



## 2. Material

Bei der Wahl der Herkunftbestände wurden alle größeren Teilvorkommen (HAYASHI 1951) mit mindestens einem Bestand erfaßt; dieser Umstand dürfte die Repräsentativität des Materials für einen großen Teil des natürlichen Verbreitungsgebiets der Art sichern. *Tabelle 1* enthält die geographische Lage und Seehöhe der Herkunftbestände sowie Klimadaten nächstgelegener Stationen. Daraus geht die relativ starke Heterogenität der Umweltbedingungen, zumindest des Makroklimas innerhalb des Verbreitungsareals hervor.<sup>3)</sup>

Im allgemeinen wurden pro Bestand mindestens 10, meistens jedoch mindestens 20 Bäume beerntet (LANGNER 1958) und das so erhaltene Saatgut gemischt. Die Aussaat erfolgte im Frühsommer 1957 in Schmalenbeck. Beim Bestand 11 entstanden nur 25% der erwarteten Zahl von Sämlingen, so daß diese Herkunft nur an einem Teil der Versuchsorte ausgepflanzt werden konnten. Über das Keimungsverhalten der Herkünfte hat LANGNER (1960) berichtet.

## 3. Ergebnisse des Baumschulversuchs

### 3.1 Versuchsanlage und Aufnahmefethoden

Der Versuch LÄ 26 auf einem Baumschulstandort wurde mit einjährigen Sämlingen im dreifach wiederholten Zweisatzgitter, d. i. mit 6 Wiederholungen, angelegt.

Die Größe der quadratischen Parzellen betrug anfänglich 144 Pflanzen im Verband 20 × 20 cm; nach systematischer Entnahme jeder zweiten Pflanze in beiden Erstreckungen der Versuchsfläche ein Jahr später bestanden die Parzellen noch aus 36 Pflanzen im Verband 40 × 40 cm; nach Wieder-

Tab. 1. — Standortsangaben der Herkunftbestände

Region	Bestand	nördl. Breite	östl. Länge	Seehöhe (m)	Temp. (°C)	Niederschlag (mm)
Jahresmittel						
A	1	35° 26'	138° 41'	1320	6,2	1820
	2	35° 24'	138° 43'	1760	5,0	1760
	3	35° 22'	138° 43'	2425	1,2	2500
B	4	35° 57'	138° 43'	1500	6,5	1360
C	5	36° 3'	138° 24'	1775	6,1	1550
	6	36° 1'	138° 26'	1750	5,4	1480
	7	36° 6'	138° 17'	1600	5,1	1430
	8	36° 3'	138° 20'	1700	5,4	1700
	9	35° 56'	138° 19'	1450	6,8	1560
	10	35° 57'	138° 20'	1750	6,1	1330
	11	35° 45'	138° 13'	1500	6,5	1720
D	12	35° 27'	138° 6'	2000	4,0	2840
	13	36° 46'	139° 27'	1360	5,5	2250
E	14	36° 47'	139° 27'	1490	6,8	2470
	15	36° 47'	139° 33'	1700	5,3	2590
	16	36° 39'	138° 30'	1750	4,3	1800
G	17	36° 24'	138° 29'	1900	3,2	1890
	18	36° 24'	138° 34'	1425	6,2	1400
	19	36° 23'	138° 32'	1700	4,3	1570
H	23	35° 47'	137° 52'	1800	3,2	2380
I	20	36° 15'	137° 38'	1620	5,0	2320
	21	36° 48'	137° 48'	2180	1,1	3680
	22	36° 26'	137° 41'	1380	5,6	1670
	24	35° 54'	137° 34'	1380	6,9	2130
	25	36° 4'	137° 43'	1920	3,3	2300

<sup>3)</sup> SCHÖBER (mündl. Mitt.) machte nach Fertigstellung der Arbeit darauf aufmerksam, daß die in *Tab. 1* angegebenen Jahresmittel von Temperatur und Niederschlag nicht genügend für die jeweiligen Seehöhen korrigiert seien. Beim Vergleich der Angaben SCHÖBER'S (für die auch an dieser Stelle bestens gedankt werden soll) mit denen der *Tab. 1* stellte sich jedoch im Fall der Temperatur eine Korrelation von  $r = 0,795$  und im Fall des Niederschlags von  $r = 0,902$  heraus, so daß die auf die unkorrigierten Werte gestützten Berechnungen der späteren Kapitel nicht mehr neu erstellt wurden.

Tab. 2. — Zusammenstellung der am Baumschulversuch LÄ 26 erhobenen Merkmale

Nr.	Merkmal	Alter	Bemerkungen
1	Pflanzenhöhe	2	Messung auf 0,5 cm an 144 Pflanzen pro Parzelle
2	"	3	" " 36 "
3	"	4	" " 9 "
4	"	5	" " 9 "
5	Pflanzengewicht	5	Wägung der Sproßteile von 5 Pflanzen pro Parzelle im März nach der 5. Vegetationsperiode in frischem Zustand; Angabe in kg
6	Schaftgewicht	5	desgl. für die Schäfte
7	Astgewicht	5	desgl. für die Äste
8	Gewichtsanteil des Schafts	5	Quotient der beiden Merkmale 6 und 5; Angabe in %
9	Raumdicke des Schaftholzes	5	Messung je einer Probe aus 0,5 m Höhe der 5 Bäume von Merkmal 5; Angabe in g
10	Jahringbreite	5	mittlere Ringbreite zwischen Mark und Rinde der Proben von Merkmal 9; Angabe in mm
11	Wachstumsbeginn	5	Sichtbarwerden von Nadeln an der Terminalknospe
12	Zeitpunkt des Austreibens am Terminaltrieb	5	Sichtbarwerden von Nadeln an den Seitenknospen des Terminaltriebs
13	Austrieb der Seitenzweige	5	Sichtbarwerden von Nadeln an der Hälfte aller Seitenknospen
14	Zeitpunkt der Knospenbildung	4	Anteil der Pflanzen mit Endknospe am 28. August in %
15	Abschluß der Herbstverfärbung	4	völlige Verfärbung der Nadeln am Terminaltrieb
16	Zeitpunkt des Nadelabfalls	4	Abfall aller Nadeln am Terminaltrieb
17	Zeitpunkt der Verholzung	4	Verholzung des Terminaltriebs
18	Nadelfarbe im Sommer	4	Verteilung von 6 Grünabstufungen am 30. September
19	Rindenfarbe	5	Verteilung von 4 Farbabstufungen von gelb bis violett am 7. März

holung der Entnahme ein weiteres Jahr später verblieben noch 9 Pflanzen im Verband 80 × 80 cm.

