

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

Von J. KLEINSCHMIT<sup>1)</sup>, J. RACZ<sup>1)</sup>, H. WEISGERBER<sup>2)</sup>, W. DIETZE<sup>2)</sup>, H. DIETERICH<sup>3)</sup> und R. DIMPFELMEIER<sup>4)</sup>

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 Anbaugebiete und Standortverhältnisse gezielte Anbauempfehlungen 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 Beurteilungen 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 Columbia 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-

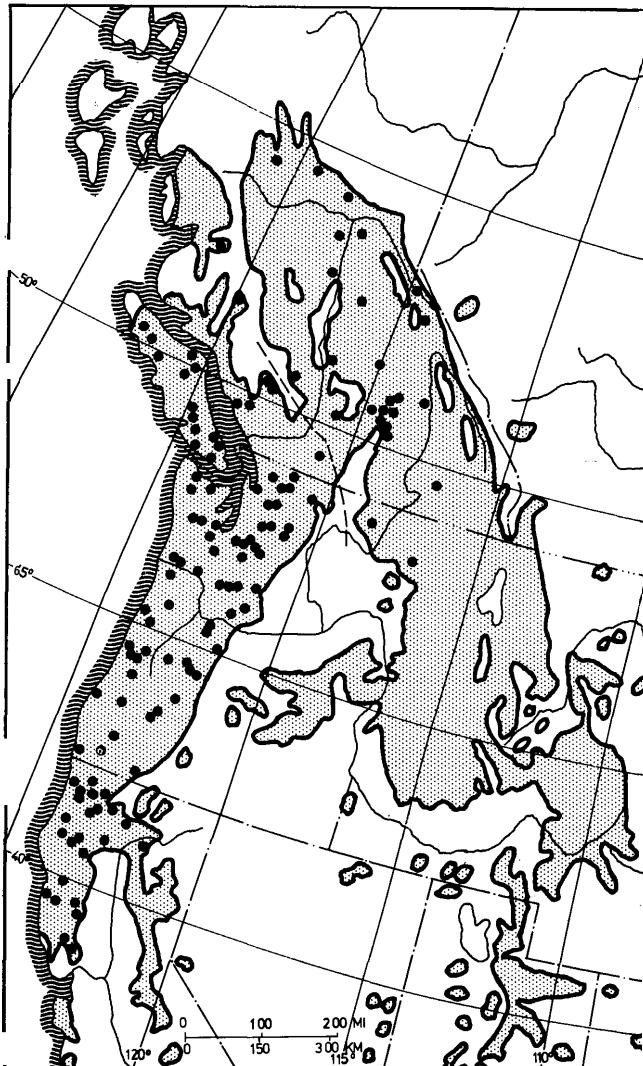


Abb. 1. — Nordteil-Douglasien-Verbreitungsgebiet

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  $\frac{1}{3}$  der besten Herkünfte der 1. Aussaatstufe einbezogen, die aufgrund der Höhenwuchsleistung und Frosthärtung 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 aus gepflanzt 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).

<sup>1)</sup> Nieders. Forstliche Versuchsanstalt — Abt. Forstpflanzenzüchtung — 3511 Escherode.  
<sup>2)</sup> Hessische Forstliche Versuchsanstalt — Institut für Forstpflanzenzüchtung — 351 Hann. Münden.  
<sup>3)</sup> Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Botanik und Standortkunde — 7 Stuttgart-Weilimdorf, Fasanengarten.  
<sup>4)</sup> Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht — 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  $3 \times 30$  Pflanzen
2. Höhe nach dem 3. Jahr im Verschulbeet an  $2 \times 25$  Pflanzen
3. Winterfrostschäden im Saatbeet und im Verschulbeet nach folgender Boniturskala:

- 10: ohne Frostschäden
- 20: Nadelspitzen braun
- 30: bis  $\frac{1}{4}$  der Pflanze braun
- 40: bis  $\frac{1}{2}$  der Pflanze braun
- 50: über  $\frac{1}{2}$  der Pflanze braun

4. Nadelfarbe im Herbst im Saatbeet: Pflanzenfarbenatlas mit Farbbezeichnen 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  $\frac{1}{4}$  verholzt
- 30: bis  $\frac{1}{2}$  verholzt
- 40: bis  $\frac{3}{4}$  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 Beurteilung interessant sind und in älteren Untersuchungen auch auf dieser Ebene die Hauptvariation gefunden wurde (Zusammenfassung: SCHOBER 1959, DONG 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 Gruppendiffenz-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 wüchsigesten sind 50 cm hoch. Die Varianz zwischen Herkunftsmitteln aus der Zweigeckklassifikation ist trotz der 3 Anbauorte mit 43% hoch, die 3 Anbauorte erklären 9% der Streuung. Die Verteilung der Höhen zeigt eine deutliche Zweigipfligkeit, 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 Douglasien-Provenienzversuch: Merkmalsmittelwert der geographischen Regionen.

