

## Untersuchungen zur individuellen Bedingtheit des Kreuzungserfolges zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens*<sup>1)</sup>

Von IRMGARD EIFLER

(Vorgetragen am 26. 7. 1960 auf der Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung)

Auf der Arbeitstagung 1958 berichtete STERN „Über einige Experimente zur Artfrage bei Sand- und Moorbirke“. Zwischen seinen Untersuchungen und unseren Arbeiten ergeben sich mancherlei Kontakte, und die Ergebnisse der letztjährigen Waldsiedersdorfer Kreuzungsversuche zwischen unseren beiden einheimischen Birkenarten sollen hierdurch vorläufig mitgeteilt werden.

Da dieses Artkreuzungsproblem in den vergangenen Jahren häufiger Gegenstand von Vorträgen und Veröffentlichungen gewesen ist, darf der diesbezügliche Fragenkomplex wohl als weitgehend bekannt vorausgesetzt und daher auf Wiederholungen und umfangreiche Literaturangaben verzichtet werden. Die Frage, ist eine Kombination zwischen Sand- und Moorbirke durch künstliche Kreuzung prinzipiell möglich, konnte nicht nur in Waldsiedersdorf positiv beantwortet werden. Abgesehen von den zwei triploiden Nachkommen, die JOHNSON erhielt, und den drei Kreuzungsnachkommen, die aus den Versuchen KLAHN hervorgingen, sind in Schmalenbeck in jüngster Zeit eine Reihe von Bastarden aus dieser Artkreuzung entstanden.

STERN bezeichnete trotzdem die Kombination zwischen Moor- und Sandbirke als „extrem steril“. Er schließt sich damit der Auffassung von JOHNSON und KLAHN an. Die Keimfähigkeit der erhaltenen Samen läßt sich sowohl bei STERNs Kreuzungsversuchen als auch bei denen von JOHNSON und KLAHN kaum in Prozenten ausdrücken. Unsere Waldsiedersdorfer Kreuzungsergebnisse stehen zu diesen Erfahrungen im Gegensatz. Abgesehen von dem subjektiven Inhalt, den nach STERNs Ausführungen ein Ausdruck wie „extrem steril“ ohne exakte Definition trägt, läßt er sich auf Grund der erhaltenen Prozentwerte an keimfähigen Samen im Hinblick auf unsere Versuche für die Kombination Sand- X Moorbirke nicht anwenden.

Während unsere ersten Kreuzungsversuche aus dem Jahre 1953 mit dem Auftreten von zwei triploiden Nachkommen aus 38 Fruchständen ähnlich verlaufen sind wie JOHNSONs Experimente, zeigen die Kombinationen des Jahres 1955 ein wesentlich günstigeres Ergebnis hinsichtlich der Prozentwerte an keimfähigen Samen. Wie bereits im „Züchter“ 1955 veröffentlicht, sind sechs verschiedene *Betula pubescens*-Bäume auf einer *Betula pendula* eingekreuzt worden. Je nach der Verwendung der verschiedenen Vaterbäume ist die Keimfähigkeit der erhaltenen Samen sehr unterschiedlich. Sie bewegt sich zwischen 0,04% im ungünstigsten und 4,67% im günstigsten Fall. Diese auffallenden Differenzen sprechen für eine weitgehende individuelle Abhängigkeit des Kreuzungserfolges zwischen Sand- und Moorbirke. Dieser Hinweis erfolgte unsererseits auch auf der Forstgenetikertagung 1957 in Berlin. Kombinationsversuche auf breiterer Basis wurden 1958 zur Klärung dieser Frage in Waldsiedersdorf eingeleitet. Für den Versuch waren acht *Betula pendula*- und acht *Betula pubescens*-Bäume vorgesehen, von denen jeder als Mutterbaum und auch als Pollenspender in allen Kombinationen