*Tabelle 2* zeigt eine Übersicht über die erhobenen Merkmale. Diese Erhebungen erfolgten an den Einzelpflanzen; den Auswertungen wurden jeweils die Parzellenmittel zugrunde gelegt. Bei der Bonitur der Merkmale 11, 12 und 13 erhielten am ersten Tag des auf der Fläche beginnenden Austriebs alle ausgetriebenen Pflanzen die Note 1. Sodann wurde in zweitägigen Abständen die Zunahme des Austriebs verfolgt und die laufende Nummer des Bonitierungstages als Note gegeben. Note 10 bedeutet somit Austrieb 18 Tage nach dem ersten Bonitierungstag. Die Merkmale 15 bis 17 wurden in dreitägigen Abständen bonitiert und das Erreichen des Endzustands erhielt die Note, die dem jeweiligen Bonitierungstag entsprach. Note 10 bedeutet hier etwa Abschluß des beobachteten Vorgangs 27 Tage nach der überhaupt zuerst abschließenden Pflanze. Da in beiden Fällen die Abstände von zwei bzw. drei Tagen genau eingehalten wurden, entspricht einer Note also auch die Häufigkeit der Bonitierung bis zum Austrieb oder Abschluß. Für das Merkmal 14 wurde nur eine einzige Beobachtung an einem Stichtag — dem 28. August — durchgeführt, und die erhaltenen Prozentwerte für die varianzanalytische Auswertung winkeltransformiert. Die Farbmerkmale 18 und 19 wurden von OSTWALD'Schen Farbtafeln in sechs bzw. vier Abstufungen erfaßt; der dunkelste Farbton erhielt dabei die höchste Note.

### 3.2 Ergebnisse

Zwischen sämtlichen Mittelwerten der *Tabelle 3* wurden signifikante Unterschiede festgestellt. Als Folge des unter Baumschulbedingungen optimalen Wachstums betrug im Alter von 5 Jahren der Unterschied zwischen der raschestwüchsigen Herkunft 6 und der am langsamsten wachsenden Herkunft 19 bereits 1,10 m. Dieser starken Differenzierung entspricht auch eine beträchtliche Variation der Pflanzengewichte: das durchschnittliche Frischgewicht fünfjähriger

Tab. 3. — Herkunftsmittel im Baumschulversuch LÄ 26 (Schlüssel der Merkmale s. Tab. 2)

Region	Bestand	Merkmal																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	1	20	77	164	268	12,3	6,1	6,2	49,6	0,357	5,5	17,7	11,9	3,9	35	10,1	14,0	28,2	2,00	2,30
	2	18	72	151	258	11,7	5,5	6,2	50,7	0,369	5,3	17,1	11,6	3,4	78	8,4	12,7	25,9	2,07	2,17
	3	20	74	153	276	11,1	5,6	5,5	50,1	0,367	5,3	18,0	13,5	3,9	93	7,1	10,7	23,0	2,30	2,26
B	4	26	91	175	283	12,3	6,6	5,7	54,2	0,343	5,0	17,4	11,7	3,0	56	9,0	12,0	27,5	2,07	2,28
C	5	25	101	194	312	17,3	9,9	7,5	56,5	0,342	5,9	17,1	12,0	2,8	78	7,3	10,7	22,7	2,09	2,20
	6	26	103	202	323	19,5	11,2	8,4	57,0	0,351	6,1	16,6	11,2	2,6	82	8,0	11,7	24,9	2,09	2,22
D	7	21	82	175	296	12,6	7,1	5,5	56,4	0,334	5,5	14,3	9,2	2,5	82	7,0	10,6	23,6	2,64	2,21
	8	25	94	177	297	13,3	7,3	5,9	53,9	0,351	5,4	18,2	13,4	3,0	72	9,1	12,5	23,6	2,20	2,33
	9	19	76	169	279	11,7	6,0	5,6	51,2	0,344	5,4	16,7	11,5	2,9	74	8,4	11,8	24,1	2,22	2,45
	10	19	80	169	284	12,4	6,7	5,7	52,6	0,350	5,2	17,4	11,9	3,1	63	8,7	12,0	23,9	2,09	2,30
E	11	19	70	149	246	8,8	4,3	4,5	48,5	0,342	4,9	18,2	12,3	3,8	63	9,2	11,8	21,9	2,07	2,22
	12	19	78	165	274	12,1	6,1	6,0	50,5	0,342	5,8	17,6	12,2	3,2	72	9,2	12,0	23,9	2,20	2,10
F	13	22	86	167	279	13,2	6,7	6,6	50,0	0,346	5,4	19,8	16,7	4,9	94	5,4	8,9	19,3	2,17	2,19
	14	22	83	169	279	13,5	6,7	6,8	49,6	0,351	5,7	17,7	13,5	3,6	95	6,2	9,7	18,0	2,24	2,37
	15	21	80	171	290	14,7	7,6	7,1	50,7	0,346	5,6	17,4	13,5	3,6	87	6,4	9,9	20,9	2,20	2,32
G	16	19	81	172	286	14,6	8,3	6,3	56,7	0,345	5,7	17,2	12,0	3,0	96	6,4	9,6	17,5	2,32	2,51
H	17	19	75	166	290	12,8	7,4	5,5	57,6	0,334	6,0	16,5	11,0	3,0	91	6,5	9,7	19,8	2,17	2,33
	18	15	58	133	241	9,8	5,1	4,7	52,3	0,348	5,4	14,9	11,5	3,5	100	6,6	11,0	18,5	2,24	2,02
	19	16	54	124	213	7,6	3,7	3,9	49,1	0,342	4,6	15,5	11,9	3,3	87	7,0	10,7	20,3	2,39	2,21
I	23	19	78	161	272	11,5	6,3	5,1	55,4	0,355	5,3	17,2	11,9	3,0	74	8,1	11,0	21,3	2,06	2,28
	20	17	72	162	281	11,4	6,1	5,3	53,4	0,363	5,4	16,7	10,4	2,7	69	8,6	11,9	25,2	2,00	2,15
Mittel	21	13	56	123	215	6,0	2,8	3,2	53,5	0,367	4,6	20,1	15,9	7,1	100	4,6	7,4	7,6	2,33	2,31
	22	19	72	160	271	11,3	6,3	5,1	55,7	0,364	5,3	16,8	10,0	2,6	65	9,2	13,0	23,2	2,17	2,10
	24	19	86	180	298	13,9	7,6	6,3	54,8	0,335	5,6	17,0	10,6	2,6	80	6,6	9,8	23,6	2,04	2,14
	25	19	87	176	295	13,7	7,4	6,3	54,2	0,368	5,4	16,9	11,3	2,8	98	6,4	9,6	19,7	2,22	2,33
	Mittel	20	92	164	276	12,3	6,6	5,8	52,8	0,350	5,4	17,2	12,1	3,4	79	7,6	11,0	21,9	2,18	2,25