Nr.	Region	Höhe	Höhe	Höhe	1971	1972	Höhe	1971	1972	Frost	1972	Frost	1972	Nadel-	Ver-	Johan-	
	B.C. = British Columbia W = Washington O = Oregon	über NN	xx	xx cm	% of	xx	cm	% of	xx	% Bon.	xx	% Bon.	% of	farbe	hol-	niss-	
																	trieb
1	B.C. Interior	8	400–600	539	12.23	88	29.93	32	12.2	46	13.09	66	2.23	1.60	1.04	3.63	1.00
2	B.C. Interior	16	>600	811	9.18	66	24.86	68	12.9	49	12.87	65	1.69	1.08	1.00	4.23	1.56
3	B.C. Coast	5	<400	182	15.30	110	41.10	113	26.6	100	20.87	105	3.20	2.70	1.40	2.50	2.60
4	B.C. Coast	4	>600	773	12.68	91	33.45	92	18.4	69	15.67	79	2.38	1.88	1.13	3.38	3.00
5	B.C. Vancouver Island N	13	<400	196	14.95	108	43.80	120	29.2	110	21.55	108	3.00	2.25	1.33	3.00	2.33
6	" Island S	7	<400	145	16.89	122	42.20	116	28.2	106	22.90	115	3.21	2.71	1.14	2.57	1.00
7	W. Fog belt	2	<400	274	14.35	103	40.97	112	29.9	113	21.50	108	3.75	2.90	1.50	2.25	2.50
8	W. Cascade	17	<400	163	15.14	109	43.16	118	34.9	132	23.67	119	3.51	3.08	1.51	2.43	1.00
9	W. Cascade	11	400–600	480	15.09	109	39.49	108	32.8	124	22.67	114	3.37	2.68	1.46	2.37	1.00
10	W. Cascade	5	>600	702	15.00	108	38.01	104	28.5	108	21.00	106	3.32	2.22	1.13	2.62	1.27
11	W. Interior	7	>600	701	12.85	92	27.09	74	15.2	57	14.83	75	2.14	1.33	1.04	4.28	4.25
12	O. Fog belt	3	<400	172	13.83	100	40.92	112	33.4	126	25.00	126	3.77	3.10	1.60	2.27	2.33
13	O. Cascade	8	<400	192	15.33	110	42.80	117	37.6	142	24.29	122	3.48	2.65	1.43	2.24	2.06
14	O. Cascade	4	400–600	480	15.73	113	36.64	100	36.0	136	24.34	122	2.83	2.08	1.28	2.53	2.33
15	O. Cascade	6	>600	1034	13.80	99	39.92	109	28.9	109	21.00	106	2.93	2.22	1.18	2.48	2.50
16	California	2	>600	1052	16.70	120	30.18	83	43.5	164	29.00	146	3.00	2.40	1.40	2.50	2.00
17	BRD	4	>600	731	15.40	111	35.50	97	18.5	70	18.00	91	2.00	1.50	1.00	3.30	3.50
18	O. Interior	1	>600	2500	9.00	65	29.03	80	50.0	189	29.33	147	4.00	3.80	2.00	1.00	1.00
19	Mexico	1															1.05
		xx															