verwandt werden sollte. Die Kreuzungen wurden einerseits im Gewächshaus an Flaschenpfropfungen vorgenommen und andererseits im Freiland durchgeführt. Außergewöhnliche Hitze während der Kreuzungszeit führte dazu, daß infolge mangelnder Kühlvorrichtungen unserer Gewächshausanlagen sämtliche Kreuzungen, die im Haus erfolgten, mißlungen sind. Da zwei der vorgesehenen Kreuzungspartner auf Grund ihrer weiten räumlichen Entfernung von Waldsiedersdorf nicht direkt als Mutterbäume verwandt werden konnten, reduzierten wir die Freilandkreuzungen auf 36 Kombinationen und ihre reziproken Kreuzungen. Bei der Auswahl der Bäume wurden keine besonderen Ansprüche hinsichtlich bestimmter Eigenschaften gestellt, da es sich lediglich um einen Testversuch zur Kombinations-eignung handelte. Die *Betula pubescens*-Bäume sind jetzt 14jährige Nachkommenschaften aus frei abgeblühtem Samen von einigen wenigen Ausleseebäumen des Waldsiedersdorfer Reviers. Es besteht die Wahrscheinlichkeit, daß sie untereinander verwandt sind. Bei *Betula pendula* handelt es sich außer einem ca. 65jährigen Baum ebenfalls um 14jährige Nachkommen von Waldsiedersdorfer Ausleseebäumen. Ihre günstige Lage zur Arbeitsstätte war für ihre Auswahl von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Kreuzungsarbeiten führten wir unter den üblichen Vorsichtsmaßnahmen aus. Die Aussaat des Kreuzungsmaterials erfolgte unter Anwendung der notwendigen Vorsicht im Gewächshaus. Die Keimpflanzen wurden wie üblich pikiert und schließlich einzeln in kleine Blumentöpfe ausgepflanzt. Sie verblieben während der kalten Jahreszeit im Gewächshaus und kamen zum Sommer in größeren Töpfen in die Schattenhalle. Damit hatten wir die Möglichkeit, jederzeit Wurzelspitzenquetschpräparate herzustellen, um Chromosolmenauszählungen an diesem Material vorzunehmen.

Die Tabellen 1 und 2 fassen die Kreuzungsergebnisse des Jahres 1958 zusammen.

Die linke Hälfte der Tabelle 1 enthält die *Betula pendula* X *Betula pubescens*-Kreuzungen, während auf der rechten Seite die Ergebnisse der entsprechenden reziproken Kreuzungen dargestellt sind. Die mittlere senkrechte und die unterste waagerechte Säule zeigen die Keimprozentage der Kontrollen, d. h. des frei abgeblühten Saatgutes von den zwölf miteinander kombinierten Ausgangsbäumen. Unter 1 ist die Anzahl der bestäubten Blütenstände, unter 2 die der geernteten Fruchstände, unter 3 die Zahl der erhaltenen Samen abzulesen. 4 gibt die Keimfähigkeit in % wieder und 5 zeigt die Anzahl der am 15. 9. 1959 lebenden Pflanzen.

Unter den 72 in der Tabelle 1 dargestellten Kreuzungskombinationen fällt zunächst auf, daß bei der Kreuzung *Betula pendula* X *Betula pubescens* die verschiedenen Mutterbäume sehr unterschiedlich in ihrer Kombinationsfähigkeit sind. Während *Betula* (KT = Kreuzungsturm) in Verbindung mit jedem der eingekreuzten Väter einen z. T. geringen, z. T. befriedigenden Prozentsatz keimfähiger Samen liefert, sind dagegen drei der ausgewählten Mutter-

<sup>1)</sup> Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor von GUTTENBERG, in Dankbarkeit zu seinem 80. Geburtstag gewidmet.

