

pro Parzelle im 1,5 × 1,5 m Verband angelegt. Inspektionen auf der Fläche ergaben bereits in den ersten Jahren nach der Pflanzung, daß zwischen je zwei Wiederholungen systematische Unterschiede in den Wuchsbedingungen vorlagen. Während die Versuchsbäume auf zwei Wiederholungen, die nachfolgend als „günstiger Teilstandort“ zusammengefaßt werden, sich ohne größere Fremdkonkurrenz entwickeln konnten, waren die Versuchsbäume der beiden anderen Wiederholungen — nachfolgend als „ungünstiger Teilstandort“ zusammengefaßt — stark bedrängt von Fremdhölzern (hauptsächlich Fichte) und Unterwuchs (besonders Brombeere). Diese Unterschiede wurden durch Messungen der Versuchsbäume in den Folgejahren bestätigt. Die Wuchsleistung aller Versuchsglieder war auf dem „günstigen Teilstandort“ über mehrere Jahre im Mittel um ca. 17% höher als auf dem „ungünstigen Teilstandort“. Aufgrund dieser Beobachtungen und Meßergebnisse wurde bei der Endauswertung von dem ursprünglichen Versuchsplan abgewichen und der „Wiederholungseffekt“ durch den Faktor „Teilstandort“ ersetzt. Auf diese Weise war es möglich, einige Informationen über die relative Bedeutung von genetischem Einfluß und Umweltmodifikation auf die Variation der Merkmale zu erhalten.

Insgesamt wurden für die einzelnen Auswertungen folgende Merkmale zugrunde gelegt:

- (1) Pflanzenhöhe nach einem Versuchsjahr (dreijährige Bäume)
- (2) Pflanzenhöhe nach zwei Versuchsjahren (vierjährige Bäume)
- (3) Pflanzenhöhe nach fünf Versuchsjahren (siebenjährige Bäume)
- (4) Jährlicher Höhenzuwachs im Mittel zwischen dem zweiten und fünften Versuchsjahr
- (5) Pflanzenabgänge (Mortalität) in den ersten fünf Versuchsjahren
- (6) Anteil von Bäumen mit überdurchschnittlichem Höhenwuchs im fünften Versuchsjahr
- (7) Stammdurchmesser in Brusthöhe (BHD) im 12. Versuchsjahr (14jährige Bäume)
- (8) Dichte des Stammholzes in Brusthöhe, definiert als Verhältnis des darrtrockenen Gewichts in Gramm zum Frischvolumen des Holzes in Kubikzentimeter, im Baumalter von 15 Jahren
- (9) Formmängel des Stammes, dargestellt als Anteil der Bäume, die im Alter von 21 Jahren Bogigkeit, Säbelwuchs oder Schlangelwuchs aufwiesen
- (10) Aststärke im mittleren Kronenbereich 17jähriger Bäume, bonitiert in den Stufen
 - 1 = schwache Äste
 - 2 = mittelstarke Äste
 - 3 = grobe Äste
- (11) Windwurfschäden, dargestellt als Anteil der Bäume, die vom Sturm im Frühjahr 1976 geworfen oder mit Wurzelsteller gehoben und schrägedrückt worden sind.

Ergebnisse

Ordnet man Mittelwerte und Variationsbreiten aus Tabelle 2 und 3 dem Kreuzungsschema in Tabelle 1 zu, so wird bereits deutlich, daß die europäischen Lärchen der Kreuzungsgruppe A in der Wüchsigkeit erheblich hinter den ebenfalls reinen europäischen Lärchen der Kreuzungsgruppe B zurückbleiben. Da bei der Gruppe A auch die Familienunterschiede vergleichsweise gering sind, kann angenommen werden, daß der als Pollenspender für diese Gruppe verwendete Baum Nr. 676 eine schlechte allgemeine Kombinationseignung aufweist. Für Vergleiche mit den

Hybridfamilien erscheint diese Gruppe deshalb nicht geeignet. Im folgenden wird als Vergleichsstandard für die Hybriden allein die Kreuzungsgruppe B herangezogen, die annähernd eine Zufallsstichprobe aus einem guten Wuchsgebiet der europäischen Lärche (Sudetenlärche) darstellt.

Tabelle 1. — Kreuzungsschema

♀	L. dec., 676		♂		L. lept., 1370	
	L. dec., 671	L. dec., 672	L. dec., Mischpollen	L. lept., 1370		
L. dec., 671	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Familie A ₁	Familie B ₁	Familie C ₁
L. dec., 672				Familie A ₂	Familie B ₂	Familie C ₂
L. dec., 674				Familie A ₃	Familie B ₃	Familie C ₃
L. dec., 1181				—	Familie B ₄	Familie C ₄

L. lept. = *Larix leptolepis*

L. dec. = *Larix decidua*

Tests auf Unterschiede von Mittelwerten

Vergleiche von Mittelwerten zwischen Kreuzungsgruppe B und Kreuzungsgruppe C, sowie zwischen dem günstigen und ungünstigen Teilstandort wurden in orientierenden Voruntersuchungen mittels t-Test durchgeführt. Bei Merkmalen der Wüchsigkeit wurden sowohl für die beiden Kreuzungsgruppen als auch für die beiden Teilstandorte statistisch hochgesicherte Unterschiede nachgewiesen, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1%, bzw. weniger als 2%. In der Holzdichte und in dem Anteil von Bäumen mit Formmängeln waren signifikante Unterschiede nur für die Kreuzungsgruppen, nicht dagegen für die Teilstandorte festzustellen. Die unterschiedlichen Umweltbedingungen auf der Versuchsfläche hatten demnach keinen nachweisbaren Einfluß auf diese beiden Merkmale (Tab. 2 und

