

Die Variation der Kotyledonenanzahl bei einigen Pinus contorta-Herkünften

Von E. MASCHNING¹⁾

Einleitung

Im Verlauf eines Gewächshaus- und Baumschulversuchs mit verschiedenen *Pinus contorta*-Herkünften wurden auch Kotyledonenzählungen durchgeführt. Über die Variation dieses Merkmals und seine Beziehungen zu einigen anderen Herkunftsmerkmalen soll hier berichtet werden. — Die mittlere Kotyledonenanzahl von Herkünften wurde in der letzten Zeit häufiger in Untersuchungen über das Variationsmuster einer Baumart einbezogen und mit geographischen Herkunftsangaben, dem Samengewicht oder mit Sämlingsmerkmalen korreliert. Bei *Pinus contorta* Dougl. sind dem Verfasser außer den Angaben von LAING (1954) und MIROV (1967), die aber nur die Variationsbreite der Kotyledonenanzahl bei zwei Unterarten bzw. bei der gesamten Art mitteilen, bisher keine weiteren Untersuchungen bekannt geworden.

Material und Untersuchungsmerkmale

Bei dem Untersuchungsmaterial handelt es sich um die 35 Herkünfte, die im Jahre 1968 vom IUFRO-Coordinating Centre of the Working Group on Procurement of Seed for Provenance Research, Humlebaek, Denmark eingesammelt

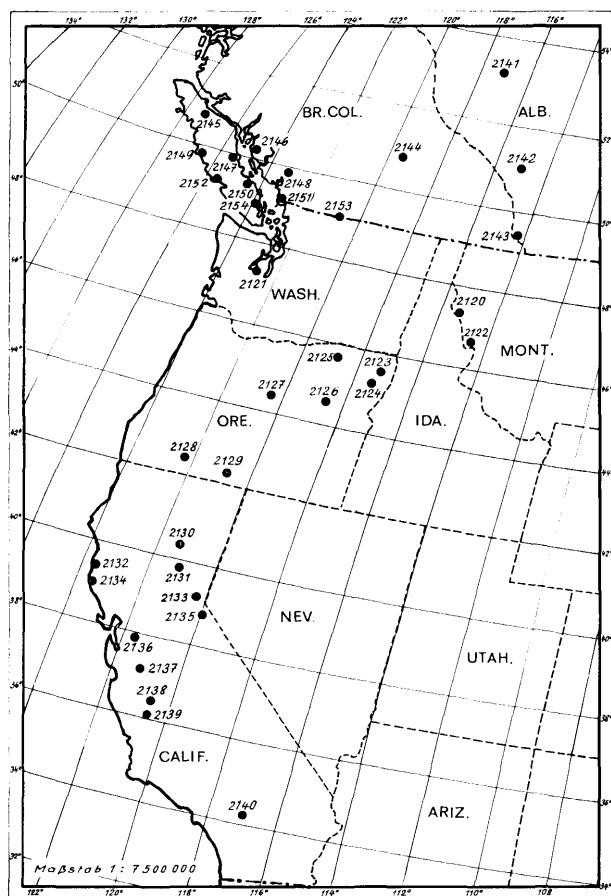


Abb. 1. — Geographische Lage der untersuchten 35 *Pinus contorta*-Herkünfte. IUFRO-Einsammlung 1968, Provenienz-Nr. 2120—2154.

¹⁾ Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft.

Tab. 1. — Mittlere Kotyledonenzahlen, geographische Herkunftsangaben und 1000-Korngewichte (nach H. BARNER) der *P. contorta*-Herkünfte. Die in der Spalte „mittlere Kotyledonenanzahl“ angegebenen Klammern schließen Gruppen ein, die sich nach dem durchgeführten DUNCAN-Test klar voneinander trennen lassen.

IUFRO Nr.	\bar{x}_1 mittlere Koty- ledonenanzahl	\bar{x}_2 Breitengrad ° N	\bar{x}_3 Längengrad °	\bar{x}_4 Höhe über N.N. m	\bar{x}_5 1000-Korn- gewicht g
2148	3,36		49° 54'	123° 10'	427
2146	3,47		50° 01'	120° 46'	137
2147	3,48		49° 59'	125° 29'	290
2145	3,50		50° 40'	120° 22'	23
2144	3,51		50° 43'	119° 27'	1524
2153	3,55		49° 04'	120° 46'	1128
2152	3,58		49° 05'	125° 47'	23
2150	3,60		49° 22'	120° 32'	61
2149	3,66		49° 35'	126° 37'	8
2141	3,69		53° 16'	117° 09'	1204
2151	3,72		49° 09'	120° 06'	6
2154	3,77		48° 55'	123° 45'	61
2121	3,78		47° 25'	120° 40'	76
2143	3,98		49° 26'	115° 25'	1772
2142	4,02		51° 01'	115° 02'	1494
2120	4,07		47° 22'	115° 24'	945
2122	4,13		46° 40'	114° 33'	1341
2124	4,15		45° 19'	111° 24'	1524
2132	4,17		39° 29'	123° 48'	15
2125	4,21		45° 10'	118° 43'	1280
2134	4,30		38° 58'	123° 42'	30
2123	4,40		45° 38'	117° 16'	1311
2127	4,40		44° 29'	120° 25'	1341
2128	4,46		42° 23'	122° 12'	1509
2136	4,47		37° 51'	119° 40'	2408
2126	4,48		44° 32'	118° 34'	1494
2138	4,55		36° 27'	118° 36'	2408
2137	4,72		37° 11'	115° 12'	2195
2129	4,78		42° 18'	120° 47'	1615
2139	5,01		36° 06'	118° 32'	2164
2135	5,16		38° 48'	119° 58'	2347
2140	5,16		34° 13'	116° 59'	247
2130	5,24		40° 21'	121° 29'	1494
2131	5,38		39° 53'	121° 08'	1615
2133	5,39		39° 13'	120° 12'	1879