Pflanzen betrug für die beiden genannten Herkunftse 3,9 bzw. 1,5 kg. Die Differenzen zwischen den beiden Herkunftse betragen 40% des Versuchsmittels bei der Höhe und 100% beim Gewicht, wobei hinsichtlich des Gewichts das untere Extrem, die Herkunft 21 mit sehr schlanken Stämmchen, noch nicht einmal berücksichtigt wurde.

Während der beobachteten vier Jahre überschneiden sich die „Wachstumskurven“ der Herkunftse wenig. Auch entspricht rasches oder langsames Wachstum im allgemeinen hoher oder geringer Bruttoholzsubstanz im winterkahlen Zustand. Bei Betrachtung der Herkunftsmittel im Anteil des Schaftgewichts am Gesamtgewicht fällt auf, daß raschwüchsige Nachkommenschaften auch relativ wenig ästig sind. Die Korrelation der Mittelwerte beträgt  $r = +0,49^*$ ; man hätte erwarten können, daß die Herkunftse mit größerer Mittelhöhe im Durchschnitt auch bessere Kronen ausgebildet haben und daß daher die Randbäume solcher Parzellen auch mehr Astsubstanz erzeugen<sup>3)</sup>.

Die Raumdichte des Schaftholzes zeigt auch nach Bereinigung der Parzellenmittel von der Kovariation zur Jahrringbreite Unterschiede zwischen den Nachkommenschaften (WIPPERMANN 1964). Die Raumdichte ist kaum mit dem Höhenwachstum bis zum Entnahmejahr korreliert ( $r = -0,23$ ).

Der Austrieb der Terminalknospen erstreckte sich im Jahre 1961 über einen Zeitraum vom 19. 3 bis 2. 5., der Austrieb der Seitenknospen am Terminaltrieb nur vom 19. 3. bis 22. 4. und der Austrieb aller übrigen Seitenknospen gar nur vom 9. 3. bis 27. 3. (bei einer Maßeinheit von zwei Tagen bedeutet beim Austrieb der Seitenknospen ein Mittelwert von 3,0 mittleren Austrieb am 13. 3.). In der genannten Reihenfolge nimmt damit die Variationsbreite der Einzel-

bäume stark ab, wie dies auch in den Gesamtmitteln zum Ausdruck kommt. Einem hohen Gesamtmittel müßte bei dieser Art der Bonitierung auch eine ausgeprägte Streuung der Einzelbäume innerhalb der Parzellen entsprechen, während einem niedrigen Mittel eine zeitlich zusammengedrängte Variation entspricht. Beim Austrieb der Terminalknospe würde daher mehr Variation zwischen Einzelbäumen vorliegen.

Vielleicht läßt sich dieses Ergebnis mit der unterschiedlichen Bedeutung der 3 Merkmale für die Anpassung von Beständen — Unterpopulationen nach STERN (1964) — und Einzelbäumen (hier größte Bedeutung der Terminalknospe) an die Umwelt erklären, wenn auch im Mittel aller Herkunftse zuerst die Seitenknospen, dann die Seitenknospen am Terminaltrieb und zuletzt die Terminalknospe austreiben. Auch diese weitverbreitete Form der Anpassung an Klimate mit Strahlungsfrösten ist natürlich durch Auslese entstanden, aber allen Herkunftsen gemeinsam. Die mittlere Differenz zwischen dem Austrieb der Terminalknospe und den darunter inserierten Seitenknospen des Terminaltriebs beträgt schon etwa 11 Tage. Die ganz überwiegend lineare Regression des Austriebstermins der Terminalknospe auf den der darunterliegenden Seitenknospen liegt mit  $b = 0,966^{**}$  nahe bei 1, wie das LANGNER und STERN (1964) auch für Bestands- und Einzelbaumnachkommenschaften von Fichte (*Picea abies*) feststellten.

Die Vergilbung war beim ersten Baum am 18. 10. abgeschlossen und erstreckte sich im Folgenden ebenfalls über viele Wochen. So war sie bei der spätesten Nachkommenschaft 1 im Mittel erst um den 16. 11. abgeschlossen. Von der Vergilbung nimmt über den Nadelabfall die Variationsbreite zwischen Einzelbäumen zum Zeitpunkt der Verholzung hin zu. Vielleicht kann man hierin den besonderen

<sup>3)</sup> Hier und im folgenden bedeuten \* Signifikanz bei  $P = 0,05$ ; \*\* bei  $P = 0,01$  und \*\*\* bei  $P = 0,001$ .