Tabelle 1. — Birkenartkreuzungen 1958: *Betula pendula* × *Betula pubescens* und *Betula pubescens* × *Betula pendula*

		♂ B. pub. 1	♂ B. pub. 4	♂ B. pub. 5	♂ B. pub. 6	♂ B. pub. 85/12	♂ B. pub. 385	frei abge- blüht	♀ B. pub. 385	♀ B. pub. 85/12	♀ B. pub. 6	♀ B. pub. 5	♀ B. pub. 4	♀ B. pub. 1	
<i>B. pend.</i>	1 =	38	34	37	40	36	35		4	47	27	18	3	58	= 1
	2 =	21	9	7	19	13	8	1	—	—	5	—	—	2	= 2 <i>B. pend.</i>
KT	3 =	7570	2923	2638	7276	4888	2857	250	—	—	945	—	—	375	= 3 KT
♀	4 =	6,88	0,21	2,20	4,67	0,23	0,70	40,00	—	—	0,53	—	—	—	= 4 ♂
	5 =	382	8	40	227	8	10		—	—	5	—	—	—	= 5
<i>B. pend.</i>	1 =	34	43	14	32	30	28		9	35	33	21	3	36	= 1
23/17	2 =	12	4	1	14	1	—	1	2	—	14	1	—	4	= 2 <i>B. pend.</i>
♀	3 =	2210	871	244	2745	280	—	205	258	—	3180	137	—	850	= 3 23/17
	4 =	8,37	1,95	—	11,40	1,43	—	18,54	—	—	0,09	—	—	—	= 4 ♂
	5 =	112	2	—	144	3	—		—	—	2	—	—	—	= 5
<i>B. pend.</i>	1 =	33	30	35	22	28	22		13	42	21	22	7	44	= 1
88/4	2 =	—	5	11	—	3	—	1	—	—	8	1	1	11	= 2 <i>B. pend.</i>
♀	3 =	—	970	2926	—	536	—	303	—	—	1145	191	108	2863	= 3 88/4
	4 =	—	0,62	0,34	—	0,19	—	9,57	—	—	0,69	—	1,85	0,21	= 4 ♂
	5 =	—	4	7	—	1	—		—	—	4	—	2	4	= 5
<i>B. pend.</i>	1 =	18	20	19	28	20	30		3	40	14	24	4	45	= 1
5/8	2 =	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	19	= 2 <i>B. pend.</i>
♀	3 =	—	—	—	—	—	—	—	—	180	198	—	—	6353	= 3 5/8
	4 =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,07	—	—	0,08	= 4 ♂
	5 =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	5	= 5
<i>B. pend.</i>	1 =	11	20	26	21	17	9		10	39	20	12	4	42	= 1
34/7	2 =	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	4	= 2 <i>B. pend.</i>
♀	3 =	—	—	—	—	—	—	—	160	—	307	171	192	903	= 3 34/7
	4 =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	= 4 ♂
	5 =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	= 5
<i>B. pend.</i>	1 =	53	38	40	39	33	44		5	11	29	10	6	42	= 1
89/15	2 =	—	—	—	—	—	—	1	—	10	10	—	—	7	= 2 <i>B. pend.</i>
♀	3 =	—	—	—	—	—	—	360	—	4536	1839	—	—	1200	= 3 89/15
	4 =	—	—	—	—	—	—	5,27	—	—	0,16	—	—	0,08	= 4 ♂
	5 =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	= 5
frei ab- geblüht	1 =	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	= 1
	2 =	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	= 2 frei ab-
	3 =	395	286	345	155	384	270		270	384	155	345	286	395	= 3 geblüht
	4 =	34,18	8,04	9,57	1,29	8,59	0,37		0,37	8,59	1,29	9,57	8,04	34,18	= 4
	5 =														= 5

1 = Anzahl der bestäubten Blütenstände, 2 = Anzahl der geernteten Fruchtsstände, 3 = Anzahl der erhaltenen Samen, 4 = Keimfähigkeit in %, 5 = Anzahl der lebenden Pflanzen 15. 9. 1959

