

Zur geographischen Variation von *Pinus strobus* aufgrund erster Ergebnisse von Versuchsflächen in Niedersachsen

Von B. R. STEPHAN¹⁾

Aus dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Schmalenbeck

(Eingegangen Oktober / November 1974)

Einleitung

Die Weymouthskiefer (*Pinus strobus* L.) gehört mit zu den ersten Baumarten, die für einen forstlichen Anbau in Europa eingeführt wurden. Herkünfte von *P. strobus* finden sich heute auf einer Vielzahl von Standorten und sind in ihrer Wuchsleistung den meisten einheimischen Baumarten überlegen. Vor allem zeigt sich, daß *P. strobus* unter Beachtung bestimmter waldbaulicher Maßnahmen trotz des durch den Blasenrost (*Cronartium ribicola*) bedingten Anbaurisikos maximale Erträge liefern kann. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt nach SCHMITT (1972) die Gesamtfläche mit reinem Weymouthskiefer-Anbau etwa 5000 ha. Hinzu kommen etwa 18 000 ha Mischbestand. Der hiesige Saatgutbedarf wird weitgehend aus eigenen Beständen gedeckt, deren Ursprung kaum noch zu klären ist. — Provenienzversuche wurden in Deutschland bisher nicht in größerem Umfang durchgeführt. In den USA, wo sie im natürlichen Verbreitungsgebiet der Baumart angelegt wurden, hat sich für die meisten Testgebiete eine Überlegenheit südlicher Herkünfte erkennen lassen.

Im folgenden wird über einen Herkunftsversuch mit insgesamt 69 *P. strobus*-Provenienzen auf 2 Versuchsflächen in Niedersachsen berichtet. Die Versuche sollen Auskunft über das Verhalten der Herkünfte auf unterschiedlichen Standorten und über die Resistenz gegen den Erreger des Blasenrostes (*Cronartium ribicola*) geben. Hierzu werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Vergleichsanbauten mit demselben Material finden sich in den USA, in Australien und in der Bundesrepublik. Über Ergebnisse dieser Versuche im Verlauf der ersten zwei Jahre berichtete GENYS (1968).

Material und Methoden

Pflanzenmaterial. Angaben über die in den Versuchen Ki 23b und Ki 26 enthaltenen Herkünfte von *Pinus strobus* finden sich in Tab. 1. Die Herkünfte kommen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Art (Abb. 1). Die Zahl der je Herkunft beerndeten Mutterbäume variiert stark (Tab. 1). Das Saatgut wurde dem Institut für Forstgenetik von Herrn Professor GENYS, College Park, Maryland, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

In die Versuche wurden zu Vergleichszwecken zusätzlich zwei Herkünfte von *P. wallichiana* A. B. JACKS. und eine Herkunft von *P. monticola* DOUGL. einbezogen.

Anzucht. Die Aussaat erfolgte unter praxisüblichen Bedingungen im April 1963 in Schmalenbeck. Im März 1964 kamen die Sämlinge in einen Verschulkampf in der Nähe von Gießen. Ein Teil der Jungpflanzen wurde für einen

Baumschulversuch (Ki 23a) auf dem Institutsgelände in Schmalenbeck zurückbehalten.

Feldanlage und Versuchsorte. Mit den in Gießen verschuldeten 3jährigen Pflanzen wurde im Frühjahr 1966 ein Versuch (Ki 26a, b) im Bereich des Forstamts Nordhorn angelegt. Ein Jahr später, im April 1967, wurde nach Auflösung des Baumschulversuches mit den inzwischen 4jährigen Pflanzen eine Versuchsfläche (Ki 23b) im Bereich des Forstamts Reinhausen begründet:

Ki 23b: FA Reinhausen, Rfö. Wittmarshof, 10 km südöstlich von Göttingen. Geographische Lage: 51° 29' n. Br., 10° 02' ö. L., 220 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 620 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,5° C.

Bodenart: basenarme Braunerde über Buntsandstein.

Die Versuchsfläche liegt an einem N-Hang mit 40° Steigung. Keine Früh- oder Spätfrostgefahr.

Vorbestand Fichte. Keine spezielle Bodenvorbereitung vor der Pflanzung des Versuches. Keine Düngung.

Versuchsplan: 8 X 8 Zweisatzgitter mit zwei Wiederholungen des Grundplans, 16 Pflanzen je Parzelle.

Pflanzabstand: 0,9 X 0,9 m. Größe des Versuches: 0,33 ha.

Ki 26a, b: FA Nordhorn, Heidegut Wielen (Privatbesitz), 30 km nordwestlich von Nordhorn. Geographische Lage: 52° 30' n. Br., 7° 04' ö. L., 38 m ü. NN. Niederschlag im Jahresmittel 750 mm, mittlere Jahrestemperatur 8,6° C.

Bodenart: kiesiger Sand mit anlehmigen Beimischungen. Diluviale Grundmoräne. Die Versuchsfläche ist eben. Geringe Frostgefährdung. Vorbestand Heide, landwirtschaftlich für Mietenplätze genutzt. Vollumbruch vor der Pflanzung mit anschließender Kalkung und NPK-Düngung.

Versuchsplan: a) 8 X 8 Zweisatzgitter mit zwei Wiederholungen des Grundplans, 16 Pflanzen je Parzelle.

b) Blockversuch mit vier Wiederholungen.

Pflanzabstand: 1,5 X 1,5 m in der Parzelle, 2 m Abstand zwischen den Parzellen. Größe der Versuchsfläche 1,7 ha.

Gemessene und bonitierte Merkmale. Messungen bzw. Bonituren waren auf das Höhenwachstum, den Blasenrostbefall und den Pflanzenausfall beschränkt. Höhenmessungen: 1963 (1jährig im Saatbeet), 1967 (5jährig), 1970 (8jährig), 1973 (11jährig).