Wert des letzteren Merkmals für die Anpassung von Einzelbäumen sehen. Jedoch gilt auch hier die Einschränkung, daß der negative Extremwert, also der Termin, zu dem an einem Einzelbaum das beobachtete Phänomen zuerst auftrat, keinen sehr verlässlichen Weiser darstellt. Versuchsfehler und unterschiedliche Streuung innerhalb der einzelnen Nachkommenschaften (MÜNCH 1949) belasten derartige Überlegungen mit großen Unsicherheiten. Die zu einem relativ späten Zeitpunkt (das Gesamtmittel beträgt 79%) durchgeführte Ermittlung der Zahl der Einzelbäume mit ausgebildeter Endknospe zeigt im wesentlichen gute Übereinstimmung mit den übrigen drei zum Vegetationsabschluß im Zusammenhang stehenden Merkmalen. LANGNER und STERN (1965) fanden bei der faktorenanalytischen Untersuchung der geographischen Variation von 34 Baumschulmerkmalen an 22 dieser Herkünfte, daß zehn der mit dem Vegetationsabschluß korrelierten Merkmale alle mit dem gleichen und zwar dem ersten Faktor geladen waren. Außerdem stand der ganze Komplex dieser Merkmale im Zusammenhang mit der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge am Herkunftsort des Erntebestandes.

Auffallend ist das Verhalten der Herkünfte 1 und 3 bzw. 21, die lange nach, beziehungsweise vor den anderen Herkünften, abschließen. Herkunft 1 besitzt als spätestabschließende überhaupt die geringste Seehöhe; im Gegensatz zu der anderen Hochlagenherkunft 21 zeigt Herkunft 3 etwa mittleres Verhalten und besitzt nicht ebenfalls extreme Werte. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Herkünften hat LANGNER (1964) eingehend beschrieben.

Auch in den beiden Merkmalen Nadel- und Rindenfarbe bestehen Herkunftsunterschiede, die aber sehr komplexer Natur sein dürften und hier nur der Vollständigkeit halber mitgeteilt werden.

In ihrer Untersuchung über die Natur der geographischen Variation und Kovariation an 22 der hier verwendeten Herkünfte haben LANGNER und STERN (1965) nur für einzelne Merkmale nennenswerte klinale Variation festgestellt. Bei der angewandten faktorenanalytischen Auswertung schloß nur in wenigen Fällen ein Komplex von am Versuchsmaterial erhobenen Merkmalen auch einen Klimafaktor oder wenigstens die geographische Lage des Herkunftsbestandes ein. Es erweist sich dementsprechend auch als nicht sinnvoll, einzelne Merkmale des Versuchsmaterials mit Eigenschaften des Milieus am Herkunftsort in Zusammenhang zu bringen: der vermutlich für die Anpassung auch von Herkünften

eine Rolle spielende Termin der Verholzung des Terminaltriebs zeigt sich nach LANGNER und STERN (1965) selbst mit der Niederschlagsmenge am Herkunftsort nicht signifikant korreliert, obwohl diese die einzige mit dem gleichen Faktor geladene Milieueigenschaft des Herkunftsortes darstellt.

Als Ergänzung zu den Untersuchungen von LANGNER und STERN (1965) wurden noch die Unterschiede zwischen den bei der Beerntung der Herkunftsbestände erfaßten Regionen untersucht. Hierbei wurde jedoch die Betrachtung auf die einzelnen Merkmale beschränkt. Die Untersuchung dieser Unterschiede geht von der Hypothese aus, daß zwischen den auf Höhen über 1200 m beschränkten Teilvorkommen auf einzelnen Gebirgsstöcken (HAYASHI 1951, SCHÖBER 1953, PLOCHMANN 1961) wenig Genaustausch stattfindet bzw. stattgefunden hat. In diesem Fall könnten also Unterschiede in den ursprünglichen Genfrequenzen zwischen diesen Regionen und unterschiedliche Ausleseverhältnisse zu Unterschieden in der Merkmalsausprägung zwischen den Mitteln dieser Regionen geführt haben (STERN 1964). *Tabelle 4* zeigt die über die einzelnen Herkünfte errechneten Mittelwerte für die 9 unterschiedenen Regionen. Da drei Regionen nur durch je eine Herkunft vertreten sind, leisten diese jedoch keinen Beitrag zur Streuung innerhalb der Regionen. Dabei ist freilich auch zu beachten, daß die Einbeziehung der nur durch eine Herkunft vertretenen Regionen die Varianz der als Maß für die Größe der Regionsunterschiede benutzten Intraklaßkorrelationen erhöhen mußte (SWIGER, HARVEY, EVERSON and GREGORY 1964). Die Einbeziehung dieser Regionen erfolgte indessen in dem Bestreben, die Repräsentativität für einen möglichst großen Anteil des Verbreitungsgebiets der Art zu erhalten. Auf die Notwendigkeit dieser Definition hat KRIEBEL (1965) hingewiesen.

*Tabelle 5* zeigt die aus nicht balancierten Varianzanalysen (Einweg-Klassifikation) der 25 Herkunftsmittel geschätzten Intraklaßkorrelationen für Herkünfte gleicher Regionen nebst dem Ergebnis der Signifikanztests der Mittelquadrate für die Unterschiede zwischen den Mitteln der Regionen. Die Intraklaßkorrelationen wurden geschätzt nach

$$\frac{\sigma^2_R}{\sigma^2_R + \sigma^2_B}$$

worin  $\sigma^2_R$  die Varianz zwischen den Mittelwerten der Regionen und  $\sigma^2_B$  die Varianz zwischen Beständen gleicher

Tab. 4. — Mittelwerte der 9 erfaßten Regionen von Herkunftsbeständen im Baumschulversuch Lã 26 (Schlüssel der Merkmale s. Tab. 2)