Tabelle 2. — Birkenartkreuzungen 1958: *Betula pendula* × *Betula pubescens*

Kombination	Keimf. in %	Anz. d. Pflanzen am 15.9.59	Typeneinteilung (nach morphol. Merkmalen)			Kräuse- lung des ganzen Blattes	Kräuse- lung des Blatt- randes	Rostbefall				Anz. d. zytol. geprüften Pflanzen	Chromoso- menzahlen			Anz. d. z. Z. lebenden Pflanzen
			Bastard	Mutter	Vater			1	2	3	4		28	42	56	
<i>B. pend.</i> KT × <i>B. pub.</i> 1	6,99	382	369	3	—	99	6	2	2	3	—	18	1	17	—	373
<i>B. pend.</i> KT × <i>B. pub.</i> 4	0,88	8	—	8	—	—	—	—	—	2	6	3	3	—	—	3
<i>B. pend.</i> KT × <i>B. pub.</i> 5	8,94	41	—	41	—	—	—	—	—	2	39	3	3	—	—	5
<i>B. pend.</i> KT × <i>B. pub.</i> 6	5,39	227	191	20	—	68	22	12	9	10	—	43	9	34	—	208
<i>B. pend.</i> KT × <i>B. pub.</i> 85/12	0,42	8	1	3	—	—	—	—	2	3	—	2	2	—	—	4
<i>B. pend.</i> KT × <i>B. pub.</i> 385	0,93	10	8	1	—	—	—	—	1	1	—	3	—	3	—	8
<i>B. pend.</i> 23/17 × <i>B. pub.</i> 1	9,02	112	14	68	—	—	—	—	11	31	55	18	16	2	—	70
<i>B. pend.</i> 23/17 × <i>B. pub.</i> 4	1,79	2	—	2	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1
<i>B. pend.</i> 23/17 × <i>B. pub.</i> 6	15,66	144	5	117	—	—	—	4	10	62	66	20	20	—	—	89
<i>B. pend.</i> 23/17 × <i>B. pub.</i> 85/12	1,43	3	—	3	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	2
<i>B. pend.</i> 88/4 × <i>B. pub.</i> 4	0,91	4	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	3
<i>B. pend.</i> 88/4 × <i>B. pub.</i> 5	0,86	7	3	1	—	—	—	1	—	—	4	2	—	2	—	4
<i>B. pend.</i> 88/4 × <i>B. pub.</i> 85/12	0,36	1	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>B. pub.</i> 1 × <i>B. pend.</i> 89/15	0,37	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	1
<i>B. pub.</i> 1 × <i>B. pend.</i> 88/4	2,23	4	2	—	1	1	—	—	1	—	—	3	1	1	1	3
<i>B. pub.</i> 1 × <i>B. pend.</i> 5/8	0,60	5	3	1	1	2	—	—	1	—	—	4	—	2	2	4
<i>B. pub.</i> 6 × <i>B. pend.</i> KT	1,03	5	1	—	4	—	1	—	—	3	1	3	2	1	—	3
<i>B. pub.</i> 6 × <i>B. pend.</i> 23/17	0,62	2	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1
<i>B. pub.</i> 6 × <i>B. pend.</i> 88/4	2,78	4	—	—	4	—	—	1	—	1	2	4	4	—	—	3
<i>B. pub.</i> 6 × <i>B. pend.</i> 5/8	7,08	5	5	—	—	2	1	—	—	—	—	5	1	1	3	5
<i>B. pub.</i> 4 × <i>B. pend.</i> 88/4	1,85	2	2	—	2	—	—	—	1	1	—	1	1	—	—	1