wurden. Die geographische Lage dieser Herkünfte ist in Abbildung 1 dargestellt. Genaue Herkunftsangaben²⁾ einschließlich der gefundenen mittleren Kotyledonenzahlen und der 1000-Korngewichte²⁾ enthält Tabelle 1. Die in dieser Tabelle angegebenen 5 Variablen wurden für eine Regressions- und Korrelationsrechnung benutzt. Aus der geographischen Verbreitung der Herkünfte ist zu ersehen, daß alle 4 von CRITCHFIELD (1957) ausgeschiedenen Unterarten im Untersuchungsmaterial vertreten sind. —

Die Samen wurden Ende Februar 1970 in mit feuchtem Fließpapier ausgelegten ca. 30 X 50 cm großen Plastikschenken ausgesät. Die Schalen waren mit Glasplatten abgedeckt. Zur Verhinderung von Überhitzungsschäden durch Sonneninstrahlung — die Plastikschenken standen in einem Gewächshaus — wurden sie zeitweilig mit Papier bedeckt. Sobald bei der Keimung die Radicula eine Länge von etwa 0,5 cm erreicht hatte, wurden die Keimlinge in mit Einheitserde gefüllte kleine Jiffytöpfchen pikiert, und diese Tortötöpfchen wurden zum besseren Manipulieren wieder in Plastikschenken der erwähnten Größe gestellt. In jeder Schale konnten 96 Jiffytöpfchen untergebracht werden. Sobald die

²⁾ Die Angaben entstammen dem Circular No. 6, IUFRO-Coordinating Centre of the Working Group on Procurement of Seed for Provenance Research, Humlebaek, Denmark. Herrn H. BARNER sei für diese Angaben gedankt.

Tab. 2. — Varianzanalyse der nach \sqrt{x} transformierten Kotyledonenzahlen.

Ursache	FG	SO	MO	F-Wert	VK	IK
Herkünfte	34	140,1858	4,1231	148,85 ^{***}	0,0213	0,4347
Wiederholungen	1	0,0223	0,0223	-	-	-
Herkünfte \times Wiederholungen	34	1,1529	0,0339	1,23 ⁻	0,0001	0,0020
Rest	6650	183,7670	0,0276		0,0276	0,5633
Gesamt	6719	325,1280				

In der vorliegenden Arbeit bedeuten:

- : nicht signifikant
- x : signifikant bei $P = 0,05$
- xx : signifikant bei $P = 0,01$
- xxx : signifikant bei $P = 0,001$

Kotyledonen sich voll entfaltet hatten, wurde die Kotyledonenzahl an $2 \times 96 = 192$ Sämlingen je Herkunft gezählt.

Untersuchungsergebnisse

Im Gegensatz zu MIROV (1967), der als untere Zahl für die Gattung *Pinus* 3 und für *Pinus contorta* 3 bis 8 Kotyledonen angibt, wurden im Untersuchungsmaterial 2 bis 9 Kotyledonen gefunden. Das Versuchsmittel betrug $4,21 \pm 0,92$ Kotyledonen. Zwei Kotyledonen fanden sich an je einem Sämling der Herkunft Nr. 2144 und 2148, sowie an zwei Sämlingen der Herkunft Nr. 2146. Ein Sämling mit 9 Kotyledonen wurde in der Herkunft Nr. 2121 festgestellt. Aus der Abb. 1 ist zu ersehen, daß diese Abweicher aus dem nördlichen Teil des Untersuchungsmaterials stammen. —