Tabelle 2. — Mittelwerte für Kreuzungsgruppen, Familien und Teilstandorte

Merkmal	Kreuzungs-Typ	Familien			Teilstandorte		Gesamt Mittel	
		1	2	3	4	+		-
Pflanzenhöhe 3jähriger Bäume (cm)	A	52	53	50	-	52	45	52
	B	59	59	53	69	62	54	60
	C	67	73	68	65	67	60	68
Pflanzenhöhe 4jähriger Bäume (cm)	A	92	96	89	-	97	89	92
	B	112	106	104	124	118	106	112
	C	129	148	114	118	133	122	127
Pflanzenhöhe 7jähriger Bäume (cm)	A	280	285	274	-	322	238	280
	B	338	336	334	392	373	326	350
	C	400	443	406	400	439	385	412
Jahreszuwachs 4-7jähriger Bäume (cm)	A	62	61	59	-	67	48	61
	B	71	74	71	82	79	68	75
	C	92	93	88	87	94	81	90
Mortalität (%)	A	29	15	24	-	14	31	23
	B	18	25	15	18	19	18	19
	C	31	8	39	26	19	32	26
Bäume mit überdurchschnittlichem Wuchs (%)	A	41	44	33	-	57	16	39
	B	61	61	64	85	79	56	68
	C	79	91	86	82	83	80	85
Durchmesser in Brusthöhe 14jähriger Bäume (cm)	A	78	84	83	-	90	71	82
	B	89	79	88	99	91	87	89
	C	111	100	113	111	111	107	108
Aststärke 17jähriger Bäume (vgl. Tab. 2)	A	1,96	2,29	2,04	-	2,14	2,06	2,10
	B	1,29	1,58	1,62	2,00	1,58	1,67	1,62
	C	2,33	1,62	2,38	2,25	2,23	2,06	2,15
Bäume mit Formmängeln (%)	A	52	64	43	-	59	46	53
	B	68	38	58	46	51	54	52
	C	33	34	34	51	40	35	38

3). In den Pflanzenabgängen während der ersten 5 Versuchsjahre zeigten sich große Unterschiede zwischen den Hybriden und den europäischen Lärchen der Kreuzungsgruppe B sowie zwischen den beiden Teilstandorten. Ob-

wohl wegen der für dieses Merkmal geringen Anzahl von Freiheitsgraden die Irrtumswahrscheinlichkeit für diese angegebenen Unterschiede über 10%, für die Teilstandorte über 20%, liegt, ist dennoch eine Tendenz dafür erkennbar, daß die Lärchenhybriden besonders auf ungünstigem Standort höhere Pflanzenabgänge erwarten lassen als reine europäische Lärchen.

Tabelle 3. — Variationen innerhalb der Kreuzungsgruppen

Merkmal	Kreuzungs- typ	Mittel- wert	Variationsbreite zwischen Familien		Variationsbreite zwischen Teilstandort	
			absolut	relativ	absolut	relativ
Pflanzenhöhe 3jähriger Bäume (cm)	A	52	3	0,30	7	0,70
	B	60	16	0,67	8	0,33
	C	68	8	0,53	7	0,47
Pflanzenhöhe 4jähriger Bäume (cm)	A	92	7	0,47	8	0,53
	B	112	20	0,62	12	0,38
	C	127	34	0,76	11	0,24
Pflanzenhöhe 7jähriger Bäume (cm)	A	280	11	0,12	84	0,88
	B	350	70	0,76	22	0,24
	C	412	43	0,44	54	0,56
Jahreszuwachs 4-7jähriger Bäume (cm)	A	61	3	0,14	19	0,86
	B	75	11	0,50	11	0,50
	C	90	6	0,32	13	0,68
Mortalität (%)	A	23	14	0,45	17	0,55
	B	19	10	0,91	1	0,09
	C	26	31	0,70	13	0,30
Bäume mit über- durchschnittlichem Wuchs (%)	A	39	11	0,20	41	0,80
	B	68	24	0,51	23	0,49
	C	85	12	0,80	3	0,20
Durchmesser in Brusthöhe 14jähriger Bäume (cm)	A	8,2	0,6	0,24	1,9	0,76
	B	8,9	2,0	0,83	0,4	0,17
	C	10,8	1,3	0,76	0,4	0,24
Aststärke 17jähriger Bäume (vgl. Tab. 2)	A	2,10	0,33	0,80	0,08	0,20
	B	1,62	0,71	0,89	0,09	0,11
	C	2,15	0,76	0,82	0,17	0,18
Bäume mit Formmängeln (%)	A	53	21	62	13	38
	B	52	30	91	3	9
	C	38	18	78	5	22
Holzdichte	A	0,344	0,012	0,71	0,005	0,29
	B	0,360	0,039	0,81	0,009	0,19
	C	0,335	0,047	0,90	0,005	0,10

Variation innerhalb von Kreuzungsfamilien

Die Familien der Kreuzungsgruppen A und C enthalten jeweils Vollgeschwister, die der Gruppe B Halbgeschwister. Dennoch zeigen die Vollgeschwister im Mittel für die beiden Gruppen in vielen Merkmalen eine größere phänotypische Variation als die Halbgeschwisterfamilien der Gruppe B (Tab. 4). Die großen individuellen Unterschiede in den Familien der Gruppe A dürften erklärt sein durch die in dieser Gruppe besonders stark ausgeprägte Umweltmodifikation (vgl. Tab. 3).

Im Zusammenhang mit dem Ziel der Sortenprüfung und -beurteilung sind sie ein anschauliches Beispiel dafür, daß auch bei eingeschränkter genetischer Variation in wirtschaftlich bedeutsamen Merkmalen ein hohes Maß an Heterogenität auftreten kann.

