassung im Sinne von Landrassen (DE VECCHI 1969) stattgefunden hat.

Die Ergebnisse werden bei künftigen gezielten Beerntungen in den USA und Kanada, wie sie von RACZ (1971) u. a. durchgeführt worden ist, verwendet und für die Nutzung guter alter Bestände in der BRD als Saatgutquellen berücksichtigt.

2. Material

In die Versuche der Züchtungsinstitute der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Niedersachsen sind 111 Herkünfte des IUFRO-Versuches (Abb. 1), darüberhinaus 9 weitere Herkünfte aus British Columbien und 4 Absaaten guter älterer deutscher Bestände einbezogen. Vom IUFRO-Versuch werden nur die südlichen Herkünfte ausgeschlossen, weil diese nach älteren Versuchsergebnissen für den Anbau in der BRD wahrscheinlich ungeeignet sind (KLEINSCHMIT 1973).

3. Methoden

3.1 Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde in 2 Stufen durchgeführt. In der er-

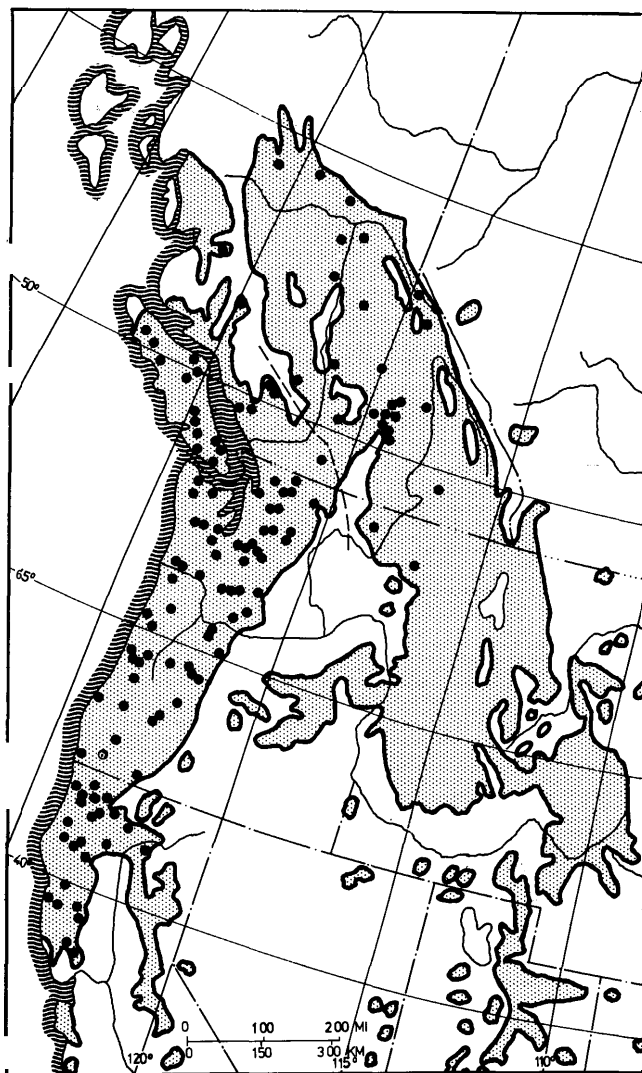


Abb. 1. — Nordteil-Douglasien-Verbreitungsgebiet

sten Stufe wurden 1970 alle 124 Herkünfte mit einer Saatgutmenge für 1200 Pflanzen ausgesät mit dem Ziel, Versuche mit einer Beobachtungszeit von etwa 20 Jahren anzulegen und am Ende des Baumschulstadiums eine erste Selektion durchzuführen. In die 2. Aussaatstufe (1973) wurden nur etwa $\frac{1}{4}$ der besten Herkünfte der 1. Aussaatstufe einbezogen, die aufgrund der Höhenwuchsleistung und Frosthärte ausgewählt worden sind. Diese Herkünfte sollen dann in den für den Douglasienanbau wichtigsten Anbauregionen und -standorten in Versuchen mit einer mittelfristigen Beobachtungsdauer von etwa 40 Jahren ausgepflanzt werden.

Die Aussaat erfolgte in Escherode (350 m ü. NN), Hann. Münden (130 m ü. NN), Stuttgart-Weilimdorf (340 m ü. NN) und Teisendorf/Laufen-Lebenau (420 m ü. NN).

¹⁾ Nieders. Forstliche Versuchsanstalt — Abt. Forstpflanzenzüchtung — 3511 Escherode.

²⁾ Hessische Forstliche Versuchsanstalt — Institut für Forstpflanzenzüchtung — 351 Hann. Münden.

³⁾ Forstl. Versuchs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Botanik und Standortkunde — 7 Stuttgart-Weilimdorf, Fasengarten.

⁴⁾ Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzüchtung — 8221 Teisendorf, Forstamtsplatz.

Temperatur- und Niederschlagswerte für die Anzuchtorte

	Stuttgart-Weilimdorf	Hann. Münden	Teisendorf	Escherode
Jahresmittel Temp.	9,5° C	8,5° C	7,3° C	7,6° C
Vegetationszeit (Mai—Sept.) Temp.	16,2° C	15,0° C	14,5° C	14,6° C
Jahresniederschlag	701 mm	780 mm	1160 mm	760 mm
Vegetationszeit (Mai—Sept.) Niederschl.	381 mm	375 mm	674 mm	360 mm

3.2 Merkmale

Folgende Merkmale wurden erhoben:

1. Höhe nach dem 1. Jahr im Saatbeet an 3 × 30 Pflanzen
2. Höhe nach dem 3. Jahr im Versuchsbeet an 2 × 25 Pflanzen
3. Winterfrostschäden im Saatbeet und im Versuchsbeet nach folgender Boniturskala:

- 10: ohne Frostschäden
- 20: Nadelspitzen braun
- 30: bis 1/4 der Pflanze braun
- 40: bis 1/2 der Pflanze braun
- 50: über 1/2 der Pflanze braun

4. Nadelfarbe im Herbst im Saatbeet: Pflanzenfarbenatlas mit Farbzeichen nach DIN 6164

- 10: blaugrün) 20
- 20: graugrün) 21
- 30: grün) 22
- 40: hellgrün) 23
- 50: lichtgrün) 24

5. Verholzung im Saatbeet, zugleich Maß für Frühfrostgefährdung:

- 10: nicht verholzt
- 20: bis 1/4 verholzt
- 30: bis 1/2 verholzt
- 40: bis 3/4 verholzt
- 50: ganz verholzt

6. Nadelform:

- 10: gerade
- 20: schwach gebogen
- 30: bogig
- 40: gedreht
- 50: stark gedreht

7. Nadeln am Ende des Leittriebes:

- 10: leicht aufgerichtet
- 20: aufgerichtet
- 30: stark aufgerichtet

8. Endknospen im Herbst des 1. Jahres:

- 10: nicht ausgebildet
- 20: schwach ausgebildet
- 30: ausgebildet
- 40: gut ausgebildet
- 50: sehr gut ausgebildet, braun

9. Johannistriebbildung im Herbst des 1. Jahres:

- 10: 0%
- 20: 1—5%
- 30: 6—10%
- 40: 11—20%
- 50: über 20%

3.3 Versuchsauswertung

Da für praktische Zielsetzungen nur große Herkunftsgebiete zur Beerntung interessant sind und in älteren Untersuchungen auch auf dieser Ebene die Hauptvariation gefunden wurde (Zusammenfassung: SCHÖBER 1959, DÖNG 1970), wurden die Einzelherkünfte großräumigen Herkunftsgebieten zugeordnet (Tab. 1).