Im Mai 1970 erfolgte eine Bonitur der Bäume auf Blasenrostbefall (*Cronartium ribicola*). Dabei wurde zwischen Ast- und Stammkrebs unterschieden, da sich Krebsbefall an den Ästen auf den Zuwachs des Baumes zunächst weniger stark auswirkt. Stammkrebs führt dagegen zu buschigem Zwergwuchs und in der Regel zum baldigen Absterben eines Baumes. Die Anzahl der Krebsstellen je Baum wurde nicht erhoben, da es letztlich unerheblich ist, ob ein Baum infolge einer oder mehrerer Krebsstellen stirbt. Bäume mit Ast- und Stammkrebsbefall wurden bei Stammkrebs als dem schwerwiegenderen Schaden eingestuft. In die Auswertung der Versuche auf Höhenwachstum wurden Bäume mit Stammkrebsbefall nicht einbezogen.

Versuchsauswertung. Die Auswertung erfolgte in Form von vollständig randomisierten Blockversuchen.

¹⁾ Anschrift des Verfassers: Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, D-2070 Großhansdorf 2 (Schmalenbeck), Siekerlandstraße 2.

Tabelle 1. — Herkunftsangaben der *P. strobus*-Provenienzen. Die Mdf-Nummern ermöglichen einen Vergleich mit den Angaben von GENYS (1968).

SB-Nr.	Mdf Nr.	County und Staat	Breitengrad N	Längengrad W	Höhe ü. NN m	Anzahl der Mutterbäume
3800	8	Henderson, North Carolina	35° 20'	82° 30'	671	-
3801	563	Greenbrier, West Virginia	38° 59'	80° 09'	686	3
3802	566	Strafford, New Hampshire	43° 08'	70° 57'	31	5
3803	574	Schoharie, New York	42° 45'	74° 25'	274	3
3804	579	Berkshire, Massachusetts	42° 30'	73° 14'	274	3
3805	580	Juneau, Wisconsin	43° 35'	90° 00'	210	5
3806	582	Chittenden, Vermont	44° 28'	73° 09'	290	2
3807	583	Chittenden, Vermont	44° 28'	73° 09'	122	1
3808	584	Chittenden, Vermont	44° 27'	73° 12'	91	4
3809	593	Hillsborough, New Hampshire	43° 06'	71° 55'	262	5
3810	594	Middlesex, Connecticut	41° 38'	72° 30'	-	59
3811	601	Garrett, Maryland	39° 30'	79° 25'	707	>10
3812	604	Garrett, Maryland	39° 30'	79° 25'	707	1
3813	605+606	Preston, West Virginia	39° 33'	79° 29'	786	2
3814	607	Preston, West Virginia	39° 33'	79° 29'	777	6
3815	608	Allegany, Maryland	39° 40'	78° 28'	239	8
3818	613	Washington, Maryland	39° 41'	78° 14'	194	1
3819	617	Garrett, Maryland	39° 42'	79° 08'	678	>10
3820	618	Somerset, Pennsylvania	39° 47'	79° 02'	640	>10
3821	619	Somerset, Pennsylvania	39° 47'	79° 02'	640	>10
3822	635	Tucker, West Virginia	39° 10'	79° 35'	503	1
3823	648	Litchfield, Connecticut	41° 58'	73° 13'	390	5
3824	649	Litchfield, Connecticut	41° 58'	73° 13'	408	6
3825	655	Saratoga, New York	43° 00'	73° 43'	152	3
3826	1	Itasca, Minnesota	47° 19'	93° 34'	397	92
3827	2	Dunn/Polk, Wisconsin	45° 00'	91° 19'	366	7
3828	3	Coerthier, Quebec, Canada	46° 17'	73° 25'	213	8
3829	4	Carroll, Virginia	36° 42'	80° 52'	780	6
3830	5	Carroll, Virginia	36° 37'	80° 53'	780	6
3831	9	North Carolina	-	-	-	-
3832	10	North Carolina	-	-	-	-
3833	46	Garrett, Maryland	39° 33'	79° 21'	756	mehrere
3834	47	Garrett, Maryland	39° 25'	79° 24'	701	4
3835	57	Sauk, Wisconsin	43° 30'	89° 55'	305	6
3836	56	Sauk, Wisconsin	43° 30'	89° 55'	305	6
3837	66	Ocnee, South Carolina	34° 50'	83° 10'	457	6
3838	81	Wytha, Virginia	37° 00'	81° 15'	762	1
3839	84	Buncombe, North Carolina	35° 28'	82° 32'	655	mehrere
3840	148	York, Maine	43° 22'	70° 53'	122	mehrere
3841	150	Lake, Minnesota	48° 02'	91° 36'	402	6
3842	169	Quebec, Quebec, Canada	46° 55'	71° 31'	168	1
3843	528	Sawyer, Wisconsin	46° 00'	91° 25'	-	-
3844	527	Renfrew, Ontario, Canada	45° 57'	77° 27'	160	5
3845	530	Sunbury, New Brunswick, Canada	46° 22'	66° 11'	122	4
3846	531	Quebec, Quebec, Canada	46° 57'	71° 31'	305	-
3847	532	Manitoba, Canada	54° 00'	100° 00'	-	-
3848	638	LaSalle, Illinois	41° 19'	88° 59'	155	6
3849	568	Michigan	-	-	-	-
3850	569	Kentucky	37° 00'	87° 00'	-	-
3851	570	South Carolina	34° 39'	82° 55'	533	-
3852	571	Wisconsin	-	-	-	-
3853	575	Schoharie, New York	42° 45'	74° 25'	305	5
3854	577	Todd, Minnesota	46° 21'	94° 12'	405	20
3855	585	Addison, Vermont	44° 07'	73° 13'	122	5
3856	639	Ogle, Illinois	41° 57'	89° 23'	221	8
3857	671	McKean, Pennsylvania	41° 42'	78° 55'	457	7
3861	652	Manistee, Michigan	44° 16'	86° 03'	213	mehrere
3862	653	Newaygo, Michigan	43° 43'	85° 55'	262	mehrere
3870	686	Strafford, New Hampshire	43° 08'	70° 56'	18	40
3871	687	Garrett, Maryland	39° 30'	79° 25'	707	-
3872	696	Pike, Pennsylvania	41° 10'	75° 00'	335	2
3873	694	Clarion, Pennsylvania	41° 15'	79° 16'	457	15
3874	697	Clearfield, Pennsylvania	41° 00'	78° 27'	-	-
3875	701	Warren, New York	43° 37'	73° 44'	305	10
3876	702	Warren, New York	43° 41'	73° 41'	396	5
3877	703	Essex, New York	44° 20'	73° 46'	229	20
3878	704	Washington, New York	43° 06'	73° 33'	87	1
3879	716	Essex, New York	44° 25'	73° 26'	213	mehrere
3899	725	Litchfield, Connecticut	41° 52'	73° 21'	259	8