Mit den nach \sqrt{x} transformierten Einzelwerten wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse gibt Tab. 2 wieder. Herkünfte unterscheiden sich hochsignifikant voneinander. Ein Wiederholungseffekt, der hier aus der Art der Versuchsdurchführung (kontinuierliches Pikieren der 192 Sämlinge) mit starken Einschränkungen als Unterschied zwischen früher und später gekeimten Sämlingen gedeutet werden könnte, war nicht nachzuweisen. Herkünfte trugen mit 43,47% zur Gesamtvarianz bei, während auf den Rest 56,33% entfielen. Der Anteil der Wechselwirkung „Herkünfte \times Wiederholungen“ mit 0,20% ist unbedeutend. —

Aufgrund des Ergebnisses der Varianzanalyse konnte ein DUNCAN-Test durchgeführt werden. Mit diesem Test ließen sich die 35 Herkünfte in 4 Gruppen teilen (siehe Tab. 1 Spalte „mittl. Kotyledonenzahl“), zwischen denen signifikante Differenzen bestanden. Herkünfte aus British-Columbia einschließlich der einen vertretenen Herkunft aus Washington und der Herkunft Nr. 2141 aus dem nördlichen Alberta bilden mit ihren Kotyledonenzahlen von 3,36 bis 3,78 eine in sich geschlossene geographische Gruppe, die sich deutlich von den übrigen Herkünften abtrennen läßt. Vergleicht man diese Gruppe mit der Unterartengliederung von CRITCHFIELD (1957), so kann man feststellen, daß diese Gruppe sowohl Herkünfte der Unterart *P. contorta* ssp. *contorta* wie auch solche der *P. contorta* ssp. *latifolia* umfaßt. Nicht so klar liegen die Verhältnisse bei den folgenden beiden Gruppen, von denen die eine nur eine Herkunft umfaßt. Erst die Herkünfte 2130, 2131, 2133, 2135 und 2140 aus dem Inneren Californiens (*P. contorta* ssp. *murrayana* nach CRITCHFIELD) bilden wieder mit ihren mittleren Koty-

ledonenzahlen von 5,16 bis 5,39 eine klar abgrenzbare und geographisch übersichtliche Gruppe. Diese letzte Gruppe einschließlich einiger nördlich davon gelegener Herkünfte dürfte mit dem von LAING (1954) festgestellten Typ *P. murrayana*, für den er 4 bis 6 Kotyledonen angibt, übereinstimmen. Dagegen muß die hier zuerst ausgeschiedene Gruppe dem Typ *P. contorta* mit 3 bis 5 Kotyledonen zugeordnet werden. —

JEFFERS und BLACK (1963) konnten bei ihrer multivariaten Untersuchung an 9 *P. contorta*-Herkünften, die aber kalifornische Herkünfte nicht einbezog, für bestimmte Nadelmerkmale die Trennung in eine uneinheitlichere Küstenform (*P. contorta* ssp. *contorta*) und eine einheitliche Inlandform (*P. contorta* ssp. *latifolia*) bestätigen. Sie fanden aber andere Merkmale, die bestimmten Küsten- und Inlandherkünften ihres Untersuchungsmaterials gemeinsam waren und die eine andere und stärkere Untergliederung der Art nahelegen. Die Kotyledonenzahl mit ihrer großen Variationsbreite scheint ebenfalls ein solches Merkmal zu sein, das auf eine stärkere Untergliederung bei *Pinus contorta* hinweist. —

Von Interesse wäre es, die insgesamt 107 *P. contorta*-Herkünfte der IUFRO-Einsammlung 1966/67 hinsichtlich des Merkmals „Kotyledonenzahl“ ebenfalls zu vergleichen. Das Variationsmuster dieses Merkmals könnte dadurch vermutlich noch besser geklärt werden. —

Die über die Herkünfte bekannten 3 geographischen Variablen und die beiden Merkmale „1000-Korngewicht“ und „mittlere Kotyledonenzahl“ regten zu Regressions- und Korrelationsrechnungen an. In diesen Berechnungen bedeuten:

- X₁: mittlere Kotyledonenzahl
- X₂: Breitengrad (°N) (in den Rechnungen und Gleichungen in Minuten ausgedrückt)
- X₃: Längengrad (°W) (in den Rechnungen und Gleichungen in Minuten ausgedrückt)
- X₄: Höhe ü. N.N. (m)
- X₅: 1000-Korngewicht (g)

Zwischen dem Merkmal „mittl. Kotyledonenzahl“ und den übrigen Variablen konnten die in Tab. 3 mitgeteilten

Tab. 3. — Einfache und multiple Regressionsgleichungen zwischen der mittleren Kotyledonenzahl als abhängiges Merkmal und den übrigen Variablen. Breiten- und Längengrade wurden in Minuten ausgedrückt.