Die geographische Einteilung wurde so vorgenommen, daß in N/S-Richtung die Staaten als Gliederungseinheit dienten, in O/W-Richtung die Kammlinie der Kaskaden und in den jeweiligen Gebieten eine Höhenzonierung von 0—400 m, 400—600 m und über 600 m.

Daneben wurden Gruppenbildungen nach größter Ähnlichkeit der Herkünfte in den erfaßten Merkmalen vorgenommen (Computerprogramm D. STEINER, Zürich 1969). Das Programm arbeitet nach dem Prinzip des kleinsten Gruppendifferenz-Zuwachses. Mathematische Grundlage ist eine Methode der „Automatischen Klassifikation“.

Bei den Varianzanalysen wurde das Modell II (zufällige Effekte) zugrunde gelegt. Korrelationen, Rangkorrelationen und Diskriminanzanalysen wurden nach Programmen von LÖRINCZ (1969), GEBHARD (1969) und IBM Disk auf dem Univac 1108 Computer der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung in Göttingen gerechnet.

4. Ergebnisse

4.1 Variation der untersuchten Merkmale

Die Ergebnisse sind für die Herkunftsgebiete in Tab. 1 zusammengefaßt.

Da in Teisendorf die Auflaufergebnisse sehr unterschiedlich und die Ausfälle durch Früh- und Winterfrost erheblich waren, wurden diese Daten nur zum Teil in die Auswertung einbezogen.

4.1.1 Mittelhöhe

Die Mittelhöhen der Herkünfte nach dem 1. Jahr variieren von 8 bis 20 cm. Die Herkunftsunterschiede sind hochsignifikant, die Unterschiede zwischen Herkunftsmitteln erklären 63% der Streuung.

Nach dem 3. Jahr ist die niedrigste Herkunft im Mittel 18 cm, die wüchsigsten sind 50 cm hoch. Die Varianz zwischen Herkunftsmitteln aus der Zweivegeklassifikation ist trotz der 3 Anbauorte mit 43% hoch, die 3 Anbauorte erklären 9% der Streuung. Die Verteilung der Höhen zeigt eine deutliche Zweigipfeligkeit, die darauf hinweist, daß es sich bei den Herkünften um 2 Teilpopulationen handelt, zwischen denen es nur wenig Übergangsformen gibt. Der Einfluß der Herkunftsgebiete ist hochsignifikant und erklärt 42% der Streuung. Herkunftsunterschiede sind in den Herkunftsgebieten nicht mehr signifikant. Die Differenzierung der Herkunftsgebiete zeigt Abb. 2. Daraus wird deutlich, daß die bestwüchsigen Herkünfte aus den Tieflagen des Küstengebietes in B. C. mit Vancouver Island, den Lagen unter 400 m zwischen Coast Range und Cascaden in Washington bis hin nach Nord-Oregon kommen. Die Wuchsleistung der Herkünfte aus dem Nebelgürtel der jeweiligen Gebiete ist etwas geringer. Mit zunehmender Höhenlage innerhalb der gleichen Breitengrade nimmt die Wuchsleistung deutlich ab. Die bei weitem geringste Höhenwuchsleistung zeigen die Herkünfte aus dem Interior von B. C. und Washington, sie erreichen nur 65% der Wuchsleistung der genannten besten Herkunftsgebiete.

Sehr gering ist unter den vorliegenden Standortbedingungen auch der Höhenwuchs von Douglasienherkünften

Tab. 1. — Internationaler Douglas-Provenienzversuch: Merkmalsmittelwert der geographischen Regionen.

Nr.	Region	Höhe über NN	Höhe 1971 \bar{x} cm	Höhe 1972 \bar{x} cm	Höhe 1971 % of \bar{x} Bon.	Höhe 1972 % of \bar{x} Bon.	1971 % of \bar{x}	1972 % of \bar{x}	Nadel-farbe	Nadel-form	Termi-nal-nadeln	Termi-nal-knospe.	Ver-hol-zung	Johan-nis-trieb
1	B.C. Interior	8 400—600	539	12.23	88	29.93	82	13.09	2.23	1.60	1.04	3.63	3.63	1.00
2	B.C. Interior	16 > 600	811	9.18	66	24.86	68	12.87	1.69	1.08	1.00	4.23	4.66	1.56
3	B.C. Coast	5 < 400	182	15.30	110	41.10	113	20.87	3.20	2.70	1.40	2.50	2.60	1.00
4	B.C. Coast	4 < 600	773	12.68	91	33.45	92	15.67	2.38	1.88	1.13	3.38	3.00	1.00
5	B.C. Vancouver Island N	13 < 400	196	14.95	108	43.80	120	21.55	3.00	2.25	1.33	3.00	2.33	1.00
6	" Island S	7 < 400	145	16.89	122	42.20	116	22.90	3.21	2.71	1.14	2.57	2.43	1.00
7	W. Fog belt	2 < 400	274	14.35	103	40.97	112	21.50	3.75	2.90	1.50	2.25	2.50	1.00
8	W. Cascade	17 < 400	163	15.14	109	43.16	118	23.67	3.51	3.08	1.51	2.43	2.34	1.00
9	W. Cascade	11 400—600	480	15.09	109	39.49	108	22.67	3.37	2.68	1.46	2.37	2.41	1.00
10	W. Cascade	5 > 600	702	15.00	108	38.01	104	21.00	3.32	2.22	1.13	2.62	1.27	1.00
11	W. Interior	7 > 600	701	12.85	92	27.09	74	14.83	2.14	1.33	1.04	4.28	4.25	1.00
12	O. Fog belt	3 < 400	172	13.83	100	40.92	112	25.00	3.77	3.10	1.60	2.27	2.33	1.00
13	O. Cascade	8 < 400	192	15.33	110	42.80	117	24.29	3.48	2.65	1.43	2.24	2.06	1.00
14	O. Cascade	4 400—600	480	15.73	113	36.64	100	24.34	2.83	2.08	1.28	2.53	2.33	1.00
15	O. Cascade	6 > 600	1034	13.80	99	39.92	109	21.00	2.93	2.22	1.18	2.48	2.50	1.00
16	California	2 > 600	1052	16.70	120	30.18	83	29.00	3.00	2.40	1.40	2.50	2.00	1.00
17	BRD	4				43.14	118	19.50						
18	O. Interior	1 > 600	731	15.40	111	35.50	97	18.00	2.00	1.50	1.00	3.30	3.50	1.00
19	Mexico	1 > 600	2500	9.00	65	29.03	80	29.33	4.00	3.80	2.00	1.00	2.00	1.00
	\bar{x}			13.9		36.5		19.9	2.85	2.24	1.24	2.98	2.99	1.05

aus Californien (über 600 m) bei extrem starker Frostempfindlichkeit.