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-

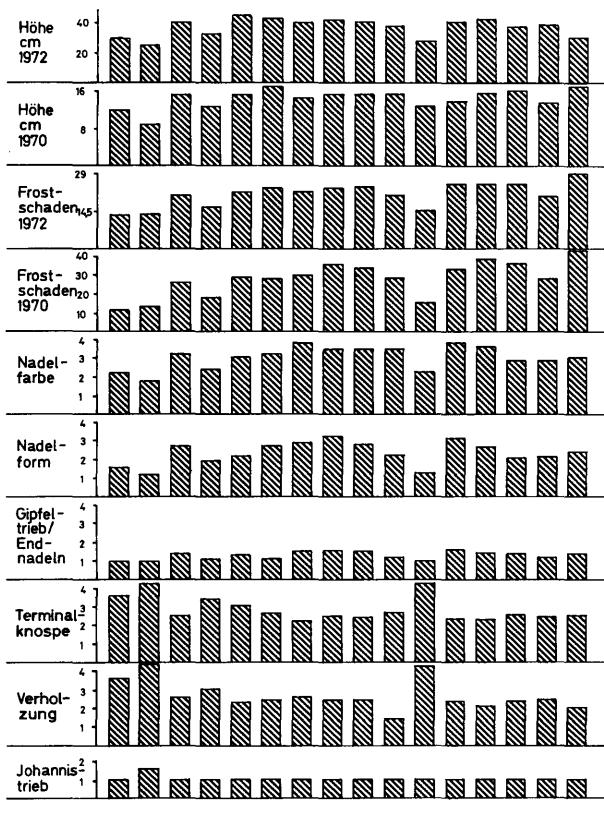


Abb. 2. — Internationaler Douglas-Prov.-Versuch. Charakteristische Merkmale der geographischen Regionen.

nen besten deutschen Herkünfte von keinem der Herkunftsgebiete in den USA wesentlich übertroffen wird und den Tiefflügen 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 Herkunftsmittelen und den Herkunftsgebieten (Abb. 2). Hier tritt bei den Herkunftsmittelen ebenfalls eine Zweigipfligkeit der Verteilung auf.

Prüft man die Herkünfte im einzelnen, so zeigt sich, daß es sich bei den geringwüchsigen und frosthaften Herkünften ausschließlich um Herkünfte aus dem Interior von British Columbia und Washington sowie um z. T. extreme Hochlagenherkünfte handelt. Diese unterscheiden sich auch nach ihrer Nadelfärbung eindeutig von den übrigen Herkunftsgebieten. Die Herkunftsunterschiede 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 Herkünfte erklären nur 13% der Streuung, Herkunftsgebiete

rd. 15%. Die Unterschiede der Herkünfte in den Gebieten sind statistisch nicht mehr zu sichern. Die Frostempfindlichkeit der Herkunftsgebiete 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 California 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 Herkunftsmittern. Bei Betrachtung der Herkunftsgebiete (Abb. 2) zeigt sich eine weitgehend gleichlaufende Tendenz auch dieser Merkmale mit Höhe und Frostschäden. Im  $\chi^2$ -Test sind die Unterschiede zwischen den Herkunftsgebieten für alle Merkmale mit Ausnahme der Johannistriebbildung hochsignifikant. Die Merkmale sind für eine Charakterisierung der Herkunftsgebiete 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 stärksten.

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	Nieder- sachsen	Baden- Württ.	Hessen	Frost 1972 Nieder- sachsen	Baden- Württ.	Niedersachsen 1971 Höhe	Frost
<i>Höhe 1972</i>								
Hessen	1.00							
Niedersachsen	0.50***	1.00						
Baden-Württ.	0.36***	0.56***	1.00					
<i>Frost 1972</i>								
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		
<i>Höhe 1971</i>								
Niedersachsen	0.45***	0.60***	0.54***	0.61***	0.67***	0.06 n.s.	1.00	
<i>Frost 1971</i>								
Niedersachsen	0.36***	0.56***	0.71***	0.66***	1.00***	0.25**	0.67***	1.00