abhängiges Merkmal	a	Regressionskoeffizienten					Bestimmtheit (r^2)
		b ₂ (Breitengrad)	b ₃ (Längengrad)	b ₄ (Höhe ü. N.N.)	b ₅ (1000 - Korngewicht)		
mittl. Kotyledonenzahl (X ₁)	+ 8,58	- 0,0016					0,72
"	+ 11,91		- 0,0011				0,13
"	+ 3,62			+ 0,0005			0,52
"	+ 2,58				+ 0,3686		0,90
"	+ 1,28	- 0,0015	- 0,0006				0,77
"	+ 7,33	- 0,0013		+ 0,0002			0,79
"	+ 3,13	- 0,0006			0,3404		0,20
"	- 1,96		+ 0,00075	+ 0,00066			0,56
"	+ 4,25		- 0,00023		+ 0,3591		0,91
"	+ 2,63			+ 0,0001	+ 0,3320		0,91
"	+ 8,92	- 0,0013	- 0,00019	+ 0,00018			0,79
"	+ 3,07	- 0,00013		+ 0,00098	+ 0,3101		0,91
"	+ 2,83			- 0,000228	+ 0,00094		0,2331
"	+ 5,25	- 0,00022	- 0,00026		+ 0,3181		0,91
"	+ 3,75	- 0,00015	- 0,000081	+ 0,000079	+ 0,3089		0,91

einfachen und multiplen Regressionen gefunden werden. Bei den einfachen Regressionen verdienen nur die zwischen der Kotyledonenzahl und dem Breitengrad und die zwischen der Kotyledonenzahl und dem 1000-Korngewicht Beachtung. Die einfache Bestimmtheit erreicht im ersten Fall 0,72 und im letzten Fall 0,90. Erklärt man das Merkmal Kotyledonenzahl durch zwei Variable, so erreicht zwar die multiple Bestimmtheit bei Verwendung der Variablen X_2 und X_3 0,77 bzw. bei Verwendung der Variablen X_2 und X_4 0,79, aber die beiden Variablen X_2 und X_5 lassen es auf 0,90 steigen. Im letzten Fall ist B also genau so groß wie bei alleiniger Verwendung der Variablen X_5 . Hier deutet sich schon die starke Interkorrelation zwischen den Variablen X_2 und X_5 an. Die multiple Bestimmtheit erreicht maximal 0,91 und das, wie aus Tab. 3 zu ersehen ist, sowohl bei Verwendung von 2 Variablen (X_3 , X_5 bzw. X_4 , X_5) wie auch bei 3 und allen 4 Variablen. Allerdings muß X_5 als wichtigste Variable immer in die Berechnungen einzbezogen werden. —

Die Abb. 2 und 3 zeigen noch einmal graphisch die gefundenen einfachen Abhängigkeiten zwischen der „mittl. Kotyledonenzahl“ und dem „Breitengrad“ bzw. dem „1000-Korngewicht“. Aus beiden Abbildungen ist zu ersehen, daß

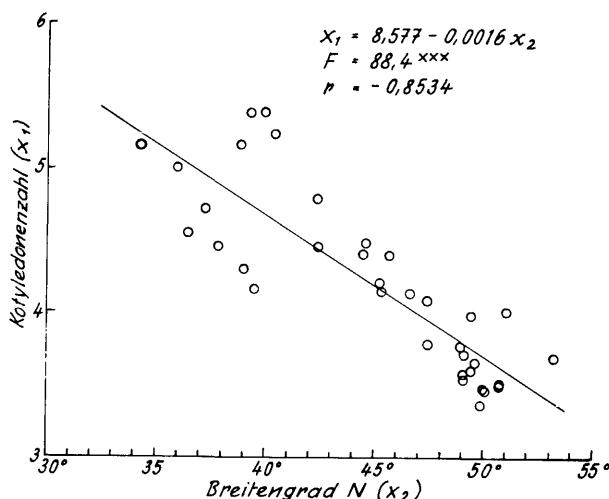


Abb. 2. — Abhängigkeit der mittleren Kotyledonenzahl vom Breitengrad der Herkünfte. In der Regressionsgleichung wird der Breitengrad in Minuten ausgedrückt.

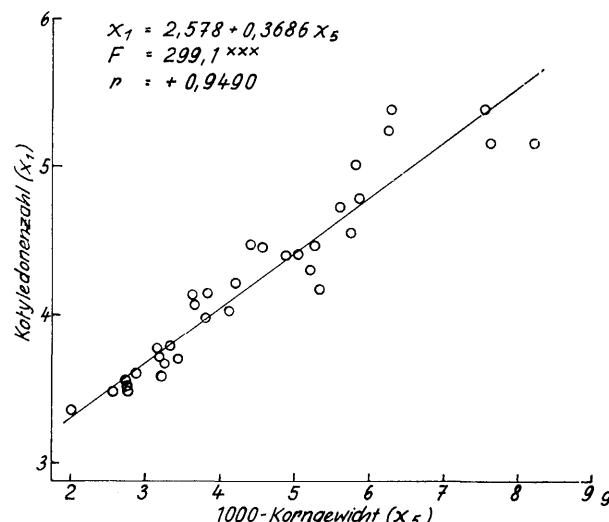


Abb. 3. — Abhängigkeit der mittleren Kotyledonenzahl vom 1000-Korngewicht der Herkünfte.