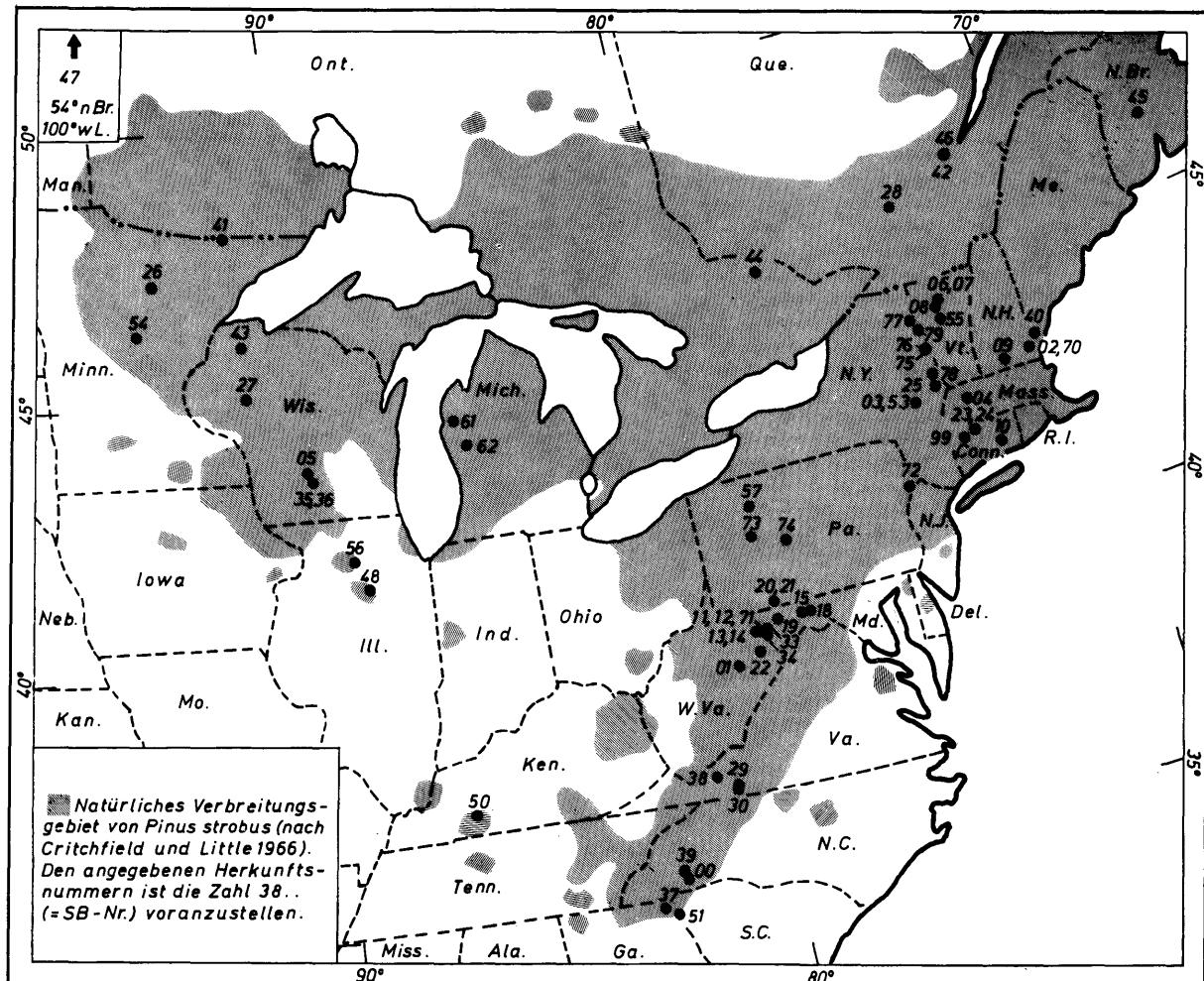


Abb. 1. — Natürliches Verbreitungsgebiet von *Pinus strobus* mit Angabe der in den Provenienzversuchen verwendeten Herkünfte.

Ergebnisse

1. Höhenwachstum

Einen Überblick über die Entwicklung des Höhenwachstums der inzwischen 11jährigen Weymouthskiefern auf den beiden Versuchsflächen gibt Tab. 2. Die wüchsigesten Herkünfte haben mittlere Höhen um 4 m und sind damit fast doppelt so groß wie die Populationen mit dem geringsten Wuchs. Die herkunftsbedingten Wuchsunterschiede sind auf beiden Versuchsflächen hoch signifikant ($p = 0,1\%$) und mit 18 bzw. 24% an der Gesamtvarianz beteiligt (Tab. 3). Sehr hoch ist die für die Interaktion Herkünfte \times Wiederholung auf der Fläche Ki 26 errechnete relative Varianzkomponente von 21%. Sie ist vermutlich als „Versuchsfehler“ zu interpretieren, da die Wiederholungseffekte selbst nicht signifikant sind. Dieser Fehler kann verschiedene Ursachen haben, die im einzelnen nicht mehr zu rekonstruieren sind.

Die außergewöhnliche Größe des Interaktionseffektes deutet aber darauf hin, daß sowohl bei der Stichprobewahl einzelner Individuen in den zu prüfenden Herkünften, als auch bei der Aufteilung der Anlage in Wiederholungen systematische Fehler entstanden sind. Besser lassen sich die für die Fläche Ki 23b ermittelten 5% interpretieren. In den relativ großen Werten für die Restvarianzen sind Faktoren wie die genetische und die Umweltvarianz enthalten, die im einzelnen in den vorliegenden Versuchen nicht zu erfassen sind.