Die große Variation innerhalb von Hybridfamilien der Gruppe C ist dagegen mit Umweltwirkungen allein kaum zu erklären. Vergleicht man in Tab. 3 die relative Bedeutung des Teilstandes auf die gesamte Variation der Merkmale, so liegt diese bei den Hybriden kaum über, in einigen Fällen sogar erheblich unter der des Standards.

Zusammenfassend läßt sich unter den Bedingungen für diese Versuchsanlage feststellen, daß Umwelteffekte bei den Hybriden von annähernd gleichem Ausmaß sind wie bei europäischen Lärchen. Die großen individuellen Unter-

Tabelle 4. — Streuung innerhalb von Familien

Kreuzungs- Typ	Familie	Pflanzenhöhe 3jähriger Bäume				jährlicher Höhenzuwachs 4-7jähriger Bäume				Durchmesser in Brust- höhe 14jähriger Bäume				Aststärke 17jähriger Bäume			
		\bar{x} (cm)	$S_{\bar{x}}$	VK	n	\bar{x} (cm)	$S_{\bar{x}}$	VK	n	\bar{x} (cm)	$S_{\bar{x}}$	VK	n	\bar{x}	$S_{\bar{x}}$	VK	n
A	1	52	1,28	2,46	140	62	1,86	3,00	139	7,8	0,34	4,36	130	1,96	0,22	1,11	12
	2	53	1,19	2,24	166	61	1,46	2,39	165	8,4	0,28	3,33	152	2,29	0,14	6,3	12
	3	50	0,95	1,90	150	59	1,33	2,25	149	8,3	0,21	2,53	138	2,04	0,13	6,4	12
			51,7	1,15	2,22	456	60,6	1,55	2,57	453	8,2	0,28	3,43	420	2,10	0,17	8,0
B	1	59	1,37	2,32	160	71	1,18	1,66	160	8,9	0,26	2,92	155	1,29	0,13	10,1	12
	2	59	1,23	2,08	147	74	1,61	2,17	147	7,9	0,25	3,16	144	1,58	0,12	7,6	12
	3	53	1,05	1,98	166	71	1,40	1,97	165	8,8	0,22	2,50	155	1,62	0,14	8,6	12
	4	69	1,10	1,59	161	82	1,22	1,49	160	9,9	0,23	2,32	152	2,00	0,11	5,3	12
			60,0	1,19	1,99	634	74,5	1,36	1,82	632	8,9	0,24	2,68	606	1,62	0,12	7,7
C	1	67	1,58	2,36	136	92	2,30	2,50	136	11,1	0,40	3,60	131	2,33	0,11	4,8	12
	2	73	1,30	1,78	181	93	1,16	1,25	180	10,0	0,21	2,10	176	1,62	0,14	8,6	12
	3	68	1,42	2,09	119	88	1,66	1,89	118	11,3	0,30	2,65	112	2,38	0,14	5,8	12
	4	65	1,67	2,57	146	87	1,69	1,94	146	11,1	0,33	2,97	137	2,25	0,16	7,0	12
			68,6	1,49	2,17	582	90,2	1,71	1,90	580	10,8	0,30	2,82	556	2,15	0,14	6,4

Erläuterungen zu Tabelle 4:

\bar{x} = Mittelwerte

$S_{\bar{x}}$ = Standardabweichung der Mittelwerte

VK = Variabilitätskoeffizienten =

$$\frac{S_{\bar{x}} \cdot 100}{\bar{x}}$$

n = Anzahl der gemessenen Bäume

① = Aststärke bonitiert in 3 Stufen

1 = schwache Äste

2 = mittelstarke Äste

3 = grobe Äste

schiede in den Hybridfamilien scheinen somit genetisch bedingt und durch das Auftreten spezieller Effekte (Epistasie) bei dieser Artkreuzung erklärbar zu sein. Unter dieser Annahme sind Anzeichen dafür erkennbar, daß solche Effekte auch von der spezifischen Kreuzungskombination abhängen. Wie aus *Tabelle 4* zu ersehen, enthält die Hybridgruppe C sowohl die homogenste, als auch die heterogenste Familie.

Variation zwischen Familien innerhalb derselben Kreuzungskombination

Als Maß für diese Variation wurde die Variationsbreite der Familienmittelwerte gewählt. In gleicher Weise wurde ein Maß für die Variation zwischen den Teilstandorten gebildet und durch Berechnung relativer Variationsbreiten die praktische Bedeutung von Familienunterschieden an der gesamten Variation innerhalb einer Kreuzungskombination eingeschätzt (*Tab. 3*). Da diese Schätzwerte wegen des geringen Stichprobenumfanges zum Teil mit großen Unsicherheiten belastet sind, dienen sie hier lediglich als Orientierungshilfen. Unterstellt man bei Betrachtung der Ergebnisse in *Tab. 3*, daß die gesamte Variation in einer Kreuzungskombination erklärt ist aus einem genetischen und einem umweltbedingten Variationsanteil und daß die Variationsbreite zwischen Familien den genetischen und die Variationsbreite zwischen Teilstandorten den Umweltanteil markiert, dann ist die gesamte Variation für Merkmale der Wüchsigkeit im Durchschnitt etwa wie folgt durch genetische Faktoren erklärt: Kreuzungsgruppe A zu etwa 26%, Kreuzungsgruppe B zu 59% und Hybriden der Kreuzungsgruppe C zu ungefähr 51%. Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Unsicherheiten für diese Zahlenangaben, bleibt hier als Tendenz festzuhalten, daß die Gruppe A vermutlich wegen der schlechten allgemeinen Kombinationseignung (AKE) des verwendeten Vaterbaumes bei allgemein geringer Wüchsigkeit am stärksten durch Umwelteinflüsse modifiziert worden ist. Die Hybridlärchen der Gruppe C unterscheiden sich von der als Vergleichsstandard verwendeten Gruppe B signifikant nur im Mittel. Hinsichtlich der gesamten Variation sowie der genetisch und umweltbedingten Anteile an dieser Variation sind sie dem Standard vergleichbar.