Für die forstliche Praxis besonders bedeutsam ist das Ergebnis, daß die Wuchsleistung der im Versuch vertrete-

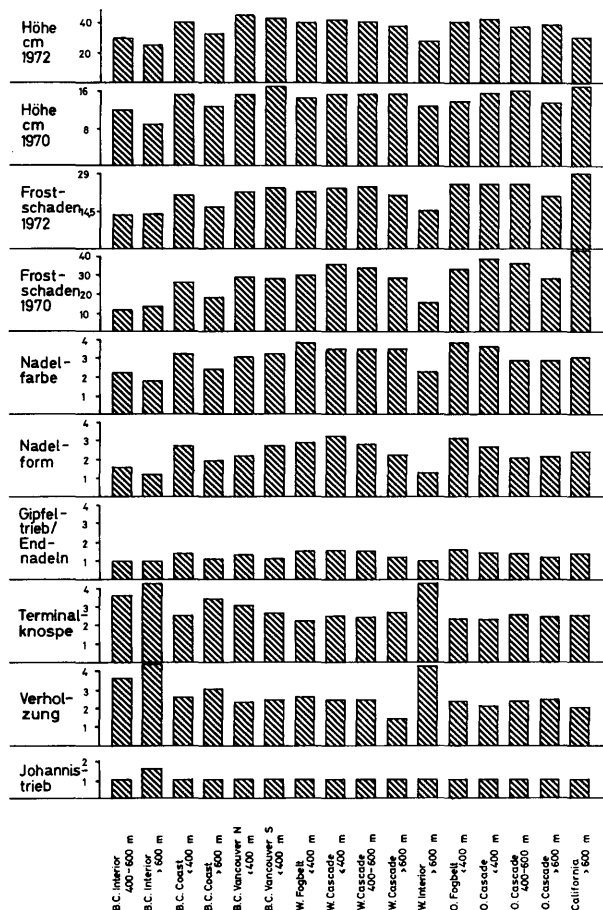


Abb. 2. — Internationaler Douglas-Prov.-Versuch. Charakteristische Merkmale der geographischen Regionen.

nen besten deutschen Herkunftse von keinem der Herkunftsgebiete in den USA wesentlich übertroffen wird und den Tieflagen unter 400 m zwischen Coast Range und Cascaden im Staat Washington entspricht (Tab. 1).

4.1.2 Frostschäden

Auch in den Frostschäden zeigt sich eine sehr starke Differenzierung zwischen den Herkunftsmitteln und den Herkunftsgebieten (Abb. 2). Hier tritt bei den Herkunftsmitteln ebenfalls eine Zweigipfeligkeit der Verteilung auf.

Prüft man die Herkunftse im einzelnen, so zeigt sich, daß es sich bei den geringwüchsigen und frostharten Herkunftse ausschließlic um Herkunftse aus dem Interior von British Columbia und Washington sowie um z. T. extreme Hochlagenherkunftse handelt. Diese unterscheiden sich auch nach ihrer Nadel-färbung eindeutig von den übrigen Herkunftsegebieten. Die Herkunftseunterschiede sind nach der Varianzanalyse hochsignifikant. Sie erklären am gleichen Ort (1971) 92% der aufgetretenen Streuung. Da 1972 an den verschiedenen Anbauorten sehr unterschiedliche Frostschäden auftraten, ist die Varianzkomponente zwischen Orten mit 57% verständlicherweise sehr groß, die Herkunftse erklären nur 13% der Streuung, Herkunftsegebiete

rd. 15%. Die Unterschiede der Herkünfte in den Gebieten sind statistisch nicht mehr zu sichern. Die Frostempfindlichkeit der Herkunftgebiete folgt deren Höhenwuchsleistung. Dabei zeichnen sich die Herkünfte gleicher bzw. ähnlicher Wuchsleistung innerhalb desselben Höhengürtels weiter südlich eindeutig stärker frostempfindlich als die nördlichen Herkünfte aus. So sind die Herkünfte aus Californien um 100% stärker durch Frost geschädigt als die aus B.C., die Oregon-Herkünfte etwa 20% und die Washington-Herkünfte etwa 10% (Abb. 2). Auffallend ist, daß die deutschen Herkünfte deutlich geringere Frostanfälligkeit zeigen als die Herkünfte vergleichbarer Wuchsleistung aus den USA, was für eine Anpassung i.S. von Landrassen (DE VECCHI 1969) spricht. Die Frostschäden (Früh- und Winterfrost) an den 3 Anbauorten sind sehr stark unterschiedlich. In Baden-Württemberg sind die Pflanzen am höchsten, sie haben aber die geringsten Frostschäden. In Niedersachsen (Escherode) traten bei gleicher Mittelhöhe wie in Hessen die stärksten Frostschäden auf. In Bayern wurden die Pflanzen der empfindlichen Herkünfte ebenfalls stark durch Frost geschädigt.

4.1.3 Nadel-, Knospen- und Vegetationsabschlußbonitur

Bei allen Merkmalen mit Ausnahme der Johannistriebbildung zeigt sich eine starke Differenzierung zwischen den Herkunftsmitteln. Bei Betrachtung der Herkunftgebiete (Abb. 2) zeigt sich eine weitgehend gleichlaufende Tendenz auch dieser Merkmale mit Höhe und Frostschäden. Im χ^2 -Test sind die Unterschiede zwischen den Herkunftsbereichen für alle Merkmale mit Ausnahme der Johannistriebbildung hochsignifikant. Die Merkmale sind für eine Charakterisierung der Herkunftgebiete demnach gut geeignet.

4.2 Merkmalskorrelationen

Die Wechselwirkung zwischen Herkünften und Anbauorten wird in den Korrelationen zwischen den Höhen der Anbauorte deutlich (Tab. 2). Sehr klar ist der Zusammenhang zwischen Höhenwuchsleistung und Frostempfindlichkeit. Generell gilt, daß die leistungsfähigeren Herkünfte frostempfindlicher sind ($r = 0.68^{***}$). Die Wuchsleistung erklärt aber nur knapp 50% in der Variation der Frostgefährdung; z. B. zeigen Herkünfte aus dem nördlichen Bereich bei gleicher Wuchsleistung im allgemeinen geringere Frostschäden. Diese Zusammenhänge treten verständlicherweise bei den Aufnahmen in Niedersachsen am deutlichsten hervor, weil hier die Frostschäden am größten waren. Der Frostschaden in Baden-Württemberg zeigt nur geringe Abhängigkeiten zur Höhe an den verschiedenen Anbauorten, dies

erklärt sich dadurch, daß hier nur unbedeutende Frostschäden auftraten. Auffallend ist, daß die Frostschäden in Hessen die geringste Abhängigkeit von der Höhenwuchsleistung zeigen. Die Frostschäden sind im wesentlichen gleichgerichtet aufgetreten. Da die Frostschäden ihrerseits den Höhenwuchs beeinflussen, sind die Abhängigkeiten zwischen Frost in Niedersachsen und Höhe der nicht durch Frost geschädigten Herkünfte in Baden-Württemberg am straffsten.

Auffallend eng sind die Beziehungen zwischen Frostschäden 1971 und 1972, die für Niedersachsen $r = 0.997$ betragen.

Für sämtliche Merkmale wurden die Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN errechnet (Tab. 3). Dabei zeigt sich, daß alle erhobenen Merkmale untereinander korreliert und daher für eine Charakterisierung der Herkünfte gut geeignet sind. Die wüchsigen Herkünfte haben eine hellgrüne Nadelfarbe, geringere Verholzung im Herbst, stärker gedrehte und aufgerichtete Nadeln und weniger stark ausgebildete Endknospen als Herkünfte geringerer Wuchsleistung zum vergleichbaren Zeitpunkt.

Diese Merkmale sind entsprechend mit größerer Frostempfindlichkeit der Herkünfte korreliert.

Geringere Abhängigkeit zeigt der Austriebszeitpunkt von der Höhe ($r = 0.27$) und von den Frostschäden ($r = 0.27$), die für ein Teilmaterial errechnet wurden.

Um einen besseren Einblick in die Art des Variationsmusters zu bekommen, wurden multiple und einfache lineare Korrelationen für die Einzelmerkmale in Abhängigkeit von den geographischen Variablen (geogr. Breite, geogr. Länge und Höhe ü. NN) gerechnet (Tab. 4).