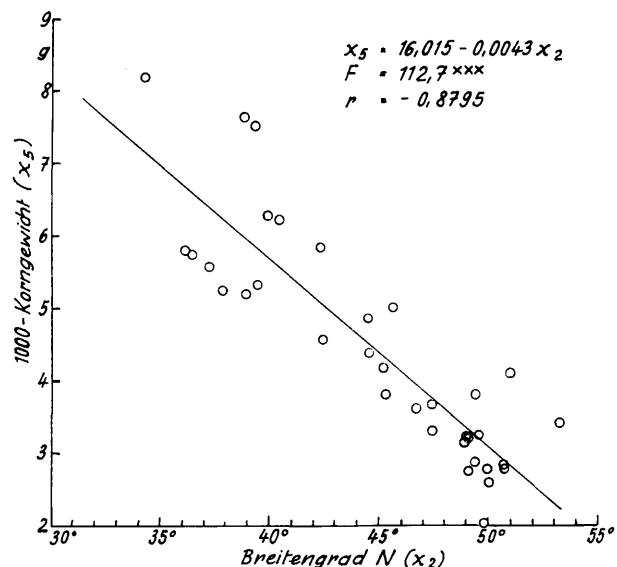


Abb. 4. — Abhängigkeit des 1000-Korngewichtes vom Breitengrad der Herkünfte. In der Regressionsgleichung wird der Breitengrad in Minuten ausgedrückt.

die untersuchten südlichen Herkünfte, das sind, wie aus Tab. 1 zu ersehen ist, auch die Herkünfte mit dem höheren 1000-Korngewicht, eine stärkere Abweichung von der Regressionsgeraden aufweisen als die nördlichen Herkünfte. —

Klarer werden die Beziehungen zwischen der Kotyledonenzahl und den übrigen Variablen, wenn man die Tabelle der einfachen und partiellen Korrelationskoeffizienten betrachtet (Tab. 4). Ein ursprünglich hoher einfacher negativer Korrelationskoeffizient zwischen der Kotyledonenzahl und dem Breitengrad vermindert sich auf einen unbedeutenden Rest, sobald bei einer partiellen Korrelationsrechnung das 1000-Korngewicht als auszuschaltende Variable eingeführt wird. Die übrigen Variablen vermindern diese Beziehung nur in einem recht geringen Maße. Die Korrelationskoeffizienten $X_1 : X_3$ und $X_1 : X_4$ werden ebenfalls unbedeutend, sobald die übrigen Variablen ausgeschaltet werden. Ein beachtenswerter partieller Korrelationskoeffizient bei Ausschaltung aller übrigen Variablen verbleibt nur zwischen der Kotyledonenzahl und dem 1000-Korngewicht ($r = + 0,77$). Alle übrigen Variablen stehen mit der Kotyledonenzahl in keiner Beziehung, oder sie sind nur, wie der Breitengrad, über das 1000-Korngewicht mit ihr verbunden.

Wird das 1000-Korngewicht als abhängige Variable genommen und mit den anderen Variablen in Beziehung gesetzt, so findet man die in Tab. 5 zusammengestellten einfachen und multiplen Regressionen. Mit ausreichender Bestimmtheit wird das 1000-Korngewicht durch eine einfache Regression nur durch die Kotyledonenzahl ($B = 0,90$) und durch den Breitengrad ($B = 0,77$) erklärt. Während die erste Beziehung schon in Abb. 3 dargestellt wurde, ist die zweite Beziehung in Abb. 4 zu sehen. Die multiple Bestimmtheit für das Merkmal 1000-Korngewicht erreicht mit 0,92 schon bei Verwendung der beiden Variablen Kotyledonenzahl und Breitengrad ihren Höchstwert. Welchen dominierenden Einfluß die Kotyledonenzahl auf die multiplen Regressionen und Bestimmtheiten ausübt, läßt sich aus der Tab. 5 ersehen. Auch bei Verwendung aller vier unabhängigen Variablen steigt die multiple Bestimmtheit für das Merkmal „1000-Korngewicht“ nicht über 0,92. —

Tabelle 6 mit den einfachen und partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen dem 1000-Korngewicht und den an-

Tab. 4. — Einfache und partielle Korrelationskoeffizienten zwischen der mittleren Kotyledonenzahl und den übrigen Variablen.