Die für die einzelnen Herkünfte bekannten geographischen Daten (Breitengrad, Längengrad, Höhe ü. NN) ermöglichen die Prüfung der Abhängigkeit des Wachstums von diesen Variablen (Tab. 4). Legt man die einfachen Korrelationskoeffizienten zugrunde, so ergeben sich Abhängigkeiten vom Breitengrad und der Höhe ü. NN. Der letztere Zusammenhang läßt sich aber nicht aufrechterhalten, wenn die übrigen Variablen ausgeschaltet werden. Dabei ergibt sich lediglich zwischen Höhenwuchs und Breitengrad eine signifikante negative Korrelation. Dies bedeutet, daß südlidere Herkünfte auf beiden Versuchsflächen insgesamt wüchsiger sind als nördliche. In Abb. 2 wird dieser Zusammenhang graphisch dargestellt. Die Hilfslinien veranschaulichen, daß die Herkünfte aus Gebieten südlich des 39. Breitengrades in der Regel über dem Versuchsmittel liegen. Hierbei handelt es sich um 8 Herkünfte aus den südlichen Appalachen von South Carolina, North Carolina und Virginia. Eine gute Wuchsleistung zeigt auch eine Herkunft aus einem isolierten Vorkommen in Kentucky. Die erwähnten Herkünfte stammen aus Höhen zwischen 400 und 800 m ü. NN. — Dagegen liegen alle Herkünfte aus Gebieten nördlich des 45. Breitengrades in ihrer Wuchsleistung unter dem Versuchsmittel. Die betreffenden 10 Herkünfte stammen aus den kanadischen Provinzen Manitoba, Quebec, Ontario und New Brunswick sowie aus den US-Staaten Minnesota und Wisconsin. Die geographische Höhe ü. NN des Herkunftsortes lag zwischen

Tabelle 2. — Ergebnisse über Höhenentwicklung, Pflanzenausfälle und Blasenrostbefall bei *P. strobus*-Herkünften auf den Versuchsflächen Ki 26 und Ki 23 b. (Die Herkünfte sind in der Rangfolge ihrer Wuchsleistung auf Ki 26 im Jahre 1973 angeordnet.)

SB-Nr.	Höhe (cm)	Ki 26						Ki 23 b					
		Höhenentwicklung (% vom Jahresmittelwert)			Pflanzen- ausfälle bis 1973 in %	Cronartium- Befall 1970 in %		Höhenentwicklung (% vom Jahresmittelwert)			Pflanzen- ausfälle bis 1973 in %	Cronartium- Befall 1970 in %	
		1jährig 1963	5jährig 1967	8jährig 1970	11jährig 1973	Astkrebs	Stammkrebs	5jährig 1967	8jährig 1970	11jährig 1973	Astkrebs	Stammkrebs	
3874	9,2	119	127	125	5	2	2	115	123	122	42	3	11
3862	9,8	128	125	121	5	0	0	122	130	119	24	2	5
3831	9,2	135	114	119	9	0	5	129	117	116	36	3	2
3850	8,9	116	121	119	2	0	0	114	123	118	39	0	11
3800	8,6	115	119	119	0	0	0	135	128	119	36	3	9
3851	10,1	122	117	118	3	0	0	113	108	107	39	0	6
3809	8,8	117	113	118	11	0	3	106	107	109	47	2	16
3810	9,0	112	116	115	0	3	0	112	121	118	52	3	13
3814	9,2	126	116	115	6	2	6	122	115	111	63	8	17
3871	9,0	103	115	114	5	0	0	--	--	--	--	--	--
3823	9,0	115	112	112	11	0	5	127	113	111	28	2	5
3828	8,4	116	115	111	2	0	0	105	106	113	48	0	9
3829	8,7	109	106	111	3	0	0	109	94	93	28	0	3
3839	10,7	117	109	110	3	2	0	111	106	111	42	3	8
3837	10,8	106	113	110	2	0	2	126	125	116	44	5	3
3811	8,7	122	109	109	6	0	2	109	105	101	36	2	6
3833	8,3	111	111	107	2	0	2	96	104	107	50	0	6
3824	8,8	114	107	107	13	2	3	--	--	--	--	--	--
3852	9,9	108	105	106	2	0	2	100	103	103	41	3	3
3808	8,5	99	104	105	2	2	0	103	100	103	50	5	5
3857	8,6	102	104	105	3	0	2	100	120	113	47	3	5
3818	8,7	93	105	105	0	0	0	--	--	--	--	--	--
3876	8,1	108	107	105	9	0	0	119	123	119	50	3	9
3825	9,1	94	110	104	11	0	3	122	120	118	45	5	3
3861	8,8	113	109	104	3	0	0	120	113	114	42	2	9
3805	7,4	96	95	102	5	2	0	88	88	87	45	0	2
3812	7,1	99	95	102	8	0	3	--	--	--	--	--	--
3807	9,2	84	105	102	6	0	0	--	--	--	--	--	--
3827	7,7	95	97	101	3	0	3	89	92	95	52	0	11
3872	7,4	104	107	101	6	3	3	94	96	104	42	3	2
3875	7,1	79	89	101	5	0	0	94	104	101	53	2	2
3806	8,9	95	96	100	9	0	2	88	104	102	36	2	5
3870	8,6	92	95	100	5	0	2	103	109	107	52	2	8
3830	9,8	110	93	100	11	0	5	120	98	100	52	2	6
3821	8,7	101	103	100	3	0	2	119	91	96	44	0	2
3853	8,1	96	97	99	9	0	0	99	96	96	44	0	5
3834	7,1	101	106	99	2	0	0	97	121	117	20	0	0
3815	10,1	101	103	99	3	0	0	121	110	103	31	6	6
3804	8,9	91	97	99	5	0	2	92	89	96	67	2	6
3849	9,5	103	103	99	3	0	2	103	100	108	45	3	3
3835	7,1	100	106	98	9	0	0	96	92	92	52	0	8
3877	9,8	100	102	98	3	0	3	101	100	105	50	2	0
3801	8,8	94	93	98	5	0	0	113	107	105	23	0	3
3820	8,4	97	105	98	3	0	2	104	109	111	42	0	4
3840	9,4	101	99	98	6	0	6	107	105	97	30	0	3
3802	9,5	89	96	97	2	0	0	93	103	102	34	3	5
3803	8,9	96	90	95	3	0	0	106	106	106	36	0	3
3842	9,6	96	97	95	3	0	0	--	75	75	41	0	0
3832	8,8	99	87	94	3	0	0	84	90	93	39	2	5
3828	8,3	93	91	94	9	0	2	76	73	79	31	3	3
3819	8,0	91	89	94	0	0	0	103	116	114	33	2	8
3843	7,9	87	84	89	6	2	0	82	76	84	52	2	3
3826	8,2	93	87	83	3	0	0	91	83	85	42	3	3
3855	8,3	82	85	87	11	2	2	84	94	89	55	0	5
3844	8,4	79	88	87	2	0	0	66	89	97	39	2	9
3841	8,6	75	94	86	3	0	0	72	77	85	52	0	11
3813	6,5	99	84	85	13	0	2	88	83	82	45	0	5
3854	7,7	84	82	84	6	0	2	74	82	80	45	0	2
3826	7,5	73	81	82	6	0	2	56	64	65	63	0	3
3856	7,2	81	75	82	8	0	2	74	78	82	42	0	5
3822	9,0	100	85	80	9	2	3	96	97	92	53	6	13
3846	7,3	82	75	77	17	0	0	65	67	67	48	2	2
3847	8,1	78	77	77	22	0	3	68	73	84	56	0	8
3848	7,2	86	78	74	11	0	0	92	88	91	53	2	6
3845	9,1	77	73	72	5	2	0	74	68	65	53	0	8
3878	7,9	--	--	--	--	--	--	103	99	95	47	2	11
3879	8,6	--	--	--	--	--	--	93	87	88	53	2	0
3899	8,6	--	--	--	--	--	--	113	105	103	53	0	3
3873	9,0	--	--	--	--	--	--	125	117	116	47	2	3
$\bar{x}(\text{cm})$	8,6	35	144	330				30	112	285			
$\bar{x}(\%)$				6	0,4	1,4					44	1,7	5,6
F						1,8							7,3