Region	Zahl der Bestände																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	3	19	74	156	267	11,7	5,7	6,0	50,1	0,364	5,4	17,6	12,3	3,7	69	8,5	12,5	25,7	2,12	2,24
B	1	26	91	175	283	12,3	6,6	5,7	54,2	0,343	5,0	17,4	11,7	3,0	56	9,0	12,0	27,5	2,07	2,28
C	6	23	89	181	299	14,5	8,0	6,4	54,6	0,345	5,6	16,7	11,5	2,8	75	8,1	11,6	23,8	2,22	2,29
D	2	19	74	157	260	10,5	5,2	5,3	49,5	0,342	5,4	17,9	12,3	3,5	68	9,2	11,9	22,9	2,14	2,16
E	3	22	83	169	283	13,6	7,0	6,8	49,0	0,348	5,6	18,3	14,6	4,0	92	6,0	9,5	19,4	2,20	2,29
F	1	19	81	172	286	14,6	8,3	6,3	56,7	0,345	5,7	17,2	12,0	3,0	96	6,4	9,6	17,5	2,32	2,51
G	3	17	62	141	248	10,1	5,4	4,7	53,0	0,341	5,3	15,6	11,5	3,3	93	6,7	10,5	19,5	2,27	2,19
H	1	19	78	161	272	11,5	6,3	5,1	55,4	0,355	5,3	17,2	11,9	3,0	74	8,1	11,0	21,3	2,06	2,28
I	5	17	78	161	272	11,3	6,0	5,2	54,3	0,359	5,3	17,5	11,6	3,6	82	7,1	10,3	19,9	2,15	2,21
Mittel	25	20	92	164	276	12,3	6,6	5,8	52,8	0,350	5,4	17,2	12,1	3,4	79	7,6	11,0	21,9	2,18	2,25

Tab. 5. — Intraklaßkorrelationen für Regionen mit Angabe der Signifikanzgrenzen für die Mittelquadrate „zwischen Regionen“ bei den Merkmalen des Baumschulversuchs L.ä 26 (Schlüssel der Merkmale s. Tab. 2)

Merkmal	1	0,47*	Merkmal	11	0,09
	2	0,73***		12	0,03
	3	0,27		13	0
	4	0,12		14	0
	5	0,07		15	0,03
	6	0,08		16	0,18
	7	0,15		17	0,17
	8	0,48*		18	0
	9	0,48*		19	0
	10	0			

Regionen (jeweils nach Mittelung über die 6 Parzellen des Feldversuchs) bezeichnen.

Nur bei zwei Messungen des Höhenwachstums, dem Gewichtsanteil des Schafts am Pflanzengewicht und der Raumdichte sind die Regionsunterschiede signifikant und erklären etwa die Hälfte oder mehr der Variation zwischen allen Herkunftsmitteln. Strenggenommen ist nur bei diesen Merkmalen die Bildung von Mittelwerten über die zu einer Region gehörigen Bestände verlässlich. Die starke Differenzierung der Regionen in den Endhöhen nach der 3. Vegetationsperiode seit der Saat spiegelt unter Umständen die Reaktion auf die in Norddeutschland außerordentliche Dürre im Jahre 1959 wider: Für einen anderen Versuch mit dem gleichen Material im Alter von 7 Jahren haben SCHÖNBACH, BELLMANN und SCHEUMANN (1966) die Boniturergebnisse von Dürreschäden mitgeteilt; hieraus lassen sich signifikante Unterschiede zwischen den Mitteln der 9 Regionen ableiten, welche 47% der Variation der Herkunftsmittel erklären. Unter Umständen ist dies ein Hinweis darauf, daß die Reaktion auf Dürre und als Folge davon die Pflanzenhöhen am Ende eines Trockenjahres bei den zu einer Region gehörigen Herkunftstypen ähnlich sind. Die genannten Boniturergebnisse stammen aus einem Jahr mit weniger Niederschlägen am Versuchsort während der Vegetationsperiode, als dem langjährigen Mittel von nur 310 mm entspricht, während die Herkunftsorte der Bestände ja wesentlich höhere Niederschläge (vgl. Tab. 1) und ganz allgemein viel günstigere Feuchtigkeitsverhältnisse aufweisen.

Auf den scharfen Kontrast zwischen dem Klima im Habitat der Japanlärche und dem im deutschen Anbaubereich hat SCHÖBER (1953) aufmerksam gemacht. Das Klima im natürlichen Verbreitungsgebiet ist außer durch kalte, trockene Winter vor allem durch viel Wärme, reichliche Niederschläge und hohe relative Luftfeuchtigkeit während der Vegetationsperiode ausgezeichnet. Besonders der Wasserversorgung wird in diesem Zusammenhang von SCHÖBER (1953) besondere Bedeutung zugemessen.

Warum allerdings gerade unter extremen Bedingungen ein in sich ähnliches Verhalten der Regionen vorliegt, bleibt offen. Eine Interpretation des Tatbestands bei den Pflanzenhöhen im Alter von zwei Jahren sowie Gewichtsanteil des Schafts und der Raumdichte im Alter von fünf Jahren ist nicht leicht zu finden.

Faßt man die Regionen als rein geographische Ökotypen (WRIGHT and BULL 1963) auf, so variiert innerhalb der Regionen die Seehöhe der Herkunftsorte beträchtlich. Vielleicht wäre nach Abspaltung der klinalen Variation der Merkmale zur Höhenlage des Herkunftsorts (STERN 1958) ein klareres Bild über die Unterschiede zwischen den Regionen zu erwarten. Nach Weglassung der Herkunftstypen 4, 16 und 23 (d. i. die Herkunftstypen, die allein eine Region repräsentieren) ergab die kovarianzanalytische Auswertung der verbliebe-

nen 22 Herkunftsmittel in allen 19 Merkmalen zusätzlich Signifikanz der Unterschiede zwischen den Mitteln der Regionen bei den Merkmalen 11, 14, 15, 16 und 17, also beim Austrieb der Terminalknospe und bei den Merkmalen der Herbstphänologie. Dies widerspricht nicht den Ergebnissen von LANGNER und STERN (1965), die für die Herbstphänologie nur im Zusammenhang mit der (zur Seehöhe nicht signifikant korrelierten) Niederschlagsmenge am Herkunftsort klineale Variation feststellten. Jedoch liegt hier ein Fall vor, in dem der unterschiedliche Erfolg multivariater Betrachtung der Variation von Merkmalen (bei einer allerdings geringfügig verschiedenen Stichprobe der Herkunftstypen) gegenüber der mehr herkömmlichen Betrachtungsweise zutage tritt.