Korrelation zwischen den Variablen	ausgeschaltete Variablen	x_2 (Breitengrad)	x_3 (Längengrad)	x_4 (Höhe ü. N.N.)	x_5 (1000-Korgewicht)
$x_1 x_2$	-	- 0,85			
$x_1 x_3$	-		- 0,37		
$x_1 x_4$	-			+ 0,72	
$x_1 x_5$	-				+ 0,95
$x_1 x_2$	x_3	- 0,86			
$x_1 x_2$	x_4	- 0,74			
$x_1 x_2$	x_5	- 0,12			
$x_1 x_3$	x_2		- 0,40		
$x_1 x_3$	x_4		+ 0,27		
$x_1 x_3$	x_5		- 0,23		
$x_1 x_4$	x_2			+ 0,46	
$x_1 x_4$	x_3			+ 0,70	
$x_1 x_4$	x_5			+ 0,32	
$x_1 x_5$	x_2				+ 0,80
$x_1 x_5$	x_3				+ 0,94
$x_1 x_5$	x_4				+ 0,90
$x_1 x_2$	$x_3 x_4$	- 0,72			
$x_1 x_2$	$x_3 x_5$	- 0,18			
$x_1 x_2$	$x_4 x_5$	- 0,11			
$x_1 x_3$	$x_2 x_4$		- 0,09		
$x_1 x_3$	$x_2 x_5$		- 0,26		
$x_1 x_3$	$x_4 x_5$		- 0,02		
$x_1 x_4$	$x_2 x_3$			+ 0,26	
$x_1 x_4$	$x_2 x_5$			+ 0,31	
$x_1 x_4$	$x_3 x_5$			+ 0,22	
$x_1 x_5$	$x_2 x_3$				+ 0,78
$x_1 x_5$	$x_2 x_4$				+ 0,77
$x_1 x_5$	$x_3 x_4$				+ 0,89
$x_1 x_2$	$x_3 x_4 x_5$	- 0,12			
$x_1 x_3$	$x_2 x_4 x_5$		- 0,06		
$x_1 x_4$	$x_2 x_3 x_5$			+ 0,18	
$x_1 x_5$	$x_2 x_3 x_4$				+ 0,77

deren Variablen gibt nun zusätzlich zu Tab. 4 Aufschluß über die Beziehungen zwischen den Merkmalen. Betrachten wir nur die partiellen Korrelationskoeffizienten, bei denen alle anderen Variablen ausgeschaltet wurden. Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen dem 1000-Korgewicht und dem Breitengrad ($r_{\text{partiell}} = -0,40$). Zwischen der Kotyledonenzahl und dem Breitengrad besteht, wie wir aus Tab. 4 bereits sahen, aber kein Zusammenhang. Dagegen ist die Korrelation zwischen dem 1000-Korgewicht und der Kotyledonenzahl (siehe Tab. 4 und 6) recht beachtlich ($r_{\text{partiell}} = +0,77$). Die in Abb. 2 in Form einer einfachen Regression dargestellte Beziehung zwischen der Kotyledonenzahl und dem Breitengrad erweist sich damit als eine Beziehung, die nicht direkt, sondern nur indirekt über das Merkmal 1000-Korgewicht wirkt. Es sind diese 3 Variablen (1000-Korgewicht, Kotyledonenzahl und Breitengrad), die im vorliegenden Fall ein noch übersichtliches, durch multiple Regressions- und Korrelationsrechnung noch überschaubares System von Abhängigkeiten bilden.

Diskussion

Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellte Variation der Kotyledonenzahl bestätigt JEFFERS und BLACK's (1963) Ergebnis einer wesentlich stärkeren Untergliederung bei *Pinus contorta*. Auch MIROV (1967) bezeichnet sie als eine der variabelsten Kiefern-Arten des westlichen Nordamerika.

Tab. 5. — Einfache und multiple Regressionsgleichungen zwischen dem 1000-Korgewicht als abhängiges Merkmal und den übrigen Variablen. Breiten- und Längengrade wurden in Minuten ausgedrückt.

abhängiges Merkmal	a	Regressionskoeffizienten				Bestimmtheit (r^2)
		b_1 (mittl. Koty- ledonenzahl)	b_2 (Breitengrad)	b_3 (Längengrad)	b_4 (Höhe ü. N.N.)	
1000-Korgewicht (x_5)	- 5,86	+ 2,4435				0,90
"	+ 16,01		- 0,0043			0,77
"	+ 2,13			- 0,0023		0,10
"	+ 2,98				+ 0,00129	0,47
"	- 0,114	+ 1,88	- 0,0013			0,92
"	- 8,24	+ 2,48			+ 0,0003	0,90
"	- 5,87	+ 2,45			- 0,000039	0,90
"	+ 2,38		- 0,0042	- 0,0011		0,80
"	+ 1,37		- 0,0036		+ 0,00041	0,80
"	- 1,44			- 0,0023	+ 0,0017	0,52
"	- 0,44	+ 1,89	- 0,0012	+ 0,000036		0,92
"	- 0,15	+ 1,90	- 0,00126		- 0,000016	0,92
"	- 9,67	+ 2,40		+ 0,00054	+ 0,00012	0,90
"	+ 16,71		- 0,0037	- 0,00039	+ 0,00039	0,80
"	- 0,19	+ 1,90	- 0,00126	+ 0,000044	- 0,0000147	0,92

Tab. 6. — Einfache und partielle Korrelationskoeffizienten zwischen dem 1000-Korgewicht und den übrigen Variablen.