Tabelle 3. — Varianzanalyse des Höhenwachstums von *P. strobus*-Herkünften auf den Versuchsflächen Ki 23 b und Ki 26.

Ursache	Ki 23 b			Ki 26		
	FG	Varianzkomponente δ^2 absolut ($x \cdot 10^3$)	relativ	FG	Varianzkomponente δ^2 absolut ($x \cdot 10^3$)	relativ
Wiederholungen	3	--	--	3	--	--
Herkünfte	59	1,179 ***	18	64	1,439 ***	24
Herk. x Wiederh.	177	0,322 ***	5	192	1,258 ***	21
Rest	720	5,002	77	780	3,380	55
Signifikanz: *** = 0,1%						

100 und 400 m. — Unter den Herkünften aus Gebieten zwischen dem 39. und 45. Breitengrad finden sich ausgesprochen wüchsige. So stammt die Herkunft mit dem größten Höhenzuwachs aus Pennsylvania (SB-Nr. 3874). Doch va-

rriert das Merkmal Höhenwuchs selbst bei direkter geografischer Nachbarschaft zwischen den Herkünften beträchtlich und streut stark um das Versuchsmittel.

Die absoluten Werte für den Höhenwuchs differieren zwischen den beiden Versuchsflächen signifikant, was vermutlich auf Umwelteinflüsse zurückgeführt werden kann. Volumbruch und Düngung der Versuchsfläche vor der Pflanzung, geringere Höhe ü. NN und höhere mittlere Jahresniederschläge sowie die um 1 Jahr frühere Pflanzung haben sich offenbar günstig auf die Bäume der Versuchsfläche Ki 26 ausgewirkt. Dennoch besteht hinsichtlich der Rangordnung der Herkünfte zwischen den beiden Versuchsorten eine enge Korrelation ($r = 0,80$), die bei einem Vergleich der einzelnen Meßjahre große Konstanz zeigt. Demnach stimmen die Herkünfte in ihrem Verhalten auf

Tabelle 4. — Einfache und partielle Korrelationskoeffizienten zwischen Höhenwuchs und den übrigen Variablen.

Versuchs-Nr.	Korrelation zw. Variablen $x_1 = \text{Höhe 73}$	ausgeschal-tete Variable	Breitengrad x_2	Längen-grad x_3	Höhe ü.NN x_4
Ki 26	x_1x_2	---	-0,50***	-0,07	+0,31+
	x_1x_3	---			
	x_1x_4	---			
	x_1x_2	x_3x_4	-0,40**	-0,12	-0,01
	x_1x_3	x_3x_4			
	x_1x_4	x_2x_3			
Ki 23b	x_1x_2	---	-0,55***	-0,13	+0,27+
	x_1x_3	---			
	x_1x_4	---			
	x_1x_2	x_3x_4	-0,51***	-0,16	-0,13
	x_1x_3	x_2x_4			
	x_1x_4	x_2x_3			

Signifikanzen: + = 5%; ++ = 1%; *** = 0,1%

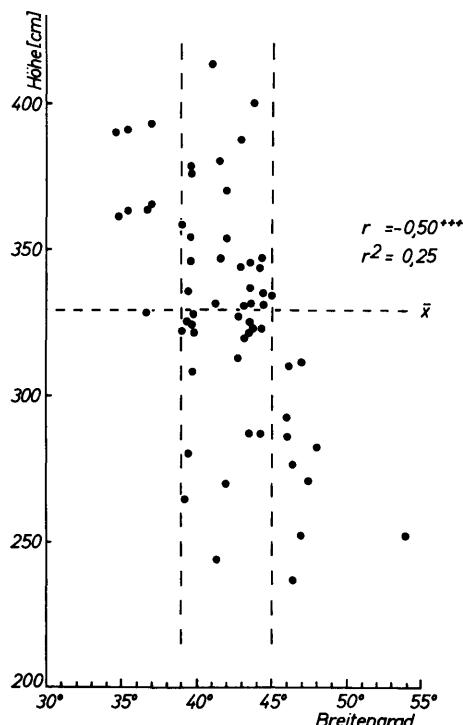


Abb. 2. — Zusammenhang zwischen Höhenwuchs und Breitengrad bei Herkünften von *P. strobus* auf Versuchsfläche Ki 26 (Höhenmessung 1973, Alter der Bäume 11 Jahre).

den beiden Versuchsflächen weitgehend überein. Neben den Korrelationen in der Rangordnung zwischen den Versuchsorten interessierte der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Meßjahren (Tab. 5). Danach besteht bereits zwischen der Sämlingshöhe und dem Wachstum im späteren Alter eine Korrelation, die, wie zu erwarten, beim größten Altersunterschied am schwächsten ist. Günstigere Beurteilungsgrundlagen für das spätere Wachstum liefern die Erhebungen im Alter 5 und 8. Die für die beiden Versuchsflächen ermittelten Werte stimmen hierin gut überein (Tab. 5).