Im Vergleich zu Kreuzungsgruppe B weisen die Hybridfamilien eine starke Gesamtvariation auf in Mortalität, Anteil unwüchsiger Bäume (in *Tab.* nicht aufgeführt) und in Aststärke, wobei der Anteil unwüchsiger Bäume bei den Hybriden stärker von genetischen Faktoren bestimmt zu sein scheint als bei dem Standard (75% zu 50%), geringer scheint dieser Einfluß zu sein bei dem Merkmal Mortalität (70% zu 91%) und etwa gleich groß bei der Aststärke (82% zu 89%).

Geringer als bei dem Standard ist die Gesamtvariation zwischen den Hybridfamilien in dem Anteil von Bäumen mit überdurchschnittlichem Wuchs sowie dem Anteil von Bäumen mit Formmängel. In dem genetischen Anteil an der Gesamtvariation liegen die Hybridfamilien im ersten Merkmal deutlich über (mit 80 zu 51%), im letzten Merkmal unter dem Standard (mit 78 zu 91%).

Diese Ergebnisse lassen vermuten, daß die bei Lärchenhybriden festzustellenden großen Familienunterschiede erklärt sind durch einen von Familie zu Familie unterschiedlich hohen Anteil unwüchsiger Bäume, der überwiegend bestimmt sein dürfte durch Störungen in der genetischen Konstitution nach Artkreuzung. Diese unwüchsigen Bäume reagieren kaum auf wechselnde Wuchsbedingungen und sind durch waldbauliche Maßnahmen vermutlich nicht

entscheidend zu regulieren. Im Zusammenhang hiermit sind auch die zwischen Hybridfamilien unterschiedlich hohen Pflanzenabgänge in den ersten Jahren nach Bestandesbegründung zu sehen. Vorzugsweise sterben die unwüchsigen Bäume ab, und zwar verstärkt auf dem ungünstigeren Standort. Nach Eliminierung der unwüchsigen Bäume — noch ausgeprägter aber bei Berücksichtigung der überdurchschnittlich wüchsigen Bäume — verbleibt bei den Hybriden noch eine große Variation, die unter den Verhältnissen des Versuchsstandortes stärker von der Kreuzungskombination als von unterschiedlichen Wuchsbedingungen bestimmt ist.

Unterschiede zwischen den Teilstandorten

Im Mittel über alle Versuchsglieder zeichnete sich der günstigere gegenüber dem ungünstigeren Teilstandort aus durch größere Höhenwuchsleistung (rd. 17%), geringere Mortalität (rd. 10%), um ca. 10% stärkere Stammdurchmesser, durch einen höheren Anteil von Bäumen mit überdurchschnittlichem Höhenwuchs (rd. 22%), aber auch durch einen geringfügig höheren Anteil von Bäumen mit Formmängeln (rd. 5%) (vgl. *Tab. 2*). Betrachtet man die Unterschiede zwischen den Teilstandorten jedoch getrennt für die einzelnen Kreuzungsgruppen, so ergeben sich erhebliche Verschiebungen, besonders für die Kreuzungsgruppe A. Vom günstigen zum ungünstigen Teilstandort hin nimmt bei dieser Gruppe die Wuchsleistung am stärksten ab und die Mortalität am stärksten zu. Besonders augenfällig ist hier der Abfall des Anteils an Bäumen mit überdurchschnittlichem Höhenwuchs, der um 41% zurückgeht.

Bei den Hybridfamilien der Gruppe C ist der Abfall in der Wuchsleistung auf dem ungünstigen Teilstandort mit etwa 11% dem des Standards vergleichbar. Wesentliche Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen bestehen jedoch in der Mortalität und in dem Anteil überdurchschnittlich wüchsiger Bäume. Die Mortalität, die bei der Kreuzungsgruppe B mit rd. 19% für beide Teilstandorte gleich ist, liegt für die Hybridlärchen auf dem ungünstigen Teilstandort um 13% höher als auf dem günstigen. Dagegen trägt der Abfall im Anteil von überdurchschnittlich wüchsigen Bäumen zum ungünstigen Teilstandort hin bei der Gruppe B 23% und bei der Hybridgruppe C nur 3%. Nach diesem Ergebnis erscheint es möglich, durch Züchtung und forstliche Eingriffe Lärchenhybrid-Bestände zu schaffen, die sich durch hohe Wuchsleistung und große Standortstoleranz auszeichnen.

Überraschend war der höhere Anteil von Bäumen mit Formmängeln auf dem günstigeren Teilstandort, was allerdings nur für die Kreuzungsgruppe A zutrifft (*Tab. 2*). Vermutlich ist ein Stichprobenfehler hierfür verantwortlich; denn durch den starken Anteil von Pflanzenabgängen der Kreuzungsgruppe A auf dem ungünstigen Teilstandort wurden unwüchsige und schlechtgeformte Bäume stärker betroffen als wüchsige und gutgeformte. Weiterhin hatte die unterschiedliche Güte der Teilstandorte keinen nachweisbaren Einfluß auf die Aststärke und die Holzdichte (*Tab. 3*). Bezogen auf Familienmittel war auch kein Zusammenhang zwischen der Wuchsleistung und der Aststärke, bzw. zwischen der Wuchsleistung und der Holzdichte festzustellen. Im Vergleich zum Standard hatten die Hybriden unabhängig vom Teilstandort eine größere Aststärke und eine geringere Holzdichte (*Tab. 5*).