Korrelation zwischen den Variablen	ausgeschaltete Variablen	x_1 (mittl. Koty- ledonenzahl)	x_2 (Breitengrad)	x_3 (Längengrad)	x_4 (Höhe ü. N.N.)
$x_5 x_1$	-	+ 0,95			
$x_5 x_2$	-		- 0,88		
$x_5 x_3$	-			- 0,31	
$x_5 x_4$	-				+ 0,69
$x_5 x_1$	x_2	+ 0,80			
$x_5 x_1$	x_3	+ 0,94			
$x_5 x_1$	x_4	+ 0,90			
$x_5 x_2$	x_1		- 0,42		
$x_5 x_2$	x_3		- 0,88		
$x_5 x_2$	x_4		- 0,79		
$x_5 x_3$	x_1			+ 0,12	
$x_5 x_3$	x_2			- 0,31	
$x_5 x_3$	x_4			+ 0,31	
$x_5 x_4$	x_1				- 0,001
$x_5 x_4$	x_2			+ 0,36	
$x_5 x_4$	x_3			+ 0,68	
$x_5 x_1$	$x_2 x_3$	+ 0,78			
$x_5 x_1$	$x_3 x_4$	+ 0,89			
$x_5 x_1$	$x_4 x_2$	+ 0,77			
$x_5 x_2$	$x_1 x_3$		- 0,41		
$x_5 x_2$	$x_3 x_4$		- 0,77		
$x_5 x_2$	$x_4 x_1$		- 0,42		
$x_5 x_3$	$x_1 x_2$			+ 0,02	
$x_5 x_3$	$x_2 x_4$			- 0,07	
$x_5 x_3$	$x_4 x_1$			+ 0,16	
$x_5 x_4$	$x_1 x_2$			- 0,02	
$x_5 x_4$	$x_2 x_3$			+ 0,20	
$x_5 x_4$	$x_3 x_1$			+ 0,10	
$x_5 x_1$	$x_2 x_3 x_4$	+ 0,77			
$x_5 x_2$	$x_1 x_3 x_4$		- 0,40		
$x_5 x_3$	$x_1 x_2 x_4$			+ 0,001	
$x_5 x_4$	$x_1 x_2 x_3$			- 0,01	

CRITCHFIELD (1957) fand bei seinen Untersuchungen über die geographische Variation von *P. contorta* je nach Merkmal sowohl klinale als auch ökotypische Variationen. Keines der von ihm untersuchten Merkmale — die Kotyledonenzahl und das 1000-Korngewicht wurden von ihm nicht untersucht — zeigte aber eine klinale Verbindung zum Breitengrad, wie sie hier für das 1000-Korngewicht und die Kotyledonenanzahl in derartig klarer Form gefunden wurde. Die von CRITCHFIELD festgestellten Kline zum Breitengrad bezogen sich nur auf Teile des Gesamtverbreitungsgebietes (z. B. Harzkanalzahl für das Küstengebiet) oder die Kline bezogen sich auf andere ökologische Variable (z. B. Höhe).

Der allgemeine Trend (MIROV 1967) einer zunehmenden Kotyledonenanzahl mit steigendem Samengewicht konnte an dem vorliegenden Untersuchungsmaterial bestätigt werden. Auch bei anderen Nadelholzarten ist diese Beziehung bereits bekannt. So u. a. bei *Picea mariana* (MORGENSTERN 1969), bei *Picea abies* (HOLZER 1966) und bei *Pinus silvestris* und *Pinus nigra* (SCHÜTT et al. 1969).

Für die negative Beziehung zwischen dem 1000-Korngewicht und dem Breitengrad gibt es ebenfalls Beispiele. So bei *Pinus silvestris* (WRIGHT et al. 1963), *Pinus strobus* (GENYS 1968) und bei *Abies procera* bzw. *A. magnifica* (FRANKLIN et al. 1968).

Die am Untersuchungsmaterial gefundene negative einfache Korrelation zwischen der Kotyledonenanzahl und dem Breitengrad ist auch bei anderen Arten bereits bekannt. Beispielsweise bei *Pinus resinosa* (FOWLER 1965) und bei *Picea mariana* (MORGENSTERN 1969). Auch FRANKLIN et al. (1968) fanden bei *Abies procera*, *A. magnifica* und *A. magnifica* var. *shastensis* einen Breitengrad-Gradienten in der mittleren Kotyledonenanzahl.