Straffe Beziehungen ergeben sich besonders zur Höhe über NN und zur geographischen Breite. Die multiplen Korrelationen sind fast durchweg hochsignifikant. Der Längengrad hat demgegenüber geringen Einfluß auf die Merkmalsprägung. Da die Höhenwuchsleistung eine sehr viel stärkere Abhängigkeit von der Höhe über NN zeigt, die Frostempfindlichkeit aber von der geogr. Breite, sind aus dem nördlichen Teil des Verbreitungsgebietes wüchsige Herkünfte mit vergleichsweise geringer Frostempfindlichkeit zu erwarten. Die Herkünfte des Untersuchungsgebietes zeigen deutlich klinale Variationsmuster, wobei die Höhenlage auf kurzer Entfernung zu einem stärkeren Merkmalswechsel führen kann als die geogr. Breite.

Es verbleibt jedoch noch ein erheblicher Anteil Reststreuung, der durch klinale Variation nicht erklärt werden kann und der auf eine genetische Differenzierung innerhalb kleinerer Gebiete hinweist.

Tab. 2. — Internationaler Douglasien-Provenienzversuch: Korrelationen

	Korrelationsmatrix						
	Höhe 1972 Hessen	Höhe 1972 Niedersachsen	Höhe 1972 Baden-Württ.	Frost 1972 Hessen	Frost 1972 Niedersachsen	Frost 1972 Baden-Württ.	Niedersachsen 1971 Höhe Frost
Höhe 1972							
Hessen	1.00						
Niedersachsen	0.50***	1.00					
Baden-Württ.	0.36***	0.56***	1.00				
Frost 1972							
Hessen	0.28**	0.39***	0.53***	1.00			
Niedersachsen	0.37***	0.56***	0.72***	0.67***	1.00		
Baden-Württ.	0.14 n.s.	0.22*	0.35***	0.18 n.s.	0.24**	1.00	
Höhe 1971							
Niedersachsen	0.45***	0.60***	0.54***	0.61***	0.67***	0.06 n.s.	1.00
Frost 1971							
Niedersachsen	0.36***	0.56***	0.71***	0.66***	1.00***	0.25**	0.67*** 1.00

Tab. 3. — Internationaler Douglasien-Provenienzversuch: Rang-Korrelationen

	Hessen	Höhe Nieder- sachsen	Baden- Württ.	Hessen	Frost 1972 Nieder- sachsen	Baden- Württ.	Nadel- farbe	Verhol- zung	Nadel- form	Termi- nal- nadeln	Termi- nal- knospen	Niedersachsen Höhe 1971	Frost 1971
<i>Höhe 1972</i>													
Hessen	1.00												
Niedersachsen	0.52***	1.00											
Baden-Württ.	0.37***	0.62***	1.00										
<i>Frost 1972</i>													
Hessen	0.28**	0.44***	0.51***	1.00									
Niedersachsen	0.34***	0.61***	0.68***	0.66***	1.00								
Baden-Württ.	0.20*	0.33***	0.41***	0.23**	0.39***	1.00							
Nadelfarbe	0.37***	0.61***	0.65***	0.50***	0.74***	0.32***	1.00						
Verholzung	-0.46***	-0.60***	-0.60***	-0.49***	-0.69***	-0.22*	-0.68***	1.00					
Nadelform	0.37***	0.61***	0.62***	0.48***	0.67***	0.33***	0.78***	-0.57***	1.00				
Terminalnadeln	0.22**	0.42***	0.38***	0.32***	0.48***	0.15 n.s.	0.52***	-0.41***	0.72***	1.00			
Terminalknospen	-0.41***	-0.62***	-0.64***	-0.55***	-0.75***	-0.26*	-0.71***	0.69***	-0.71***	-0.52***	1.00		
<i>Höhe 1971</i>													
Niedersachsen	0.42***	0.59***	0.45***	0.55***	0.59***	0.16 n.s.	0.56***	-0.63***	0.55***	0.39***	-0.63***	1.00	
<i>Frost 1971</i>													
Niedersachsen	0.33***	0.60***	0.68***	0.65***	1.00***	0.39***	0.73***	-0.68***	0.68***	0.48***	-0.75***	0.59***	1.00

4.3 Gruppierung und Diskriminanzanalysen

Bei der Prüfung der Zuordnung der Einzelherkünfte zu größeren Einheiten ergaben sich 2 sinnvolle Ansatzpunkte:

1. Einmal konnte die geographische Gebietseinteilung mit Hilfe von Diskriminanzfunktionen überprüft und so die Homogenität der Gebiete bzw. mögliche Überlappungen ermittelt werden. Die mittlere Zuordnungswahrscheinlichkeit kann als Maß für die Homogenität dienen, die größten Diskriminanzfunktionen können Ähnlichkeit mit anderen Gebieten zeigen.
2. Zum anderen konnte eine Gruppierung nach größter Ähnlichkeit aller erfaßten Merkmale vorgenommen werden und anschließend überprüft werden, ob die Herkünfte der gleichen geographischen Gebiete auch in die gleiche Gruppe fallen. Ähnlichkeit in dem angenommenen Sinne bedeutet, daß die Varianz der Punkte in den gebildeten Gruppen um die Gruppenmittelwerte möglichst klein sein soll. Es wurde das von D. STEINER (1969) entwickelte Verfahren für die Ermittlung der Ähnlichkeitsmaße angewendet.

4.3.1 Prüfung der geographischen Einteilung

Die Diskriminanzanalysen wurden mit 13 Merkmalen gerechnet. Jeweils die zwei Gruppen Vancouver Island N und S, Nebelgürtel Washington und Washington 400 m, Nebelgürtel Oregon und Oregon 400 m sowie Interior Washington und Interior Oregon wurden zusammengefaßt, weil diese Gebiete nur geringe Unterschiede gegeneinander aufweisen. Damit konnte die Zahl der geographischen Gebiete auf 13 reduziert werden.

Das Ergebnis der Rechnung zeigt eindeutig, daß die Gruppen 1, 2, 11 und 18 der Tab. 1 keine Überlappungen zu den anderen Gebieten zeigen und die Herkünfte aus dem Interior der Staaten British Columbien, Washington und Oregon untereinander sehr ähnlich sind, wie die zahlreichen Zuordnungen aufgrund der größten Diskriminanzfunktion zeigen (Tab. 5).

Die Abgrenzung des Küstengebietes von British Columbien gegen das Interior wird besonders bei den Hochlagenherkünften schwierig, während die Tieflagenherkünfte aus dem Küstenbereich von British Columbien sehr viel größere Ähnlichkeit mit den Tieflagenherkünften aus Washington und Oregon aufweisen. Die Herkünfte aus Vancouver Island lassen sich nicht eindeutig von den Herkünften aus Washington zwischen 400–600 m und den Oregon-Herkünften 600 m trennen, wie die Überschneidungen der größten Diskriminanzfunktionen zwischen diesen Gebieten zeigen. Bei den Tieflagenherkünften aus Washington und Oregon zeigen sich besonders viele Überlappungen zwischen diesen Gebieten. Die genetische Differenzierung in N/S-Richtung ist wenig ausgeprägt.

Ebenso zeigen sich — allerdings weniger — Überlappungen zwischen den Höhengürteln dieser Gebiete, was angesichts möglicher Unterschiede in der Exposition und der orographischen Struktur der Herkunftsgebiete nicht erstaunlich ist.