Vergleich der Hybridlärchen mit europäischen Lärchen

In *Tab. 5* wurde versucht, mit Hilfe eines tentativen Leistungsindex die untersuchten Hybridlärchen zu beurteilen. Als Vergleichsstandard wurde, wie bereits zuvor erläutert,

Tabelle 5. — Leistungen der Hybriden im Vergleich zur Kreuzungsgruppe B (Leistung der Gruppe B = 100)

Merkmal	Mittelwerte			Variationsbreite der Familienmittel
	gesamt	Teilstandorte +	Teilstandorte -	
Pflanzenhöhe 3jähriger Bäume	113	108	111	108 - 122
Pflanzenhöhe 4jähriger Bäume	113	113	115	102 - 132
Pflanzenhöhe 7jähriger Bäume	119	116	108	115 - 128
Jahreszuwachs 4-7jähriger Bäume	120	119	119	116 - 124
Durchmesser in Brusthöhe 14jähriger Bäume	121	122	119	112 - 127
Aststärke 17jähriger Bäume	133	141	123	100 - 147
Bäume mit überdurchschnittl. Wuchs	125	105	143	116 - 134
Mortalität	137	100	178	42 - 205
Bäume mit Formmängeln	72	78	65	62 - 96
Holzdicke	93	91	95	86 - 99

die Kreuzungsgruppe B verwendet, und die mittleren Werte dieser Gruppe gleich 100 gesetzt. Die in der Tabelle aufgeführten Relativwerte geben somit den Abstand der Hybriden im Gesamtmittel (Spalte 2), im Mittel auf den beiden Teilstandorten (Spalte 3 und 4) sowie die Variationsbreite der Mittelwerte der einzelnen Familien (Spalte 5) zum Standard an. Bei den Angaben in der letzten Spalte ist jedoch zu beachten, daß die Leistungen der einzelnen Hybridfamilien auf das Mittel für alle Familien der Kreuzungsgruppe B bezogen sind, wobei die erkennbaren Möglichkeiten eines züchterischen Gewinns durch Kreuzungszüchtung innerhalb der Art (vgl. Tab. 2) unberücksichtigt blieben.

Mit dieser Einschränkung sind alle hier geprüften Hybridfamilien dem Standard überlegen in der Wüchsigkeit und in der Schaffform. In der Holzdicke liegen sie alle unter dem Standard und in der Mortalität liegt eine Hybridfamilie um mehr als die Hälfte unter dem Standard, die anderen drei bis auf das Doppelte darüber. Bezogen auf die beste Familie der europäischen Lärche der Kreuzungsgruppe B zeigen die Lärchenhybriden im Mittel jedoch keine signifikante höhere Wuchsleistung und keine besseren Formeigenschaften. In den anderen Merkmalen sind sie dieser Familie deutlich unterlegen (Tab. 2).

Windwurfschäden

Die Auswertung der nach der Sturmkatastrophe feststellbaren Schäden wurde gesondert durchgeführt. Bei der ersten Besichtigung wurde bereits erkennbar, was nach Aufarbeitung der Windwurfschäden noch deutlicher wurde, daß der Sturm offensichtlich selektiv die gesamte, aus vier auseinandergezogenen Wiederholungen bestehende Versuchsanlage erfaßt und geworfen hatte. Etwa gleich hohe benachbarte Bestände mit japanischer Lärche und Fichte blieben fast vollständig verschont. Es wurden einige Wurzeluntersuchungen durchgeführt, die aber keine An-

haltspunkte dafür ergaben, daß anormale Wurzelentwicklung oder Wurzelkrankheiten Ursache für die starken Sturmschäden in der Versuchsanlage waren. Nach Aufnahme der Anzahl der geworfenen Bäume je Parzelle erfolgte deshalb lediglich eine globale Auswertung durch Zuordnung der Windwürfe zu Kreuzungsgruppen und Teilstandorten (Tab. 6). Wie bereits anfangs dargelegt, sind die aus der Tabelle ersichtlichen Unterschiede zwischen den Kreuzungsgruppen nicht signifikant. Dennoch ist anzunehmen, daß die Hybriden, die wegen ihrer größeren Baumhöhe dem Sturm stärker ausgesetzt waren, aber dennoch geringere Ausfälle aufwiesen als der Standard, standfester sind als vergleichbare europäische Lärchen. Unterstellt man, daß die Differenz in Windwürfen auf den beiden Teilstandorten von 25% auf die unterschiedlichen Baumhöhen auf diesen Teilstandorten zurückzuführen ist, so können die mittleren Windwurfschäden für die Kreuzungsgruppen hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Wuchshöhe korrigiert und besser vergleichbar gemacht werden (z. B. MUDRA 1958, S. 118 f).