Abschließend sei noch zur Versuchsgenauigkeit bemerkt, daß die mittels der Varianzkomponenten geschätzte Wiederholbarkeit des Feldversuchs bei den 19 Merkmalen der Tabelle 2 zwischen 0,72 und 0,97 liegt, wenn man von den beiden Farbmerkmalen (0,40 und 0,56) absieht. Für die ersten 8 Merkmale wurde zudem die Varianz der unvollständigen Blocks berücksichtigt, was bei den vier Höhenmessungen ohne Einfluß der sich mit dem Alter vermindern- den Anzahl von Pflanzen pro Parzelle eine Verringerung des Versuchsfehlers um 15–17% erbrachte. Der besseren Vergleichbarkeit halber wurden jedoch auch für die ersten vier Merkmale nur die unkorrigierten Herkunftsmittel verwendet.

#### 4. Frostschäden

##### 4.1 Winterfrost

Die Ergebnisse zu diesem Merkmal übersandte J. W. WRIGHT<sup>4)</sup> (schriftliche Mitteilung an LANGNER vom 28. 1. 1963); sie stützen sich auf einen Versuch in Michigan in den Vereinigten Staaten. Der mit 4 Wiederholungen angelegte Versuch enthielt nicht die Herkunftstypen 3, 20 und 21 (vgl. LANGNER und STERN 1965).

Nach dem auf die Aussaat folgenden Winter wurde an den Sämlingen gemessen, wie weit sie zurückgefroren waren. Bei einer mittleren Pflanzenhöhe des Versuchs von 8,7 cm waren durchschnittlich 2,9 cm zurückgefroren. Die 22 Herkunftstypen unterscheiden sich bei  $F = 3,16^{***}$  hochsignifikant. Der Anteil der Variation der Herkunftstypen an der Gesamtvariation des Versuchs belief sich auf 29%. Tabelle 6 zeigt in Spalte (1) die Herkunftsmittel der Messungen des Winterfrostschadens.

Bei der Zerlegung der Variation der Mittel aller Herkunftstypen in die Variation zwischen und innerhalb der 9 Herkunftstypengebiete stellte sich heraus, daß — wohl infolge der großen Unterschiede in der Höhenlage der einzelnen Bestände innerhalb der Regionen — sich die Regionen selbst nicht unterscheiden. Dies ist erst dann der Fall, wenn die Herkunftsmittel vom Trend zur Höhenlage des Herkunftstypenbestandes bereinigt werden ( $F = 3,14^*$ ). Die allgemeine Korrelation zwischen der Seehöhe und den Herkunftsmitteln im Frostschaden beträgt  $r = 0,32$ , sie ist nicht signifikant. Diese Korrelation ist aber innerhalb der Regionen mit  $r = 0,56^*$  überzufällig und erklärt 32% der Variation der Herkunftstypen innerhalb der Regionen. Es ergibt sich daraus folgendes Bild: Bei der Rückführung der Daten über Winterfrostschäden der Herkunftstypen auf gleiche Höhenlage sind Unterschiede zwischen den 9 unterschiedenen Regionen vorhanden. Es ist also bei Beachtung der Höhenlage berechtigt, von unterschiedlicher Gefährdung der Herkunftstypen aus

<sup>4)</sup> Für die Überlassung des Materials sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

Tab. 6. — Herkunftsmittel der Winter- und Spätfrostschäden

Region	Herkunft	Winterfrost Michigan (1)	Spätfrost Graupa (2)	Spätfrost Nordhorn (3)	Spätfrost Berlin (4)
A	1	2,8	3	2,33	2,53
	2	3,8	2	2,00	2,15
	3	-	2	2,33	1,67
B	4	4,8	3	2,66	2,17
C	5	4,4	2,5	2,00	1,65
	6	3,2	2,5	1,50	1,78
	7	2,6	3	2,66	1,83
	8	4,4	2	1,66	1,72
	9	3,8	3	2,00	1,83
	10	4,4	2,5	2,33	2,15
D	11	3,8	3	-	2,67
	12	2,2	3	2,66	2,50
E	13	2,4	1	1,50	1,55
	14	0,8	1	1,50	1,57
	15	1,6	0,5	1,50	1,80
F	16	0,6	1,5	2,33	1,62
G	17	0,6	2	2,16	1,62
	18	3,8	1,5	1,50	1,82
	19	1,0	2	2,16	2,03
H	23	4,0	1,5	2,66	1,50
I	20	-	3	2,50	1,90
	21	-	0,5	2,60	1,20
	22	3,8	2	2,66	1,78
	24	4,8	3	2,66	1,85
	25	1,4	2	2,83	1,80
Mittel		2,9	2,1	2,20	1,87

bestimmten Regionen zu sprechen. Für eine solche Region gilt dann, daß mit zunehmender Höhenlage immer weniger Schaden durch Winterfrost auftrat, und zwar besaß dieser Zusammenhang eine Bestimmtheit von 32%. Es muß hier natürlich offen bleiben, inwieweit diese an verhältnismäßig jungen Bäumen gewonnenen Ergebnisse die Verhältnisse während der Folgejahre und vor allen Dingen im Bestandesalter widerspiegeln können.

#### 4.2 Spätfrost

Im zweiten Frühjahr nach der Saat (am 29. 4. 1959) wurden in der Baumschule Graupa bei Dresden von SCHÖNBACH<sup>5)</sup> Bonituren von Spätfrostschäden vorgenommen (schriftliche Mitteilung an LANGNER vom 26. 5. 1959). Bei der Bonitur kam dieses Schema zur Anwendung: 0 = ohne Schäden; 1 = etwa 20% der Nadeln braun verfärbt; 2, 3, 4 und 5 bedeuteten entsprechend 40, 60, 80 bzw. 100% braun verfärbt. Die mitgeteilten Werte sind in Spalte (2) der Tabelle 6 aufgenommen. Nimmt man an, daß nicht Standortsunterschiede für die Variation der Frostschäden zwischen den Herkünften verantwortlich waren (was nicht ohne weiteres zu belegen ist), so ergibt sich bei Anwendung des H-Tests nach KRUSKAL und WALLIS Verschiedenheit der sechs durch je mindestens zwei Bestände vertretenen Regionen ( $P < 0,05$  für  $\chi^2$ ). Weitere Aufnahmen von Frostschäden wurden auf den Teilflächen LÄ 27 und LÄ 32 der eingangs erwähnten Feldversuchsserie durchgeführt.