Deutlich unterscheiden sich die Herkünfte aus dem südlichen Californien und aus Mexiko. Die Mittelwerte der geographischen Regionen sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

4.3.2 Gruppierung

Gruppierungen erfolgten in 6 und 13 Gruppen (Tab. 6 und 7). Beide Gruppierungen zeigen einheitlich, daß die Gebiete des Interior von British Columbien, Washington und Oregon deutlich von den Küstenherkünften und den Herkünften zwischen Coast Range und Cascaden zu trennen sind. Starke Überlappungen treten zwischen Herkünften

Tab. 4. — Multiple und einfache Korrelationen für die Merkmale in Abhängigkeit der geographischen Breite, der Höhe über NN und der geographischen Länge.

		Multiple lineare Korrelation des Merkmals mit:		Einfache lineare Korrelationen des Merkmals mit:		
		geogr. Breite, Höhe über NN und geogr. Länge	geogr. Breite und Höhe ü. NN	geogr. Breite	Höhe über NN	geogr. Länge
Höhe	Hessen	0.43***	0.39***	0.03	—0.37**	—0.12
Höhe	Niedersachsen	0.58***	0.54***	—0.21*	—0.54***	—0.08
Höhe	Baden-Württ.	0.56***	0.51***	—0.36***	—0.43***	—0.14
Gesamthöhe		0.62***	0.56***	—0.25**	—0.54***	—0.15
Frost	Hessen	0.59***	0.57***	—0.53***	—0.34***	—0.04
Frost	Niedersachsen	0.75***	0.73***	—0.65***	—0.48***	—0.05
Frost	Baden-Württ.	0.19	0.18	—0.01	—0.18*	—0.01
Gesamt-Frost		0.73***	0.71***	—0.61***	—0.49***	—0.05
Nadelfarbe		0.63***	0.55***	—0.40***	—0.46***	—0.20*
Verholzung		0.62***	0.44***	0.44***	0.50***	0.03
Nadelform		0.61***	0.53***	—0.37***	—0.46***	—0.18*
Terminalnadeln		0.39***	0.35***	—0.28**	—0.27**	—0.10
Terminalknospe		0.67***	0.66***	0.55***	0.49***	0.02
Johannistrieb		0.15	0.15	0.08	0.14	0.02

ten aus den Tieflagen vom südlichen British Columbien einschließlich Vancouver Island bis nach Oregon auf, was sich insbesondere bei der Bildung von 6 Gruppen zeigt (Tab. 6).

Die feinere Aufgliederung in 13 Gruppen (Tab. 8) zeigt dann, daß auch in diesem Bereich noch eine größere genetische Differenzierung besteht, diese aber keinem eindeutigen geographischen Trend folgt.

Die Zuordnungswahrscheinlichkeit bei 13 Gruppen steigt auf 0,99 im Mittel gegenüber 0,87 bei 6 Gruppen. Die Gruppenmittelwerte für die Einzelmerkmale sind in Tab. 6 und 7 zusammengefaßt. Die bestwüchsigen Herkünfte kommen aus dem Gebiet westlich des Cascadenkammes von SW British Columbien, Vancouver Island, Washington und Oregon aus Höhenlagen unter 400 m. Diese Herkünfte zeigen allerdings auch eine ziemlich starke Frostgefährdung. Herkünfte aus dem Nordteil dieses Gebiets sind vergleichsweise etwas weniger frostgefährdet.

Das Gruppierungsprogramm hat zu biologisch sinnvollen Einteilungen geführt. Es konnten 3 Zuordnungsfehler der geographischen Gruppierung gefunden und verbessert werden.

5. Diskussion

Die Ergebnisse dieser ersten Auswertung des Internationalen Douglasien-Provenienzversuches in Deutschland decken sich weitgehend mit bisherigen Erfahrungen und Ergebnissen.

Die einleitend gestellten Fragen können z. T. beantwortet werden:

1. Die Ergebnisse der älteren Herkunftsversuche (Zusammenfassung KLEINSCHMIT 1973) werden durchweg bestätigt. Wenn man die Erfahrungen aus diesen Versuchen für die weitere Züchtungsplanung mit berücksichtigt, so ist es möglich, bereits heute ein engeres Gebiet für intensivere Untersuchungen auszuwählen.
2. Die gefundenen Variationsmuster entsprechen gut den im natürlichen Verbreitungsgebiet dieser Baumart gewonnenen Ergebnissen (IRGENS-MÖLLER 1968, HERMANN 1960, WHEELER 1965, MORRIS und Ma. 1957, SORENSSEN 1967, CHING 1959, FERRELL 1969 u. a.), die zeigen, daß die Douglasie in N/S-Richtung klinale Variation mit relativ langsamen Übergängen aufweist, in O/W-Richtung dagegen stärker diskontinuierliche Variation mit größerem Wechsel in Abhängigkeit von der orographischen Struktur be-

steht. Die Höhenlage wirkt stark modifizierend, die Kammlinie der Cascaden ist eine eindeutig definierte Grenze zwischen 2 diskontinuierlichen Teilarealen.

Darüber hinaus ist aber auch innerhalb geographisch einheitlich definierter Gebiete noch eine deutliche genetische Differenzierung feststellbar, die Unterschiede in der Höhenwuchsleistung von 10—20% bei gleicher Frostempfindlichkeit zur Folge hat. Es ist daher lohnend, in den für uns geeigneten Herkunftsgebieten ein engeres Herkunftsnetz genauer zu untersuchen.

3. Die älteren deutschen Bestände scheinen schon eine Selektion durchlaufen zu haben und als Landrassen (DE VECCHI 1969) besser an unsere Klima- und Standortverhältnisse angepaßt zu sein als Herkünfte aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet. Insbesondere die Frostempfindlichkeit ist unter vergleichbaren Bedingungen deutlich geringer als bei gleich wüchsigen Herkünften aus Amerika. Die Herkünfte weisen eine große Ähnlichkeit mit Herkünften aus den Tieflagen und mittleren Lagen unter 600 m von Vancouver Island, S/W British Columbien, Washington und Oregon auf, jedoch keinerlei Ähnlichkeit mit Herkünften aus dem Interior.

6. Zusammenfassung

In einem Herkunftsversuch, der 111 IUFRO-Herkünfte von British Columbien bis Oregon und einzelne Herkünfte aus Californien und Mexiko umfaßt, daneben 9 weitere Herkünfte aus British Columbien und 4 deutsche Herkünfte, wird die Merkmalsvariation bis zum Alter 3 in Abhängigkeit von den Herkunftsgebieten mit Hilfe von Varianzanalysen, Korrelationsrechnungen und Gruppierungsprogrammen mit anschließenden Diskriminanzanalysen untersucht.

1. Die Ergebnisse der älteren europäischen Herkunftsversuche werden bestätigt und ergänzt. Für den Anbau in den tiefen und mittleren Lagen Westdeutschlands kommen vorrangig Herkünfte aus Vancouver Island, Südwest British Columbien, Washington und Oregon in Höhenlagen unter 600 m in Frage, soweit nicht ausreichend Saatgut von älteren deutschen Beständen zur Verfügung steht.
2. Die Herkünfte zeigen in N/S-Richtung deutlich klinale Variationsmuster mit sehr geringer genetischer Differenzierung. In O/W-Richtung ist eine Differenzierung in Abhängigkeit von der orographischen Struktur sehr viel stärker und an der Kammlinie der Cascaden deutlich diskontinuierlich. Innerhalb gleicher geographischer Gebiete ist eine genetische Variation feststellbar.

Tab. 5. — Internationaler Douglasien-Provenienzversuch (114 *Herkünfte*) Ermittlung der Klassifikationsfunktionen für jede Herkunft innerhalb von 13 geographischen Regionen.