Tabelle 6. — Sturmschäden in Prozent geworfener Bäume. Korrigierte Mittelwerte in Klammern

Kreuzungsgruppe	Teilstandorte		Mittel der Kreuzungsgruppen
	günstig	ungünstig	
A	74	57	66 (78)
B	97	66	82 (81)
C	82	56	69 (57)
	Mittel der Teilstandorte		Gesamt - Mittel
	85	60	73

Bezeichnet \bar{y} den mittleren Windwurfschaden und \bar{x} die mittlere Baumhöhe einer Kreuzungsgruppe, \bar{x}_i die mittlere Baumhöhe einer Familie i innerhalb der Gruppe und b den Regressionskoeffizienten für den Einfluß der Baumhöhe auf den Windwurf, so können die errechneten Mittelwerte in Tab. 6 nach der Formel

$$\bar{y}_{\text{kor.}} = \bar{y} - b(\bar{x}_i - \bar{x})$$

korrigiert werden. Da die Baumhöhen zum Zeitpunkt der Sturmkatastrophe nicht verfügbar und nach dem Windwurf nicht mehr zu messen waren, wurden für \bar{x}_i und \bar{x} die Meßwerte aus dem Jahre 1962 (im Baumalter von 7 Jahren) zugrunde gelegt. Hierbei mußte als weitere Voraussetzung angenommen werden, daß zwischen diesen Meßergebnissen und den Baumhöhen im Jahre 1975/76 hinreichend enge Korrelationen bestehen. Diese in Tab. 6 in Klammern mitaufgeführten korrigierten Mittelwerte lassen erwarten, daß Hybridlärchen bei vergleichbarer Bestandeshöhe wesentlich weniger windwurfanfällig sind als europäische Lärchen.

Diskussion und Schlußfolgerungen

Bei Hybridlärchen wurde erstmals an spontan entstandenen *L. × eurolepis* eine gegenüber beiden Elternarten überlegene Wuchsleistung beobachtet (HENRY and FLOOD 1919), die durch nachfolgende experimentelle Untersuchungen von vielen Autoren im wesentlichen bestätigt wurde (LANGNER 1951/52, GOTHE 1952, EDWARDS 1956, DIMPLMEIER 1959, ROHMEDER 1963, LANGNER und RECK 1966, TUSKÓ 1966, SCHÖNBACH 1967, MILLER 1971, BROWN 1972, VINCENT 1972, KIELLANDER 1974 und andere). Für diese Wuchsüberlegenheit hat sich in An-

lehnung an Erfolge durch intraspezifische Kreuzungen in der Kulturpflanzenzüchtung die Bezeichnung Heterosis eingebürgert.

Die genetischen Ursachen und der Mechanismus der Heterosis bei Arthybriden sind jedoch noch weitgehend ungeklärt. So stoßen insbesondere Versuche auf Schwierigkeiten, heterotische Arthybriden als Population zu erzeugen, bzw. die Heterosis für Hybridpopulationen zu schätzen (SCHMITT 1973).

Da die für diese Untersuchungen verfügbare Versuchsanlage keine reinen japanischen Lärchen enthielt und die Kreuzungsgruppen nicht ohne weiteres vergleichbar waren, konnten für den Versuch einer genetischen Analyse nur bedingt exakte Analysemethoden angewendet und mußten bei der Interpretation der Ergebnisse einschränkende Voraussetzungen gemacht werden. Bei der Einschätzung der Varianzen innerhalb von verschiedenen Kreuzungsgruppen, durch die Informationen für die Charakterisierung von Lärchenhybrid-Populationen gewonnen werden sollten, wurde modellmäßig davon ausgegangen, daß unter Ausschluß von Epistasie- und Umwelteffekten die phänotypische Varianz innerhalb von sowie zwischen den Vollgeschwisterfamilien der Hybriden und den Halbgeschwisterfamilien der hier als Standard verwendeten europäischen Lärche mittels genetischer Komponenten wie folgt zu erklären sei:

Für die Hybriden:

$$V_{P_1} = \frac{1}{2} V_A + \frac{3}{4} V_D$$

$$V_{P_2} = \frac{3}{4} V_A + V_D$$

und für den Standard:

$$V_{P_1} = \frac{3}{4} V_A + V_D$$

$$V_{P_2} = V_A + V_D$$

Hierbei bezeichnet V_{P_1} die phänotypische Varianz innerhalb der Familien, V_{P_2} die phänotypische Varianz zwischen den Familien, V_A die additive genetische Varianz und V_D die Dominanzvarianz. Nach diesem Modell ist für die Lärchenhybriden eine um $\frac{1}{4} V_A$ und $\frac{1}{4} V_D$ geringere Varianz innerhalb einer Familie und eine um $\frac{1}{4} V_A$ geringere Varianz zwischen den Familien zu erwarten als für den Vergleichsstandard. Die experimentellen Ergebnisse lassen jedoch ein gegenteiliges Bild erkennen. Die Hybriden zeigen in einigen wichtigen Merkmalen sowohl zwischen den Familien als auch innerhalb einiger Familien eine deutlich größere Variation als der Standard, was darauf hindeutet, daß bei den Hybriden stärkere Umweltmodifikationen und/oder Epistasieeffekte eine Rolle spielen.

Wegen der relativ großen Variation in Lärchenhybridpopulationen mit ihren für Waldbau und Holzverwendung ungünstigen Auswirkungen, erscheint die Verwendung von Hybridsaatgut für wirtschaftliche Zwecke problematisch. Die Bedenken betreffen insbesondere sogenannte Hybrid-samenplantagen, in denen die zu beerntenden Mutterbäume der einen Art von Vaterbäumen der anderen Art umgeben sind. Aus solchen Plantagen wird nach freier Abblüte neben F_1 -Saatgut unterschiedlicher spezifischer Kombination auch ein von Jahr zu Jahr unterschiedlicher Anteil reinen Saatgutes der Mutterart gewonnen. Die unmittelbare Verwendung eines solchen Mischsaatgutes wäre mit erheblichen wirtschaftlichen Risiken verbunden, und eine praktikable Methode zur Sortierung des Saatgutes oder der Sämlinge im Saatbeet ist nicht verfügbar (und auch kaum vorstellbar).