2. Pflanzenausfälle

Hinsichtlich der Pflanzenausfälle unterscheiden sich die beiden Versuchsflächen deutlich (Tab. 2). Während bei Ki 26 im Mittel bis 1973 nur etwa 6% der Bäume ausfielen,

Tabelle 5. — Korrelationen zwischen dem Höhenwuchs in verschiedenen Altersstufen.

Alter (Jahre)	Versuchsflächen	
	Ki 26	Ki 23b
1	5	0,46***
1	8	0,47***
1	11	0,46***
5	8	0,86***
5	11	0,86***
8	11	0,94***

Signifikanzen: ++ = 1%; *** = 0,1%

sind die Ausfälle bei Ki 23b mit über 44% außergewöhnlich hoch. Sie sind vor allem auf das in den vergangenen Wintern wiederholte epidemische Massenaufreten der Rötelmäuse zurückzuführen. Das Benagen der Rinde durch diesen Nagetier führte in der Regel in der darauffolgenden Vegetationszeit zum Absterben der Bäume. Als weitere Ursachen für die zu beobachtenden Ausfälle sind Trockenschäden und Blasenrostbefall anzuführen. Frostschäden wurden bei den seit 1970 jährlich vorgenommenen Inspektionen nicht festgestellt.

Eine Korrelation zwischen Mortalität und geographischen Daten der Herkünfte ließ sich nicht nachweisen, was wegen der oben erwähnten Ursachen für die Ausfälle auch nicht zu vermuten war. Jedoch läßt sich feststellen, daß die Herkünfte aus Gebieten südlich des 39. Breitengrades im Mittel ein bis zwei Drittel weniger Ausfälle haben als die Herkünfte aus Gebieten nördlich des 45. Breitengrades. Dies trifft sowohl für die durch Rötelmäuse geschädigte als auch für die ungeschädigte Fläche zu. Diese südlichen Herkünfte scheinen demnach eine größere Vitalität zu besitzen.

3. Cronartium-Befall

Der Befall durch *Cronartium ribicola* war zum Zeitpunkt der Bonitur im Jahre 1970 relativ gering (Tab. 2). Im Mittel waren auf der Fläche Ki 26 nur etwa 2%, auf Ki 23b etwa 7% der Bäume befallen. Die Befallsunterschiede zwischen den Flächen lassen sich mit den abweichenden Infektionsverhältnissen erklären. Fläche Ki 26 liegt weit entfernt von Zwischenwirt-Anpflanzungen (*Ribes*-Arten). Der Befall blieb daher offenbar zunächst auf die Bäume beschränkt, die bereits im Verschulkampf infiziert worden waren. Die Krebsstellen befanden sich an der Stammbasis und an unteren Astquirlen. Dagegen liegen in nur geringer Entfernung von der Fläche Ki 23b Hausgärten mit *Ribes*-Anbau. Hierdurch sind Neuinfektionen möglich.

Das Merkmal Blasenrostbefall zeigt vor allem auf der stärker befallenen Fläche Ki 23b eine deutliche Variation. Eine Abhängigkeit zwischen Befall und Ursprung des Saatgutes ist allerdings nicht nachweisbar. Dagegen besteht zwischen den beiden Flächen eine schwache Korrelation ($r = 0,32$) im Gesamtbefall der Herkünfte.

Unter den insgesamt 69 Herkünften fanden sich 1970 nur zwei aus Maryland (SB-Nr. 3834) und Quebec (SB-Nr. 3842), bei denen bis zu diesem Zeitpunkt auf beiden Flächen noch keine Bäume an Blasenrost erkrankt waren. Starken Befall zeigte dagegen eine Absaat aus Wisconsin (SB-Nr. 3827), die von ausgelesenen, blasenrostresistenten, allerdings in einer Samenplantage frei abgeblühten Mutterbäumen stammt. Ob zwischen den Herkünften tatsächlich genetisch bedingte Befallsunterschiede vorhanden sind, läßt sich aufgrund der kurzen Beobachtungsdauer und dem Fehlen kontrollierter Infektionsbedingungen nicht entscheiden.

4. Zwergwüchsigkeit

Bei einer Herkunft aus Illinois (SB-Nr. 3848) findet sich ein großer Anteil (etwa 25%) zwergwüchsiger Individuen. Sie wachsen zu kugelförmigen Bäumen ohne ausgeprägten Mitteltrieb heran und haben einen mittleren jährlichen Zuwachs von etwa 10 cm. Der Zwergwuchs dieser Bäume ist nicht durch *Cronartium ribicola* verursacht. Das Saatgut wurde von 6 Mutterbäumen geerntet, doch stammen interessanterweise 75% der Samen von nur einem Baum.

Zwergwüchsige *P. strobus* treten unter natürlichen Bedingungen gelegentlich auf (WRIGHT 1970) und werden in Baumschulen als Sorten geführt und vegetativ vermehrt. Fruchtende Zwergbüsche wurden anscheinend bisher nicht beobachtet.

Über die genetischen Hintergründe dieser Erscheinung liegen bisher keine Angaben vor. Nach WRIGHT (1970) ist es unter anderem denkbar, daß Zwergwuchs durch eine rezessive Mutation oder durch chromosomale Veränderungen mit rezessiver Wirkung ausgelöst wird und in Verbindung mit einer hohen Selbstungsrate des Mutterbaumes steht.

5. Verhalten von *Pinus monticola* und *P. wallichiana*

Über die im Versuch Ki 26 zu Vergleichszwecken angebauten Herkünfte von *P. monticola* und *P. wallichiana* finden sich nähere Angaben in Tab. 6. Die *P. monticola*-Herkunft erreicht im Höhenwachstum nur etwa 85% des Versuchsmittels von *P. strobus* und liegt mit 10% Pflanzenausfällen im Vergleich zu *P. strobus* relativ hoch.