Herk.-Nr.		Wahrscheinlichkeit verbunden mit der größten Diskrimi- nanzfunktion	Nr. der größten Funktion	Geographische Region der größten Funktion	Herk.-Nr.		Wahrscheinlichkeit verbunden mit der größten Diskrimi- nanzfunktion	Nr. der größten Funktion	Geographische Region der größten Funktion
Gruppe 1:					1080	13	.84429	10	Oregon <400 m
1001	1	.64327	2	Int. B.C. 600 m	1083	14	.67772	10	Oregon <400 m
1007	2	.55098	9	Int. Washington und Oregon	1084	15	.47300	7	Washington 400—600 m
1010	3	.70987	1	Int. B.C. 400—600 m	1085	16	.72517	6	
1014	4	.69592	1	Int. B.C. 400—600 m	1087	17	.36615	6	
1015	5	.84695	1	Int. B.C. 400—600 m	1088	18	.62434	6	
1016	6	.78699	1	Int. B.C. 400—600 m	1089	19	.82363	7	Washington 400—600 m
1017	7	.68242	1	Int. B.C. 400—600 m	Gruppe 7:				
1018	8	.53960	1	Int. B.C. 400—600 m	1046	1	.34395	3	Coastal B.C. <400 m
Gruppe 2:					1047	2	.40584	3	Coastal B.C. <400 m
1110	1	.83863	2	Int. B.C. >600 m	1049	3	.48159	8	Washington >600 m
1005	2	.75301	2		1061	4	.35799	7	Washington 400—600 m
1008	3	.95586	2		1070	5	.64484	7	
1013	4	.56435	1	Int. B.C. 400—600 m	1074	6	.48948	10	Oregon <400 m
1019	5	.68283	9	Int. Washington und Oregon	1081	7	.49643	7	
1020	6	.95486	2		1090	8	.74483	7	
1022	7	.77024	9	Int. Washington und Oregon	1092	9	.54029	8	Washington >600 m
1028	8	.72245	2		1093	10	.43003	10	Oregon <400 m
1035	9	.38863	9	Int. Washington und Oregon	1095	11	.45200	6	Washington <400 m
1105	10	.99549	2		Gruppe 8:				
1106	11	.99264	2		1056	1	.65268	8	Washington >600 m
1107	12	.98887	2		1059	2	.62335	5	Vancouver Island
1108	13	.95944	2		1066	3	.39413	7	Washington 400—600 m
1109	14	.99714	2		1072	4	.65340	8	
1111	15	.93176	2		1079	5	.54687	8	
1112	16	.96850	2		Gruppe 9:				
Gruppe 3:					1048	1	.62828	2	Interior B.C. >600 m
1004	1	.96271	3	Coastal B.C. <400 m	1052	2	.88646	9	Interior Washington u. Oregon
1021	2	.55645	9	Int. Washington und Oregon	1055	3	.65804	2	Interior B.C. >600 m
1024	3	.52416	3		1065	4	.89069	9	
1030	4	.43188	6	Washington <400 m	1068	5	.97455	9	
1034	5	.57437	10	Oregon <400 m	1071	6	.58642	4	Coastal B.C. >600 m
Gruppe 4:					1078	7	.87001	9	
1003	1	.65971	2	Interior B.C. >600 m	1082	8	.97056	9	
1006	2	.49342	1	Interior B.C. <400—600 m	1099	9	.31025	9	
1027	3	.37869	5	Vancouver Island	Gruppe 10:				
1038	4	.50851	3	Coastal B.C. <400 m	1094	1	.67823	10	Oregon <400 m
Gruppe 5:					1098	2	.32882	6	Washington <400 m
1023	1	.74610	5	Vancouver Island	1100	3	.80174	10	
1025	2	.41028	12	Oregon >600 m	1101	4	.40538	6	Washington <400 m
1026	3	.41406	7	Washington 400—600 m	1103	5	.60134	7	
1031	4	.99884	5		1104	6	.43995	6	Washington <400 m
1032	5	.45105	5		1113	7	.28406	12	Oregon >600 m
1033	6	.42411	12	Oregon >600 m	1115	8	.56602	12	Oregon >600 m
1036	7	.27899	7	Washington 400—600 m	1116	9	.45014	12	Oregon >600 m
1037	8	.27316	12	Oregon >600 m	1119	10	.74585	10	
1040	9	.78421	5		1123	11	.53859	10	
1041	10	.86668	5		Gruppe 11:				
1042	11	.41838	6	Washington <400 m	1114	1	.41576	7	Washington 400—600 m
1043	12	.58313	5		1124	2	.99618	11	Oregon 400—600 m
1045	13	.58872	5		1125	3	.99551	11	
Gruppe 6:					1126	4	.99995	11	
1050	1	.56864	5	Vancouver Island	Gruppe 12:				
1051	2	.36377	5	Vancouver Island	1097	1	.67352	6	Washington <400 m
1054	3	.51557	6	Washington <400 m	1102	2	.36356	5	Vancouver Island
1058	4	.56733	6		1117	3	.79261	4	Coastal B.C. >600 m
1060	5	.70391	10	Oregon <400 m	1118	4	.79003	12	Oregon >600 m
1063	6	.82994	6		1120	5	.54619	12	
1064	7	.36250	8	Washington >600 m	1121	6	.37926	4	Coastal B.C. >600 m
1067	8	.26068	5	Vancouver Island	Gruppe 13:				
1073	9	.31230	12	Oregon >600 m	1134	1	.99012	11	Oregon 400—600 m
1075	10	.52205	6		1149	2	1.00000	13	California und Mexico
1076	11	.44437	12	Oregon <400 m	1152	3	1.00000	13	
1077	12	.37259	6						

Tab. 6. — Automatische Gruppierung von 6 Regionen (\bar{x}).

Nr.	Erfasste Herkunftsgebiete	Frost 1972		Höhe 1972		Mittlere Wahrscheinlichkeit für die größte Diskriminanzfunktion
		\bar{x}	%	\bar{x}	%	
1	Interior British Columbia-Wash.	13,21	65	223	62	0,92
2	Interior B.C. and Wash.					
	Oregon >600 m	14,68	72	299	83	0,92
3	Vancouver Island, SW B.C., Wash.					
	<400 m, Oregon <400 m, einige bis 600 m	21,28	105	442	122	0,82
4	Vancouver Island, SW B.C.					
	<400 m, Wash. + Oregon <600 m, einschl. Fog belt	25,77	127	428	118	0,80
5	Wash. <600 m, Calif. + Mexico					
	>650 m	26,11	128	390,4	108	0,93
6	Vancouver Island, B.C. SW					
	<400 m, Washington 400—600 m, Oregon >400 m	20,91	103	394	109	0,85
\bar{x}		20,32		362		

Tab. 7. — Automatische Gruppierung von 13 Regionen.