Auf dem Versuch LÄ 27 im Gebiet des Forstamts Nordhorn der Landwirtschaftskammer Weser-Ems erfolgten die Bonituren im Jahre 1962, jedoch erst im November<sup>6)</sup>. Der dortige Feldversuch gehört wie der folgende zu der erwähnten Feldversuchsserie; er wurde 1958 gepflanzt. Dabei

<sup>5)</sup> Für die Überlassung des Materials sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

<sup>6)</sup> Herrn Revierförster KEMMERER sei für die selbständige Durchführung dieser Arbeiten gedankt.

wurden die jeweils 6 Parzellen jeder Herkunft (außer der dort nicht vertretenen Herkunft 11) mit den Noten 0 = kein Schaden, 1 = schwacher Schaden, 2 = mittlerer Schaden und 3 = starker Schaden belegt; die Note 0 kam jedoch nicht vor. Nach Behandlung der nicht normal verteilten Daten mit FRIEDMAN's Test ergaben sich zwischen den 24 Herkünften ( $\chi^2 = 59,117^{***}$ ) als auch zwischen den 6 Wiederholungen ( $\chi^2 = 28,917^{***}$ ) hochsignifikante Unterschiede. Die Herkunftsmittel dieses Merkmals stehen in Spalte (3) der Tab. 6. Auf diese Mittel über 6 Wiederholungen konnte eine Streuungserlegung angewendet werden (vgl. den zentralen Grenzwertsatz), die signifikante Unterschiede ( $F = 4,97^{**}$ ) zwischen den 9 Regionen ergab; diese Unterschiede sind für 61% der Unterschiede zwischen allen Herkünften verantwortlich. Es sei hier erwähnt, daß die am wenigsten geschädigten Herkünfte ein Mittel von 1,50 besaßen, daß aber eine anstatt der Herkunft 11 enthaltene Absaat eines deutschen Japan-Lärchen-Bestands (Lensahn i. Holstein) mit einem Mittelwert von nur 1,16 weit weniger geschädigt wurde als das autochthone Material der Japan-Lärche.

Mitte Mai 1965 wurden auf der Teilfläche LÄ 32 im Revier des Forstamtes Berlin-Spandau<sup>7)</sup> Spätfrostschäden einzelbaumweise mit Noten 1, 2 und 3 (stärkster Befallsgrad) bonitiert. Die Herkunftsmittel sind in Spalte (4) der Tabelle 6 zusammengestellt. Die 150 Parzellenmittel des alle 25 Herkünfte enthaltenden Versuchs konnten varianzanalytisch ausgewertet werden, da nach Mittelbildung über die jeweils 16 Bäume pro Parzelle eine Annäherung der Verteilung der Daten an die Normalverteilung unterstellt werden konnte (Tab. 7). Neben den Unterschieden zwischen den Wiederholungen sind wiederum Unterschiede zwischen den Herkunftsgebieten festzustellen; dank der genauen Versuchsanlage gelang es auch, für Herkunftsbestände innerhalb dieser Gebiete Verschiedenheit nachzuweisen. Etwas mehr als die Hälfte (57%) der gesamten Variation war auf genetische Unterschiede zurückzuführen. In einer mit dem Ergebnis von Nordhorn vergleichbaren Streuungserlegung der 25 Herkunftsmittel ergab sich, daß 50% der Herkunftsunterschiede durch Unterschiede zwischen den Gebieten bedingt sind.

Im Unterschied zu den Verhältnissen beim Winterfrostschaden sind die Spätfrost-Schadensgrade bei Beständen innerhalb gleicher Regionen nicht zur Seehöhe des Herkunftsortes korreliert.

#### 4.3 Zusammenhänge zwischen den Schadensmerkmalen

Zur Ergänzung der Tabelle 6 sind in Tabelle 8 die Korrelationskoeffizienten der einzelnen Frostschadensmerkmale wiedergegeben. Diese Korrelationen wurden für Regionen und für alle Herkunftsbestände getrennt geschätzt, da bei Gruppierung der Herkunftsbestände zu Regionen die Ko-

Tab. 7. — Streuungserlegung der Spätfrostschäden auf dem Versuch LÄ 32

Variationsursache	Freiheitsgrade	SQ	MQ	Varianz	Intraklaßkorrelation
Gesamt	149	27,49			
alle Herkünfte	24	16,78			
Regionen	8	10,80	1,350*	0,061	0,312
Herkünfte					
in Regionen	16	5,98	0,374***	0,050	0,253
Wiederholungen	5	1,80	0,360***	0,011	0,058
Versuchsfehler	120	8,81	0,074	0,074	0,377

<sup>7)</sup> Dem Forstamt wird für die Durchführung der Bonituren vielmals gedankt.

Tab. 8. — Rangkorrelationen zwischen den vier Erhebungen von Frostschäden. Koeffizienten im *Kursivdruck* wurden für Auftreten gleicher Ränge korrigiert; die Größenordnung der Korrekturen beeinflusst nicht die Vergleichbarkeit.

Korrelation zwischen den Gruppenmitteln (7 Freiheitsgrade)			
	(2)	(3)	(4)
(1)	0,538	0,542	0,229
(2)		0,471	0,903***
(3)			0,225

  

Korrelationen zwischen allen Herkünften (Freiheitsgrade in Klammern)			
	(2)	(3)	(4)
(1)	0,163	0,150	0,270
(2)	(20)	(19)	(20)
		0,411*	0,739***
(3)		(22)	(23)
			0,253
			(22)

varianzen auch zwischen den Regionsmitteln getrennte Beurteilung verlangen.