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

Korrelationsmatrix									
	Höhe 1972	Frost 1972	Höhe 1971	Frost 1971	Terminalknospen	Niedersachsen 1971	Baden-Württ.	Nadelfarbe	Verholzung
Hessen	1.00	0.62***	1.00	0.62***	0.68***	0.66***	0.68***	0.68***	0.68***
Niedersachsen	0.52***	0.37***	0.37***	0.37***	0.61***	0.68***	0.41***	0.23**	0.39***
Baden-Württ.	0.37***	0.20*	0.33***	0.33***	0.61***	0.68***	0.50***	0.74***	0.32***
Frost 1972	0.28**	0.28**	0.44***	0.51***	1.00	0.66***	0.69***	0.69***	0.68***
Hessen	0.34***	0.34***	0.61***	0.68***	0.41***	1.00	0.74***	0.74***	0.74***
Niedersachsen	0.20*	0.20*	0.33***	0.41***	0.61***	0.65***	1.00	0.69***	0.69***
Baden-Württ.	0.37***	0.37***	0.61***	0.65***	0.60***	0.60***	0.69***	1.00	0.68***
Nadelfarbe	-0.46***	-0.46***	-0.60***	-0.60***	-0.62***	-0.62***	-0.67***	-0.67***	0.78***
Verholzung	0.37***	0.37***	0.61***	0.62***	0.38***	0.48***	0.48***	0.48***	0.57***
Terminalknospen	0.32**	0.32**	0.62***	0.64***	0.64***	0.32***	0.32***	0.32***	0.52***
Terminalknospen	-0.41***	-0.41***	-0.62***	-0.62***	-0.64***	-0.55***	-0.75***	-0.75***	0.69***
Höhe 1971	0.42***	0.42***	0.59***	0.45***	0.55***	0.59***	0.16 n.s.	0.56***	0.63***
Niedersachsen	0.33***	0.33***	0.60***	0.63***	0.65***	1.00***	0.39***	0.73***	-0.68***
Frost 1971									
Niedersachsen									

#### 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 Columbia 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 Herkün-

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 üb. 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-MØLLER 1968, HERMANN 1960, WHEELER 1965, MORRIS und Ma. 1957, SORENSEN 1967, CHING 1959, FERRELL 1969 u. a.), die zeigen, daß die Douglasie in N/S-Richtung klinale Variation mit relativ langsamem 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 Diskriminanzfunktion	Nr. der größten Funktion	Geographische Region der größten Funktion	Herk.-Nr.	Wahrscheinlichkeit verbunden mit der größten Diskriminanzfunktion	Nr. der größten Funktion	Geographische Region der größten Funktion								
<b>Gruppe 1:</b>															
1001 1	.64327	2	Int. B.C. 600 m	1080	.84429	10	Oregon <400 m								
1007 2	.55098	9	Int. Washington und Oregon	1083	.67772	10	Oregon <400 m								
1010 3	.70987	1	Int. B.C. 400—600 m	1084	.47300	7	Washington 400—600 m								
1014 4	.69592	1	Int. B.C. 400—600 m	1085	.72517	6									
1015 5	.84695	1	Int. B.C. 400—600 m	1087	.36615	6									
1016 6	.78699	1	Int. B.C. 400—600 m	1088	.62434	6									
1017 7	.68242	1	Int. B.C. 400—600 m	1089	.82363	7	Washington 400—600 m								
1018 8	.53960	1	Int. B.C. 400—600 m	<b>Gruppe 7:</b>											
<b>Gruppe 2:</b>								1046 1	.34395	3	Coastal B.C. <400 m				
1110 1	.83863	2	Int. B.C. >600 m	1047 2	.40584	3	Coastal B.C. <400 m								
1005 2	.75301	2		1049 3	.48159	8	Washington >600 m								
1008 3	.95586	2		1061 4	.35799	7	Washington 400—600 m								
1013 4	.56435	1	Int. B.C. 400—600 m	1070 5	.64484	7									
1019 5	.68283	9	Int. Washington und Oregon	1074 6	.48948	10	Oregon <400 m								
1020 6	.95486	2		1081 7	.49643	7									
1022 7	.77024	9	Int. Washington und Oregon	1090 8	.74483	7									
1028 8	.72245	2		1092 9	.54029	8	Washington >600 m								
1035 9	.38863	9	Int. Washington und Oregon	1093 10	.43003	10	Oregon <400 m								
1105 10	.99549	2		1095 11	.45200	6	Washington <400 m								
1106 11	.99264	2		<b>Gruppe 8:</b>											
1107 12	.98887	2		1056 1	.65268	8	Washington >600 m								
1108 13	.95944	2		1059 2	.62335	5	Vancouver Island								
1109 14	.99714	2		1066 3	.39413	7	Washington 400—600 m								
1111 15	.93176	2		1072 4	.65340	8									
1112 16	.96850	2		1078 5	.54687	8									
<b>Gruppe 3:</b>								<b>Gruppe 9:</b>							
1004 1	.96271	3	Coastal B.C. <400 m	1048 1	.62828	2	Interior B.C. >600 m								
1021 2	.55645	9	Int. Washington und Oregon	1052 2	.88646	9	Interior Washington u. Oregon								
1024 3	.52416	3		1055 3	.65804	2	Interior B.C. >600 m								
1030 4	.43188	6	Washington <400 m	1065 4	.89069	9									
1034 5	.57437	10	Oregon <400 m	1068 5	.97455	9									
<b>Gruppe 4:</b>								1071 6	.58642	4	Coastal B.C. >600 m				
1003 1	.65971	2	Interior B.C. >600 m	1078 7	.87001	9									
1006 2	.49342	1	Interior B.C. <400—600 m	1082 8	.97056	9									
1027 3	.37869	5	Vancouver Island	1099 9	.31025	9									
1038 4	.50851	3	Coastal B.C. <400 m	<b>Gruppe 10:</b>											
<b>Gruppe 5:</b>								1094 1	.67823	10	Oregon <400 m				
1023 1	.74610	5	Vancouver Island	1098 2	.32882	6	Washington <400 m								
1025 2	.41028	12	Oregon >600 m	1100 3	.80174	10									
1026 3	.41406	7	Washington 400—600 m	1101 4	.40538	6	Washington <400 m								
1031 4	.99884	5		1103 5	.60134	7									
1032 5	.45105	5		1104 6	.43995	6	Washington <400 m								
1033 6	.42411	12	Oregon >600 m	1113 7	.28406	12	Oregon >600 m								
1036 7	.27899	7	Washington 400—600 m	1115 8	.56602	12	Oregon >600 m								
1037 8	.27316	12	Oregon >600 m	1116 9	.45014	12	Oregon >600 m								
1040 9	.78421	5		1119 10	.74585	10									
1041 10	.86668	5		1123 11	.53859	10									
1042 11	.41838	6	Washington <400 m	<b>Gruppe 11:</b>											
1043 12	.58313	5		1114 1	.41576	7	Washington 400—600 m								
1045 13	.58872	5		1124 2	.99618	11	Oregon 400—600 m								
<b>Gruppe 6:</b>								1125 3	.99551	11					
1050 1	.56864	5	Vancouver Island	1126 4	.99995	11									
1051 2	.36377	5	Vancouver Island	<b>Gruppe 12:</b>											
1054 3	.51557	6	Washington <400 m	1097 1	.67352	6	Washington <400 m								
1058 4	.56733	6		1102 2	.36356	5	Vancouver Island								
1060 5	.70391	10	Oregon <400 m	1117 3	.79261	4	Coastal B.C. >600 m								
1063 6	.82994	6		1118 4	.79003	12	Oregon >600 m								
1064 7	.36250	8	Washington >600 m	1120 5	.54619	12									
1067 8	.26068	5	Vancouver Island	1121 6	.37926	4	Coastal B.C. >600 m								
1073 9	.31230	12	Oregon >600 m	<b>Gruppe 13:</b>											
1075 10	.52205	6		1134 1	.99012	11	Oregon 400—600 m								
1076 11	.44437	12	Oregon <400 m	1149 2	1.00000	13	California und Mexico								
1077 12	.37259	6		1152 3	1.00000	13									