In Übereinstimmung mit anderen Autoren (DIMPFLMEIER 1959, KEIDING 1968, ROHMEDE 1963, SCHMITT 1973, VAN BUIJTENEN 1970, VINCENT 1972) zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung dagegen die Bedeutung der spezifischen Elter-

wahl in der Hybridzüchtung. Gemessen an dem Standard der europäischen Lärche, unterscheiden sich die einzelnen Hybridfamilien sowohl hinsichtlich der „Heterosis“ als auch im Grad der Heterogenität wirtschaftlich wichtiger Merkmale erheblich voneinander. Die Nutzung spezifischer Kombinationseignung, die die Erfolgsaussichten intraspezifischer Züchtungsmöglichkeiten übertrifft, setzt Selektionsprogramme und kontrollierbare Kreuzungen voraus. Wie bei intraspezifischen Kreuzungen in der Kulturpflanzenzüchtung erwartet man bei Artkreuzungen in der Forstpflanzenzüchtung theoretisch ebenfalls in der zweiten Filialgeneration (F_2) Verlust an Heterosis und eine größere Variation als in der F_1 . Das Zuchtziel in der forstlichen Heterosiszüchtung war deshalb bisher mit wenigen Ausnahmen auf die Produktion von F_1 -Hybriden ausgerichtet, die in einigen Fällen als Individuen, nicht aber als Populationen den erhofften Erfolg gebracht haben (SCHMITT 1973).

Die mangelnde Eignung von F_2 -Hybriden für den praktischen Anbau ist durch experimentelle Befunde nicht sicher belegt. Unter bestimmten Voraussetzungen können sie in der Wuchsleistung heterotischen F_1 -Hybriden gleichwertig sein (HYUN 1972). Aus den Ergebnissen der für diese Untersuchung verwendeten Lärchenhybriden geht hervor, daß F_1 -Hybriden nicht generell homogener sind als die Ausgangspopulationen der reinen Arten und daß die Heterosis auch nicht als ein zwangsläufiges Ergebnis eines höheren Heterozyotiegrades anzusehen ist. Damit werden die Voraussetzungen für die Anwendung des klassischen Heterosiskonzepts fraglich, wie auch die daraus folgende theoretische Erwartung, daß Heterosis der ersten Arthybridgeneration in der zweiten Filialgeneration auf die Hälfte zurückgehen muß. Nach den ersten Erfolgen und Mißerfolgen in der forstlichen Heterosiszüchtung stellt sich nun die Aufgabe, systematische Kreuzungsprogramme ohne solche einschneidend einschränkende Annahmen aufzunehmen. Die Klärung der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen F_2 -Hybriden produziert werden können, die in wirtschaftlich wichtigen Eigenschaften guten F_1 -Hybriden vergleichbar sind, ist für die weitere Hybridzüchtung von entscheidender Bedeutung. Für die Praxis böte die Produktion von F_2 -Hybriden anstelle von F_1 -Hybriden erhebliche methodische Vorteile, die sich letztlich günstig auf die Gestehungskosten auswirken würden.

Zusammenfassung

Von einer Versuchsfläche mit 4 Hybridfamilien (*Larix eurolepis* HENRY) und 7 Kreuzungsfamilien der europäischen Lärche (*Larix decidua* MILL.) wurden während der Laufzeit von 18 Jahren gewonnene Daten für Wuchs-, Stamm- und Holzeigenschaften abschließend ausgewertet.

Verglichen mit den Mittelwerten für die europäischen Lärchen zeigten die Hybridlärchen durchschnittlich eine größere Wüchsigkeit, bessere Schaftformen und eine höhere Windfestigkeit. Andererseits hatten die Hybriden aber auch eine höhere Mortalitätsrate, besonders ausgeprägt unter ungünstigeren Standortverhältnissen, eine stärkere Bestastung und eine geringere Holzdichte als die europäischen Lärchen. Die innerhalb der einzelnen Kreuzungsfamilien bestehenden individuellen Unterschiede sind von Familie zu Familie verschieden groß; am größten waren diese Unterschiede in der Gruppe der Arthybriden, die sowohl die Familie mit der geringsten, als auch mit der größten Variation enthielt. Innerhalb jeder Kreuzungsgruppe bestehen ebenfalls wesentliche Unterschiede zwischen Familien-Mittelwerten: Die phänotypische Variation ist in der Gruppe der Hybriden bei den Merkmalen Mortalitätsrate, Häufigkeit unwüchsiger Bäume, Aststärke und Holzdichte größer, bei Formeigenschaften und der Häufigkeit überdurch-

schnittlich wüchsiger Bäume kleiner als in der Gruppe der europäischen Lärche.

Die in beiden Kreuzungsgruppen annähernd gleichgroße phänotypische Variation in Merkmalen der Wuchsleistung konnte für jede Gruppe zu je rd. 50% auf genetische Faktoren und Umwelteinwirkungen zurückgeführt werden. Familienselektion erscheint damit nach intra- und interspezifischen Kreuzungen mit Lärchen erfolgversprechend.

Im Vergleich mit den im Versuch enthaltenen gutwüchsigen Familien der europäischen Lärche war eine Überlegenheit der Hybridlärchen nicht festzustellen. Bei gleicher Wuchsleistung waren bei diesem Vergleich die Hybriden in anderen Merkmalen den europäischen Lärchen unterlegen.

Heterotische Wüchsigkeit bei Hybridlärchen in der ersten Filialgeneration kombiniert mit Eignung in anderen, qualitätsbestimmenden Eigenschaften und relativer Homogenität dieser Eigenschaften erscheint nur bei spezifischer Wahl der Kreuzungseltern realisierbar. Die Verwendung von Hybridpopulationen für den praktischen Anbau wird als problematisch beurteilt.