Jahr. Sie haben demnach eine lange Vegetationszeit und schließen im Vergleich zu nördlichen Herkünften erst spät im Herbst mit dem Wachstum ab (GENYS 1968). Erst nach einer längeren Beobachtungszeit wird sich aber entscheiden lassen, ob diese Herkünfte ihre Wuchsüberlegenheit behalten.

Die hier gewonnenen Erfahrungen stimmen mit amerikanischen Ergebnissen weitgehend überein (GENYS 1968; WRIGHT 1970; WRIGHT et al. 1973). Das Höhenwachstum ist mit dem Breitengrad einer Herkunft korreliert. In dieser Korrelation drückt sich offenbar auch die Abhängigkeit von der Dauer der Vegetationsperiode und anderen Klimafaktoren aus.

Nach den von GENYS (1968) mitgeteilten Ergebnissen bestanden zwischen den in den USA (Maryland), in Australien und in Deutschland herangezogenen einjährigen Pflanzen im Höhenwuchs signifikante Korrelationen. Darüber hinaus ergaben sich zwischen dem Wachstum der in Schmalenbeck kultivierten Pflanzen und einigen in Maryland erhobenen Merkmalen (Samengewicht, Wachstum und Triebdurchmesser im Alter 2, sekundäres Wachstum während einer Vegetationszeit, Nadellänge) zum Teil straffe Korrelationen. Die aufgeführten Merkmale nehmen von Norden nach Süden zu. Für diese Korrelationen sind Ursache und Wirkung nicht eindeutig zu trennen.

Die Überlegenheit südlicher *P. strobus*-Herkünfte hat in Amerika eine nördliche Grenze. Im nördlichen Michigan, in Wisconsin und Minnesota sowie in der kanadischen Provinz Ontario waren solche Herkünfte durch kalte Win-

Tabelle 6. — Herkunft und nähere Angaben über das Verhalten von *Pinus monticola* und *P. wallichiana* auf der Versuchsfläche Ki 26

SB-Nr.	MdF Nr.	Pinus-Art	Herkunft	Breiten-grad	Längen-grad	Höhe ü. NN (m)	Höhe 1973	% von \bar{x} v. <i>P. str.</i>	Pflanzen- ausfälle bis 1973 in %	Cronartium- Befall 1970 in %
							Vers. Ki 26 (= 330 cm)			
3859	116	<i>P. monticola</i>	Kitsap, Wash.	—	—	122	84	11	0	0
3868	280	<i>P. wallichiana</i>	Hazara, Pakistan	34° 10' N	73° 20' E	2316	38	48	0	0
3858	596	<i>P. wallichiana</i>	Arboretum in Maryland, USA	—	—	—	37	67	0	0

Ausgesprochen ungünstig ist die Leistung der beiden *P. wallichiana*-Herkünfte zu beurteilen. Bei beiden Populationen sind infolge wiederholter Frostschäden sehr hohe Pflanzenausfälle zu verzeichnen. Die verbliebenen Pflanzen erreichen im Höhenwuchs kaum 40% der mittleren *P. strobus*-Leistung.

Nach den im Jahre 1970 vorgenommenen Bonituren auf Blasenrost waren beide *Pinus*-Arten befallsfrei.

Ein abschließendes Urteil über das Verhalten der beiden Arten unter hiesigen Bedingungen ist jedoch anhand dieser Ergebnisse mit wenigen Provenienzen nicht möglich.

Diskussion

Für einen Anbau von *P. strobus*-Herkünften im norddeutschen Raum ist von entscheidender Bedeutung die Reaktion auf die hiesigen Standortsbedingungen. Wie die bisherigen Ergebnisse der zwei vorstehend geschilderten Provenienzversuche zeigen, ist ein negativer Einfluß durch Frost oder andere Klimafaktoren nicht festzustellen. Besonders günstig sind die Herkünfte aus südlichen Gebieten zwischen dem 34. und 39. Breitengrad zu beurteilen. Nach GENYS (1968) kommen diese Herkünfte aus Klimazonen mit mittleren jährlichen Minimumtemperaturen von -18° bis -12° C und mit im Mittel 120–210 frostfreien Tagen im

Winter stark gefährdet (KING und NIENSTAEDT 1969; FOWLER und HEIMBURGER 1969). Die unter norddeutschen Verhältnissen gewonnenen Erkenntnisse müssen daher beim Anbau südlicher Herkünfte in höheren oder frostgefährdeten Lagen überprüft werden.

Auch in anderen europäischen Ländern werden *P. strobus*-Herkünfte aus den südlichen Appalachen günstig beurteilt, selbst in Gebieten mit mehr kontinentalem Klima. So kamen nach RADU (1971) in einem rumänischen Versuch die 5 wüchsigesten Provenienzen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet zwischen dem 37. und 41. Breitengrad. In einem italienischen Anbauversuch erwies sich eine Herkunft aus West Virginia als die beste (DE VECCHI PELLATI 1974).

Aufgrund der oben geschilderten Ergebnisse sind Herkünfte aus dem nördlichen Verbreitungsgebiet im Wachstum bisher eindeutig unterlegen. Welche Gründe für die starke Variation von Herkünften aus Gebieten zwischen dem 39. und 45. Breitengrad maßgebend sind, muß im einzelnen noch geklärt werden. Beim Anbau solcher Herkünfte ist dieses Verhalten auf jeden Fall zu beachten. Eine relativ frühe Beurteilung des späteren Wuchsverhaltens erscheint jedoch nach den hier vorgelegten engen Korrelationen zwischen verschiedenen Altersstufen möglich.

Anmerkung

Herrn Prof. Dr. J. B. GENYS, College Park, haben wir für die Überlassung des Saatgutes zu danken. Desgleichen gilt unser Dank den Herren Prof. Dr. R. SCHMITT und Oberforstmeister ECKSTEIN, Gießen, für die Bereitstellung von Flächen zur Verschulung der Jungpflanzen. Bei der Anlage der Feldversuche wurden wir von den Herren Prof. Dr. E. RÖHRIG, ehemals FA Reinhausen, Oberforstmeister H. BARELMANN, FA Nordhorn, sowie Herrn SPRINGORUM, Heidegut Wielen, unterstützt. — Frau I. SCHULZE danke ich für ihre interessierte und gewissenhafte Mitarbeit bei den Auswertungsarbeiten.