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 $\bar{x}$	Frost $\bar{x}$	Höhe $\bar{x}$	Frost $\bar{x}$	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	11,22	10,00	44,74
2	152,08	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	12,53	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	23,41	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	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 Anbaugebiete 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 dependence upon the orographic 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. — CHUNG, K. K. and D.

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

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

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 Kulturreverschen 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, Rheinstr. 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 précoce dans la sélection des arbres forestiers, en particulier au point de vue de la croissance. Dissertation 1968, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat Gembloux, 242 S. — PHARIS, R. P. und FERELL, 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. *Forstarchiv* 43, 5–12, 1972. — SCHÖBER, R.: Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland, Holland und Dänemark. Allgemeine Forstzeitschrift 8, 145–152, 1959. — SORENSEN, F.: Two Year Results of a West East Transsect-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 Gruppenabstandzuwachses 1969, Manuscript Geogr. Institut, Universität Zürich, Blümisalpstr. 10 — nicht veröffentlicht. — DE VECCHI-PELLATI, E.: Evolution and Importance of Land Races in Breeding. Second World Consultation on Forest Tree Breeding, 1969, Washington, S. 1–13. — WHEELER, Project F 760: Comparative Development 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. FRANKLIN<sup>1)</sup>

(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:

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

where  $\sigma_{XY}$  = covariance of parents and offspring,  
 $\sigma_X^2$  = 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:

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

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 ( $\sigma_X^2$ ) 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

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