Gruppe	Höhe 1971 \bar{x}	Frost 1971 \bar{x}	Höhe 1972 \bar{x}	Frost 1972 \bar{x}	Nadel- farbe \bar{x}	Ver- holzung \bar{x}	Nadel- form \bar{x}	Terminal- nadeln \bar{x}	Terminal- knospen \bar{x}
1	92,68	128,58	241,08	12,56	16,84	46,84	11,32	10,00	44,74
2	153,08	388,25	412,05	25,60	31,25	25,00	21,67	10,83	25,00
3	164,41	298,24	431,99	20,91	33,53	23,53	30,00	13,53	25,00
4	149,50	209,00	351,88	18,16	25,00	31,67	13,33	10,00	30,00
5	125,14	135,43	288,57	14,49	20,36	40,00	13,93	10,00	37,86
6	126,50	243,00	379,33	18,50	31,25	30,00	21,25	10,00	26,25
7	155,17	262,50	344,77	20,66	29,17	26,57	25,00	12,00	25,00
8	149,87	309,73	411,37	21,72	32,33	20,00	22,33	11,00	27,00
9	151,50	378,17	413,00	26,49	37,50	23,33	38,33	22,50	20,83
10	137,00	381,67	424,10	23,44	36,67	26,67	33,33	13,33	25,00
11	151,88	357,00	467,50	23,87	36,25	22,50	31,88	16,88	20,63
12	126,00	245,00	406,50	21,16	32,50	25,00	30,00	15,00	27,50
13	170,00	492,00	273,50	31,53	35,00	20,00	37,50	20,00	17,50
\bar{x}	139,07	265,42	365,16	19,85	28,46	29,91	22,36	12,36	29,82

3. Hervorragende Wuchsleistung bei vergleichsweise geringer Frostempfindlichkeit zeigen die Nachkommen älterer deutscher Bestände. Die Untersuchung wird fortgeführt. 16 Versuchsflächen unter verschiedenen Standort- und Klimaverhältnissen verteilt über die ganze Bundesrepublik wurden begründet mit dem Ziel, für alle wichtigen Anbauggebiete differenzierte Anbauempfehlungen geben zu können.

Schlagworte: Douglasie, Herkunftsversuch, Merkmalsvariation.

Summary

In a provenance experiment embracing 111 IUFRO provenances from British Columbia as far as Oregon and Individual provenances from California and Mexico as well as 9 further provenances from British Columbia and 4 from Germany the variation of characteristics was examined up to the age of 3 dependent on the provenance regions, with the help of analyses of variance, correlation — calculations and grouping-programmes with subsequent discriminant analyses.

1. Results of older european provenance experiments are confirmed and supplemented. Provenances from Vancouver Island, S. W. British Columbia, Washington and Oregon in elevations below 600 m come into considera-

tion first for plantation in the German Federal Republic in so far as adequate seed from older german stands is not available.

2. The provenances show distinctly clinal variation patterns in the north/south direction with very little genetic differentiation. In the east/west direction the differentiation is much more marked in dependance upon the orographical structure, and distinctly interrupted at the ridge-line of the Cascade Mountains. A clear genetic variation can also be identified within similar geographical regions.

3. The progenies of the included older German stands show outstanding growth-potential with comparable low frost sensitivity. Research will be continued. Field tests were established under different site and climatic conditions with the aim of being able to give specific provenance recommendations for individual plantation regions.

Key words: Douglas-fir, Provenance experiment, Variation of characteristics.

Literaturverzeichnis

BIESALSKI, E.: Pflanzenfarbenatlas für Gartenbau, Landwirtschaft und Forstwesen mit Farbzeichen nach DIN A 6164. Musterschmidt-Verlag Göttingen, Berlin, Frankfurt. 1957. — CHING, K. K. and D.

Tab. 8. — Internationaler Douglasien-Provenienzversuch. Ermittlung der Klassifikationsfunktionen für jede Herkunft in 13 automatisch gebildeten Regioinen.

Prov. Nr.		Wahrscheinlichkeit verbunden mit der größten Diskrimi- nanzfunktion	Geographische Region		Prov. Nr.		Wahrscheinlichkeit verbunden mit der größten Diskrimi- nanzfunktion	Geographische Region
Gruppe 1					1035	8	.99957	Interior B.C. >600 m
1001	1	.99965	Interior B.C. 400—600 m		1006	9	.95048	Interior B.C. >600 m
1110	2	.98715	Interior B.C. >600 m		1052	10	.99044	Interior Wash. >600 m
1005	3	.99844	Interior B.C. >600 m		1068	11	.99870	Interior Wash. >600 m
1008	4	.99998	Interior B.C. >600 m		1078	12	.99956	Interior Wash. >600 m
1019	5	.99821	Interior B.C. >600 m		1082	13	.96852	Interior Wash. >600 m
1020	6	.99955	Interior B.C. >600 m		1117	14	.99890	Oregon 1067 m (Übergang z. Interior)
1022	7	.97312	Interior B.C. >600 m		Gruppe 6			
1028	8	.99985	Interior B.C. >600 m		1087	1	1.00000	Washington <400 m
1105	9	.99998	Interior B.C. >600 m		1056	2	.98543	Washington >600 m
1106	10	1.00000	Interior B.C. >600 m		1071	3	.88230	Interior Wash. >600 m
1107	11	1.00000	Interior B.C. >600 m		1098	4	.99980	Oregon (Fog belt) <400 m
1109	12	1.00000	Interior B.C. >600 m		Gruppe 7			
1111	13	.99993	Interior B.C. >600 m		1024	1	.99766	Coast B.C. <400 m
1112	14	.99998	Interior B.C. >600 m		1037	2	.99787	Vancouver Island S
1003	15	.99956	Interior B.C. >600 m		1046	3	.99384	Washington 400—600 m
1048	16	1.00000	Interior Wash. >600 m		1066	4	.99991	Washington >600 m
1055	17	.99932	Interior Wash. >600 m		1114	5	.94252	Oregon 400—600 m
1065	18	.69095	Interior Wash. >600 m		1120	6	.90889	Oregon >600 m
1108	19	1.00000	Interior B.C. >600 m		Gruppe 8			
Gruppe 2					1027	1	.91309	Coast B.C. >600 m
1060	1	.76161	Washington <400 m		1025	2	.99982	Vancouver Island N
1080	2	.99967	Washington <400 m		1026	3	.96905	Vancouver Island N
1083	3	.96644	Washington >600 m		1031	4	.99996	Vancouver Island N
1090	4	.97312	Washington 400—600 m		1036	5	.96263	Vancouver Island S
1093	5	.99828	Washington 400—600 m		1076	6	.99973	Washington <400 m
1100	6	.98802	Oregon <400 m		1079	7	.98809	Washington >600 m
1101	7	.85198	Oregon Fog belt <400 m		1061	8	.78274	Washington 400—600 m
1119	8	.99915	Oregon <400 m		1074	9	.64760	Washington 400—600 m
1123	9	.93953	Oregon <400 m		1072	10	.99765	Washington >600 m
1124	10	.99612	Oregon 400—600 m		1079	11	.98265	Washington >600 m
1125	11	.99842	Oregon 400—600 m		1113	12	.95825	Oregon <400 m
1134	12	.93643	California >600 m		1115	13	.96521	Oregon <400 m
Gruppe 3					1116	14	.75409	Oregon <400 m
1038	1	.97499	Coast B.C. >600 m		1102	15	.91311	Oregon >600 m
1023	2	.97813	Vancouver Island N		Gruppe 9			
1032	3	.93907	Vancouver Island N		1075	1	1.00000	Washington <400 m
1033	4	.80098	Vancouver Island N		1088	2	.99999	Washington <400 m
1040	5	.97881	Vancouver Island S		1089	3	.99986	Washington <400 m
1041	6	.98763	Vancouver Island S		1070	4	1.00000	Washington 400—600 m
1042	7	.99923	Vancouver Island S		1103	5	1.00000	Oregon (Fog belt) <400 m
1043	8	.99463	Vancouver Island S		1104	6	1.00000	Oregon (Fog belt) <400 m
1045	9	.99937	Vancouver Island S		Gruppe 10			
1050	10	.99992	Washington <400 m		1084	1	.98486	Washington <400 m
1051	11	.98724	Washington <400 m		1081	2	1.00000	Washington 400—600 m
1064	12	.73766	Washington Fog belt 400 m		1095	3	.99991	Washington 400—600 m
1067	13	.97751	Washington <400 m		Gruppe 11			
1073	14	.95871	Washington <400 m		1030	1	.99927	Coast B.C. <400 m
1077	15	.92825	Washington <400 m		1034	2	.99925	Coast B.C. <400 m
1059	16	.99482	Washington >600 m		1054	3	.98643	Washington <400 m
1094	17	.73941	Oregon <400 m		1063	4	.99997	Washington <400 m
Gruppe 4					1085	5	.99992	Washington <400 m
1014	1	.99157	Interior B.C. 400—600 m		1047	6	.99297	Washington 400—600 m
1021	2	.99998	Interior B.C. <400 m		1097	7	.99906	Oregon >600 m
1092	3	.97981	Interior Wash. 400—600 m		1118	8	.48784	Oregon >600 m
1099	4	.99923	Interior Oregon >600 m		Gruppe 12			
1126	5	.99844	Oregon 1500 m		1004	1	1.00000	Coast B.C. <400 m
1121	6	.99113	Oregon 1600 m		1058	2	1.00000	Washington <400 m (Fog belt)
Gruppe 5					Gruppe 13			
1007	1	.99893	Interior B.C. 400—600 m		1149	1	1.00000	California 945
1010	2	.99803	Interior B.C. 400—600 m		1152	2	1.00000	Mexico 2500
1015	3	.99952	Interior B.C. 400—600 m					
1016	4	.99991	Interior B.C. 400—600 m					
1017	5	.99911	Interior B.C. 400—600 m					
1018	6	.99993	Interior B.C. 400—600 m					
1013	7	.99918	Interior B.C. >600 m					