Zusammenfassung

Insgesamt 69 Herkünfte von *Pinus strobus* aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet der Art wurden an 2 Orten in Niedersachsen versuchsmäßig angebaut. Die Aussaat erfolgte 1963, die Pflanzung 1966 bzw. 1967. Messungen bzw. Bonituren bezogen sich auf das Höhenwachstum, den Befall durch den Erreger des Blasenrostes (*Cronartium ribicola*) und die Pflanzenausfälle.

Zwischen Wuchsleistung und geographischer Breite des Herkunftsortes besteht eine partielle negative Korrelation ($r = -0,40$ bis $-0,51$). Die Herkünfte aus den südlichen Appalachen von North Carolina, South Carolina und Virginia (ungefähr südlich des 39. Breitengrades) liegen in ihrer Wuchsleistung bisher über dem Versuchsmittel. Herkünfte aus Gebieten nördlich des 45. Breitengrades sind insgesamt unwüchsig. Bei den Herkünften aus Gebieten zwischen dem 39. und 45. Breitengrad finden sich zwar besonders wüchsige, doch ist selbst zwischen geographisch eng benachbarten Herkünften eine starke Variation des Merkmals Höhenwuchs festzustellen.

Zwischen den in den einzelnen Jahren ermittelten Werten für den Höhenwuchs bestehen Korrelationen, die bei großem Altersunterschied schwach, vom Alter 5 an jedoch recht straff sind.

Auf den bei einer Herkunft zu beobachtenden hohen Anteil an zwergwüchsigen Individuen wird hingewiesen.

Bei den Pflanzenausfällen und beim Blasenrostbefall lassen sich Herkunftsunterschiede erkennen.

Die zu Vergleichszwecken in die Versuche einbezogenen Herkünfte von *Pinus monticola* (1 Herkunft) und *P. wallichiana* (2 Herkünfte) erreichten nur 85% bzw. 40% des Versuchsmittels von *P. strobus*. Bei *P. wallichiana* sind zudem sehr starke Pflanzenausfälle zu verzeichnen.

Schlagworte: *Pinus strobus*, *P. monticola*, *P. wallichiana*, Herkunftsunterschiede, Höhenwachstum, Pflanzenausfälle, *Cronartium*-Befall, Zwergwüchsigkeit.

Summary

Geographic variation of Pinus strobus on the basis of first results of field trials in Lower Saxony.

All together 69 provenances of eastern white pine (*Pinus strobus*) from the area of the natural range of this species have been grown in field trials on two sites in Lower Saxony (northern Germany).

The seed lots were sown in 1963. The two plantings were established in 1966 and 1967 respectively. The following measurements and observations were recorded for all provenances: growth rate, mortality and infections by the blister rust fungus (*Cronartium ribicola*).

Height at age 11 is negatively correlated with provenance latitude ($r = -0.40$ to -0.51). Provenances of the southern Appalachian Mountains of North Carolina, South Carolina and Virginia (about south of the 39th degree of latitude) show growth better than the average in these trials. Provenances from areas north of the 45th degree of latitude (Manitoba, Quebec, Ontario, New Brunswick, Minnesota, Wisconsin) are all of poor growth. Though there are especially fast growing provenances from areas between the 39th and 45th degrees of latitude but even between provenances which are close neighbours a great variation of the height is observed.

Height of the provenances in the various years is correlated, but the correlations are not strong when the differences in age are great, and particularly strong from the age of 5 onwards.

The high number of dwarf plants in one provenance from Illinois is indicated.

Differences between provenances could be observed concerning mortality and infection by *Cronartium ribicola*.

Pinus monticola (1 provenance) and *P. wallichiana* (2 provenances) showed only 85% and 40% of the average height of *P. strobus*. Beyond it a high mortality could be observed in *P. wallichiana*.

Key words: eastern white pine, *Pinus strobus*, *P. monticola*, *P. wallichiana*, differences between provenances, growth rate, mortality, blister rust infections, dwarf plants.

Literatur

- CRITCHFIELD, W. B., and LITTLE, E. L. jr.: Geographic distribution of the pines of the world. USDA Forest Serv., Misc. Publ. 991, 97 pp. (1966). — FOWLER, D. P., and HEIMBURGER, C.: Geographic variation in eastern white pine, 7-year results in Ontario. *Silvae Genetica* 18, 123—129 (1969). — GARRETT, P. W., SCHREINER E. J., and KETTLEWOOD, H.: Geographic variation of eastern white pine in the Northeast. USDA Forest Serv. Res. Pap. NE-274, 14 p. (1973). — GENYS, J. B.: Geographic variation in eastern white pine. *Silvae Genetica* 17, 6—12 (1968). — KING, J. P., and NIENSTAEDT, H.: Variation in eastern white pine seed sources planted in the Lake States. *Silvae Genetica* 18, 83—86 (1969). — RADU, S.: Preliminary results of a nursery trial of some American provenances of *Pinus strobus*. Rev. Padurilor 86, 224—230 (1971). — SCHMITT, R.: Intrinsic qualities, acclimatisation, and growth potential of white pines introduced into Europe, with emphasis on *Pinus strobus*. In: BINGHAM, R. T., HOFF, R. J., and MACDONALD, G. I. (editors): Biology of rust resistance in forest trees. USDA For. Serv., Misc. Publ. 1221, 111—122 (1972). — VECCHI PELLATI, E. de: Prova comparativa di sviluppo in vivaio fra provenienze americane e locali di Pino strobo (*P. strobus* L.). Cellulosa e Carta 25, 19—24 (1974). — WRIGHT, J. W.: Genetics of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). USDA Forest Serv. Res. Pap. WO-9, 16 p. (1970). — WRIGHT, J. W., LEMMIEN, W. L., and BRIGHT, J. N.: Genetic variability in eastern white pine from Michigan. *Silvae Genetica* 19, 146—149 (1970).