Es werden Möglichkeiten diskutiert, durch Selektion von Hybridfamilien der F₁-Generation und durch Erzeugung von F₂-Hybriden die zum Stillstand gekommene Lärchenhybridzüchtung weiterzubringen.

Schlagworte: Hybridlärchen, europ. Lärchen, Vergleiche, Wuchsleistung, Stammeigenschaften, Holzeigenschaften, Windwurf, phänotypische Variation, Variationsursachen.

Summary

Results from a field trial with European larch and hybrid larch.

Data on growth and stem characteristics and on wood properties, collected during 18 years from a field trial with one group of 4 families F₁ hybrids (*Larix eurolepis* HENRY) and a group of 7 families European larch (*Larix decidua* MILL.) have been evaluated.

On the average the hybrids are superior over the European larches in growth vigour, stem form and resistance against wind, but they are inferior in survival percent, habit of branches and in specific gravity of the wood.

The individual variation within a family differs from family to family, with the largest differences in the hybrid group, which comprise both the most homogeneous as well as the most heterogeneous family.

There exist also significant differences between family means. In the hybrid group the phenotypical variation in survival percent, proportion of poorly growing trees, in branch thickness and specific gravity is larger, in stem form and in the proportion of trees with growth rate above the average it is smaller than in the group of European larch. The phenotypical variation in characteristics of growth vigour, which is approximately the same in both groups, has been attributed in both cases by about the half to genetical and environmental factors. Family selection in

both intra- and interspecific crossings appears to be promising.

In comparison to the best of the European larch families no heterosis could be proved for derivatives of interspecific hybridization. The F₁ hybrids were comparable in growth vigour, but inferior in most other characteristics to this family. The application of populations of interspecific hybrids in practical forestry is regarded as problematic. Heterotic growth in F₁ hybrids combined with suitable values in other characteristics seem to be more an exception instead of the rule which may be obtainable only by using specific combinations of parental trees. Possibilities are discussed to make progress in inter-specific hybridization with larches by selecting F₁ hybrids for the production of hybrid populations in the F₂ generation.

Key words: European larch, hybrid larch, growth rate, stem characteristics, wood characteristics, wind fall, phenotypic variation, hybrid breeding.

Literatur

- BROWN, A. G.: The role of the hybrid in forest tree breeding. Proc. IUFRO-SABRAO Jt. Symp., Gov. Forest Exp. Stn. Yap. C-1 (I) 12 pp (1972). — DIMPFLMEIER, R.: Die Bastardierung in der Gattung *Larix*. Forstwiss. Forsch., Beih. Forstwiss. Cbl. 12, 17 pp (1959). — EDWARDS, M. V.: The hybrid larch, *Larix eurolepis* HENRY. Forestry, London, 29, 1, 29–43 (1956). — GOTHE, H.: Ein Kreuzungsversuch mit *Larix europaea* Herkunft Schlitz und *Larix leptolepis* GORD. Zeitschr. f. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung 1, 108–110 (1952). — HENRY, A. and FLOOD, M. G.: The history of the Dunkeld hybrid larch, *Larix eurolepis* with notes on other hybrid conifers. Roy. Irish Acad. Proc. Sec. B, 35, 55–66 (1919). — KEIDING, H.: Preliminary investigation of inbreeding and outcrossing in larch. Silv. Genet. 17, 159–164 (1968). — KJELLANDER, C. L.: Some examples of Hybrid vigour in *Larix*. Proc. Yt. IUFRO-Meeting, Stockholm 1974, S. 02.04.1–3, Sess. III 207 (1974). LANGNER, W.: Kreuzungsversuche mit *Larix europaea* D. C. und *Larix leptolepis* GORD. Zeitschr. f. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung 1, 2–18 und 40–56 (1951/52). — LANGNER, W. and RECK, S.: Vergleichende Untersuchungen über das Holz von *Larix decidua* MILL., *Larix leptolepis* GORD. und deren Hybriden. Holzforsch. 20, 6, 192–199 (1966). — MILLER, Y. T.: Tree breeding, *Larix* Rept. Forest Res. Inst., New Zealand Forest Service 1971, (1971). — MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg 1958 (1958). — RECK, S. und DIETRICH, H.: Einige Wuchs- und Holzeigenschaften bei einer Kreuzung *Populus alba* × *Populus grandidentata* im Vergleich mit dem Schwarzpappelbastard 'Robusta'. Silv. Genet. 25, 2, 44–48 (1976). — ROHMEDEK, E.: Experiments on forest tree hybrids in Bavaria from 1936 to 1962 (1963). — SCHÖNBACH, H.: Ertragssteigerung durch interspezifische Hybridisierung bei Aspen und Lärchen. Wiss. Veröffentl. Fak. Forstw. Tharandt, (F)-Reihe Nr. 43, 563–567 (1967). — SCHMITT, D. M.: Interspecific hybridization in forest trees: Potential not realized. Proc. 14. Meet. Canad. Tree Impr. Assoc., Part 2, Fredericton, N. Brunswick 1973, Eds.: FOWLER, D. P. and C. W. YEATMAN, 57–66 (1973). — TUSKO, L.: Crossing experiments with larch species. IUFRO-Meet., Sect. 22, Hungary 1966, Vol. I: 27 (1966). — VAN BUITENEN, H.: Applications of interspecific hybridization in forest tree breeding. 2. Meet. IUFRO-Working Group on Quantitative Genetics, Sect. 22, South Forest Exp. Stn., USDA, 113–117 (1970). — VINCENT, G. and MACHANICK, J.: Heterotic growth in larch hybrids. From: Forestry Abstr. 1974, 35 (3), Abst. 662, (1972).