BEVER: Provenance Study of Douglas Fir in the Pacific Northwest Region. *Silvae Genetica* 9, 11–17, 1960. — DONG, PH.: Wuchsleistung und biologisch-waldbauliches Verhalten der Douglasie in Kulturversuchen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Diss. Hann. Münden 1970. — GEBHARDT, F.: Rang-Korrelationen Programminformation PI 30. August 1964. Deutsches Rechenzentrum Darmstadt, Rheinstraße 75. — HERMANN, R.: Project F 601: Test of local Provenances on Survival and Growth of Douglas Fir in Southwest Oregon. OSU Forest Res. Lab. Programs 1969. S. 79. — IRGENS-MÖLLER, H.: Geographical Variation in Growth Pattern of Douglas fir seed from Trees growing at high and low elevations. OSU Forest Res. Lab. Programs 1969. S. 79. — KLEINSCHMIT, J.: Zur Herkunftsfrage bei der Douglasie. *Der Forst- und Holzwirt* 28, 209–213. 1973. — LÖRINCZ, D.: Korrelationsprogramm III. Programm-information PI 33. Deutsches Rechenzentrum Darmstadt, Rhein-str. 75. 36–38. August 1969. — MORRIS, W. G., SILEN, R. R. und IRGENS-MÖLLER, H.: Consistency of Bud Bursting in Douglas fir. *Journal of Forestry* 55, 208–210, 1957. — NANSON, A.: La valeur des tests précoces dans la sélection des arbres forestiers, en particulier au point de vue de la croissance. Dissertation 1968, Faculté des Scien-

ces Agronomiques de l'Etat Gembloux, 242 S. — PHARIS, R. P. und FERRELL, W.: Differences in Drought resistance between Coastal and Inland Sources of Douglas fir. *Canadian Journal of Botany* 44, 1651–1659, 1966. — RACZ, J.: Möglichkeiten und Voraussetzungen für die kontrollierte Beerntung von Douglasien in den USA. *Forst-archiv* 43, 5–12, 1972. — SCHOBER, R.: Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland, Holland und Dänemark. *Allgemeine Forstzeitschrift* 8, 145–152, 1959. — SORESENSEN, F.: Two Year Results of a West East Transect-Provenance Test of Douglas Fir in Oregon. Forest Service Re. Notes 1–8, 1967. — STEINER, D.: Programm für die optimale Gruppierung von Punkten in einem mehrdimensionalen Raum nach dem Prinzip des kleinsten Grup-pendistanzzuwachses 1969, Manuskript Geogr. Institut, Universität Zürich, Blümlisalpstr. 10 — nicht veröffentlicht. — DE VECCHI-PELLATI, E.: Evolution and Importance of Land Races in Breeding. Second World Consultation on Forest Tree Breeding, 1969, Wash-ington, S. 1–13. — WHEELER, Project F 760: Comparative Develop-ment of Douglas fir seeds from Trees growing at high and low elevations. OSU Forest Res. Lab. Programs 1969, S. 79.

Adjustment of Heritabilities Estimated by Correlation Coefficients for Typical Forest Tree Breeding Experiments

By E. C. FRANKLIN¹⁾

(Received August / October 1974)

The coefficient of the regression of offspring values on parental values for measurable traits has been widely used as an estimator of heritability. Use of the correlation coefficient eliminates certain biases which are characteristic of the regression coefficient as an estimator (FREY and HORNER, 1957), but the correlation coefficient has some biases associated with it which are related to number of trees per family and the coefficient of relationship among family members. The discussion presented here shows that the genetic interpretation of the correlation coefficient is usually quite different from that of the regression coefficient. Equations and tabulations are derived for empirical adjustment of the correlation coefficient as an estimator of heritability.

The concept of heritability as the ratio of additive genetic variance to total phenotypic variance is widely accepted (LUSH, 1940; FALCONER, 1960; HANSON, 1963). The concept of estimating heritability by the regression coefficient for offspring values regressed on parent values has been generally adopted (KEMPTHORNE and TANDEN, 1953; FALCONER, 1960; HILL, 1970; OLLIVIER, 1974).

Theory behind the use of the regression coefficient as an estimator of heritability was first developed by R. A. FISHER (1918) based on earlier work by GALTON (1889), and WEINBERG (1910). FALCONER's (1960) outline of the application of this concept to animal breeding can be directly applied to forestry in many instances. FALCONER's notation, therefore, will be used throughout the present paper so that the reader may refer to a readily available and understandable text. Page numbers without references are from FALCONER (1960).

Genetic covariance between an offspring and one of its parents is equal to $\frac{1}{2}$ the additive genetic variance (V_A)

for the random mating population (p. 162). If an array of family means for a particular trait was derived from half-sib families, and these means were regressed on the corresponding single-parent values for the same trait, then the estimated regression coefficient (b_{OP}) would be interpreted as:

$$b_{OP} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma^2_X} = \frac{\frac{1}{2}V_A}{V_P} \quad (1)$$

where σ_{XY} = covariance of parents and offspring,
 σ^2_X = variance of parental values,
 V_A = additive genetic variance, and
 V_P = phenotypic variance of parents.

If values for both parents were known for a series of full-sib families, the regression coefficient for full-sib family means regressed on mid-parent values (the mean of the 2 parents of a full-sib family) would be interpreted as:

$$b_{OP} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma^2_X} = \frac{\frac{1}{2}V_A}{\frac{1}{2}V_P} = \frac{V_A}{V_P} \quad (2)$$

where terms are as defined for equation (1).

Two points to note from equations (1) and (2) are that the covariance of family means with single-parent values is the same as with mid-parent values (p. 154), and that

the variance of mid-parent values (σ^2_X) is only $\frac{1}{2}$ that for single-parent values.

Heritability (h^2) is defined as:

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} \quad (3)$$

Therefore, two times the regression coefficient for half-sib family means regressed on single-parent values has

¹⁾ Principal Plant Geneticist, Southeastern Forest Experiment Station, USDA, Forest Service, Olustee, Florida, 32072.