Andere Beziehungen zwischen dem 1000-Korngewicht bzw. der Kotyledonenanzahl und dem Längengrad oder der Höhenlage, wie sie z. B. von SWEET (1965) und MORGENSTERN (1969) gefunden wurden, konnten bei den 35 *P. contorta*-Herkünften nicht nachgewiesen werden.

Zusammenfassung

1. An Sämlingen von 35 *Pinus contorta*-Herkünften aus dem 34. bis 53. Breitengrad und dem 114. bis 127. Längengrad schwankte die Kotyledonenanzahl zwischen 2 und 9.
 2. Die Herkünfte ließen sich in 4 Gruppen teilen, zwischen denen signifikante Unterschiede bestanden.
 3. Zwischen der mittleren Kotyledonenanzahl der Herkünfte und ihrem Breitengrad bzw. ihrem 1000-Korngewicht betrug der einfache Korrelationskoeffizient $r = -0,85$ bzw. $r = +0,95$.
- Ein beachtenswerter partieller Korrelationskoeffizient bei Ausschaltung aller übrigen Variablen (Breitengrad, Längengrad und Höhe) ließ sich nur zwischen der Kotyledonenanzahl und dem 1000-Korngewicht feststellen ($r_{part.} = +0,77$).

4. Zwischen dem 1000-Korngewicht der Herkünfte und dem Breitengrad betrug der einfache Korrelationskoeffizient $r = -0,88$. Bei Ausschaltung aller übrigen Variablen (Kotyledonenanzahl, Längengrad und Höhe) vermindert er sich auf einen partiellen Korrelationskoeffizienten von $r_{part.} = -0,40$.
5. Es wird gefolgert, daß die mittlere Kotyledonenanzahl der Herkünfte nicht direkt, sondern indirekt über das Merkmal 1000-Korngewicht mit dem Breitengrad in Beziehung steht.

Summary

1. The number of cotyledones of seedlings of 35 *Pinus contorta* provenances between the 34th and 53rd latitude and the 114th and 127th longitude varied between 2 and 9.
2. The provenances could be separated into 4 groups, which showed significant differences from each other.
3. The simple correlation coefficient was $r = -0,85$ or $r = +0,95$ respectively between the average number of cotyledones of the provenances and their latitude or their seed weight (1000 corn-weight). A distinctive partial correlation coefficient — excluding all other variables as latitude, longitude and altitude — was only observed between the number of cotyledones and the seed weight ($r_{part.} = +0,77$).
4. The simple correlation coefficient between the seed weight of the provenances and the latitude was $r = -0,88$. It is reduced to a partial correlation coefficient of $r_{part.} = -0,40$ when all the other variables are excluded (number of cotyledones, longitude and altitude).
5. It is concluded that the average number of cotyledones of the provenances is not directly related to the latitude but indirectly via the characteristic of the seed weight.

Literatur

- CRITCHFIELD, W. B.: Geographic variation in *Pinus contorta*. Maria Moors Cabot Foundation, Publ. No. 3, 118 pp., Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press (1957). — FOWLER, D. P.: Effects of inbreeding in Red Pine, *Pinus resinosa* Ait. II. Pollination studies. *Silv. Genetica* 14, 12—23 (1965). — FRANKLIN, J. F., and GREAHOUSE, T. E.: Seed origin studies: noble California red fir species complex. *Proc. W. For. Nurs. Coun. 1968*, 11—16a. — GENYS, J. B.: Geographic variation in Eastern White Pine. Two-year results of testing range-wide collections in Maryland. *Silv. Genetica* 17, 6—12 (1968). — HOLZER, K.: Die Vererbung von physiologischen und morphologischen Eigenschaften der Fichte. I. Sämlingsuntersuchungen. Mitteilungen der Forstl. Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn, Heft 71 (1966). — JEFFERS, J. N. R., and BLACK, T. M.: An analysis of variability in *Pinus contorta*. *Forestry* 36, 199—218 (1963). — LAING, E. V.: Studies of variation in conifers. Great Britain Forestry Commission. Report on forest research for year ending March 1953, 121—122 (1954). — MIROV, N. T.: The genus *Pinus*. The Ronald Press Company, New York (1967). — MORGENSTERN, E. K.: Genetic variation in seedlings of *Picea mariana* (Mill.) BSP. I. Correlation with ecological factors. *Silv. Genetica* 18, 151—160 (1969). — SCHÜTT, P., NEUMANN, P., und SCHUCK, H.-J.: Zur quantitativen Morphologie von Koniferen-Sämlingen. Methodische Beiträge zur individuellen Frühdiagnose bei Forstpflanzen. *Forstwiss. Cbl.* 88, 133—149 (1969). — SWEET, G. B.: Provenance differences in Pacific Coast Douglas Fir. I. Seed and Seedlings characteristics. *Silv. Genetica* 14, 46—56 (1965). — WRIGHT, J. W., and BULL, W. I.: Geographic variation in Scotch Pine. *Silv. Genetica* 12, 1—25 (1963).