Der Winterfrostscha den ist zwischen Regionen und zwischen allen Herkünften nicht mit dem Spätfrostschaden korreliert. Für dieses Merkmal gilt wie für alle anderen hier betrachteten Merkmale, daß entsprechend den Unterschieden im Alter der Versuchsbäume und entsprechend der unterschiedlichen Umweltverhältnisse solche Korrelationen von vornherein als nicht sehr straff zu erwarten sind. Speziell gilt für den Winterfrostscha den, daß eine Korrelation zur Spätfrostwiderstandsfähigkeit nicht wahrscheinlich wäre; die Widerstandsfähigkeit gegen Spät- und Winterfrost stellt Anpassung an ganz verschiedene Außen einflüsse dar.

Auch die einzelnen Spätfrostbonituren zeigen im allgemeinen wenig Übereinstimmung; nur die Verschulung in Graupa ist mit der Aufnahme auf dem Versuch Lä 32 recht straff korreliert, was vielleicht auf die ähnlichen kontinentalen Klimaverhältnisse zurückzuführen ist. Im übrigen sind aber solche Korrelationen durch Wechselwirkungen zwischen Genotypen und Umwelt belastet, die sich auf den allgemeinen Gesundheitszustand der Pflanzen auswirken; ferner ist das Datum des Frosteintritts nicht in allen Fällen bekannt und sicher verschieden, und die einzelnen Objekte waren verschieden alt. Zwischen allen Herkünften läßt sich schließlich noch die Korrelation zwischen der Verschulung in Graupa und dem Versuch Lä 27 sichern.

Für den Versuch Lä 26 in Schmalenbeck standen Erhebungen des Zeitpunkts der Endknospenbildung (Merkmal 14 der Tabellen 2 und 3) und der Verholzung des Terminaltriebs (Merkmal 17) zur Verfügung; diese sind mit  $r = -0,53^*$  bzw.  $r = 0,61^{**}$  zum Winterfrostscha den in Michigan korreliert. In Michigan selbst zeigt der Termin der Endknospenbildung erst recht straffe Korrelationen zum Winterfrost, und zwar ist  $r = -0,70^{***}$  (LANGNER und STERN 1965). Das negative Vorzeichen der Korrelationen zur Bonitierung der Endknospenbildung rührt daher, daß hier einem hohen Prozentwert bereits weit fortgeschrittener Vegetationsabschluß entspricht. Von den Spätfrostschäden in den Spalten (2), (3) und (4) der Tabelle 6 ist nur der Frostschaden in Nordhorn mit dem Zeitpunkt des Austriebs der Seitenknospen am Terminaltrieb schwach korreliert; der Koeffizient  $r = 0,40^*$  läßt vielleicht einen sehr späten Frost-

eintritt vermuten, so daß die später treibenden Herkünfte zunehmend weniger geschädigt wurden.

Trotz der schwachen Korrelationen zwischen den einzelnen Schadensmerkmalen untereinander läßt sich jedoch nach Tabelle 6 von generell unterschiedlicher Schädigung der Herkünfte aus verschiedenen Gebieten sprechen. Wenig geschädigt wurden die Gebiete E mit den Herkünften 13, 14 und 15 sowie G mit den Herkünften 17, 18 und 19. Für die drei erstgenannten Herkünfte kommen SCHÖNBACH, BELLMANN und SCHEUMANN (1966) zu gleichen Ergebnissen. Hohe Empfindlichkeit der Herkünfte 1, 2 und 3 sowie geringe Empfindlichkeit der Herkunft 21 gegen Früh- und Winterfrost fanden die genannten Autoren in Übereinstimmung mit den von SIMAK (schriftliche Mitteilung vom 18. 1. 1966) in Schweden gemachten Beobachtungen.

Hinsichtlich der Herkünfte 1 und 2 kommt HAISSIG (1961) zu einem ähnlichen Ergebnis. Der betreffende Versuch wurde 1958 ausgesät und im Frühjahr 1961 auf Hastings Farm, Pack Forest, Warrensburg, N. Y. in den Vereinigten Staaten in 6 Wiederholungen ausgepflanzt. Es fehlen dort die Herkünfte 3, 20 und 21; von der Herkunft 12 sind nur 3 Parzellen vorhanden. Auf 123 Parzellen wurde im Herbst des gleichen Jahres bonitiert, ob eine oder mehrere Pflanzen vom Frühfrost geschädigt waren (Tab. 9). Wenn auch die Unterschiedlichkeit der Herkünfte in diesem Versuch schwer nachzuweisen ist, so befinden sich doch die Herkünfte aus den Regionen E und G in typischer Weise unter den am wenigsten geschädigten.

Im ganzen gesehen liegt bei den mit Frostschäden in Zusammenhang stehenden Merkmalen die Tendenz unterschiedlichen Verhaltens der 9 unterschiedenen Regionen vor, während dies bei den Merkmalen der Tabelle 3 nicht so eindeutig der Fall ist. Vielleicht liegt bei den Frostschäden eine Parallele zu den von SCHÖNBACH, BELLMANN und SCHEUMANN (1966) näher untersuchten Dürreschäden vor, so daß man den Schluß auf eine regionsweise unterschiedliche Reaktion auf extreme Umweltverhältnisse außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets ziehen könnte.

Tab. 9. — Frostschäden bei 21 der Herkünfte am 26. 10. 1961 im Staate New York

Region	Herkunft	Zahl geschädigter Parzellen	Zahl ungeschädigter Parzellen
A	1	2	4
	2	2	4
B	4	3	3
	5	0	6
C	6	2	4
	7	2	4
	8	1	5
	9	1	5
	10	2	4
	12	1	2
D	13	0	6
	14	1	5
	15	0	6
E	16	1	5
	17	0	6
F	18	0	6
	19	1	5
	23	2	4
G	22	3	3
	24	2	4
	25	1	5

Die Fortsetzung des Textes dieser Arbeit folgt im Heft 1 der *Silvae Genetica* 18 (1969).