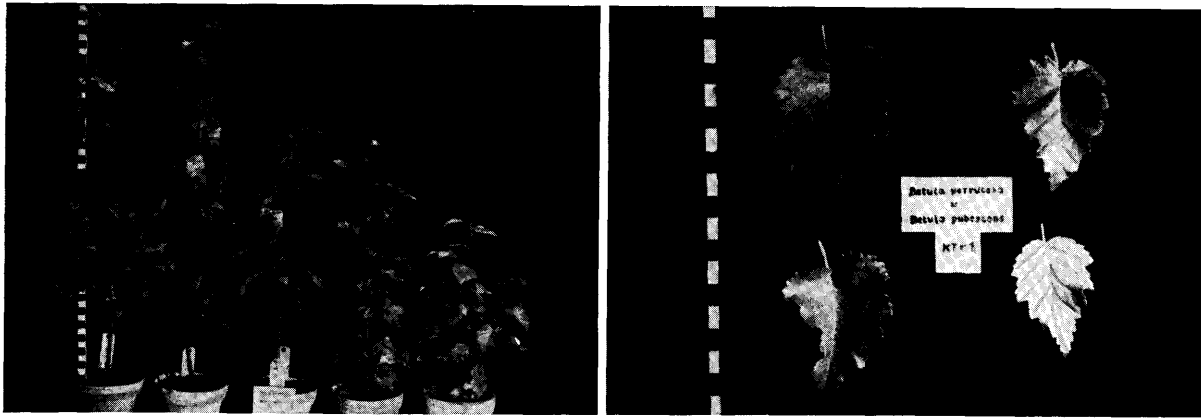


Abb. 1. — Links: Einige typische Vertreter der Kreuzungsnachkommen *Betula pendula*\*) KT x *Betula pubescens* 1.  
Rechts: In dieser Population häufig vorkommende Blattformen.

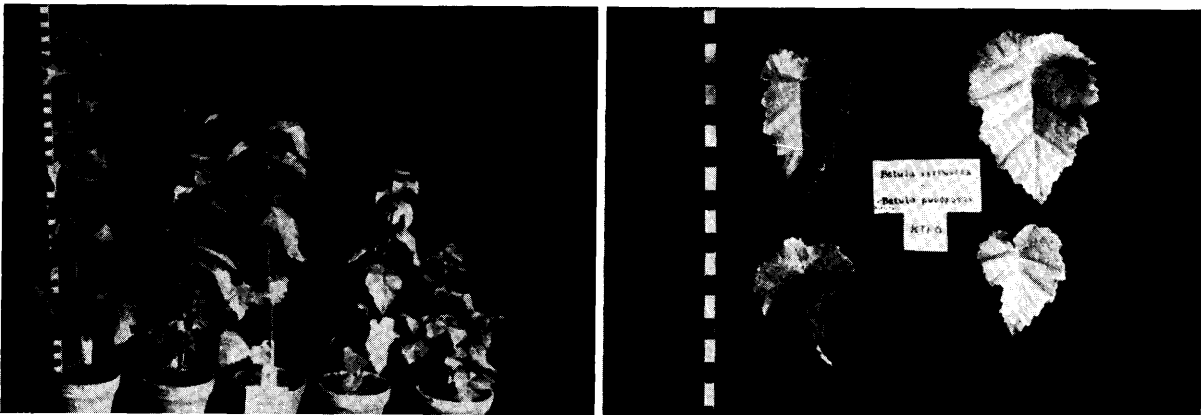


Abb. 2. — Links: Einige typische Vertreter der Kreuzungsnachkommen *Betula pendula* KT x *Betula pubescens* 6.  
Rechts: In dieser Population häufig vorkommende Blattformen.

bäume in allen Kombinationen steril. Die zwei noch verbleibenden *Betula pendula* liefern mit einigen *Betula pubescens* recht gute Ergebnisse, während sie in anderen Kombinationen steril sind. Die Väter *Betula pubescens* 1 und *Betula pubescens* 6 erzeugen mit *Betula pendula* KT und *Betula pendula* 23/17 Samen, dessen Keimfähigkeit etwa der durchschnittlichen Keimfähigkeit von Birkensamen nahekommt. Bemerkenswert ist weiterhin, daß schon die Anzahl der zur Entwicklung gelangten Fruchtstände in diesen Kombinationen prozentual wesentlich größer ist als in allen anderen. Wir werden später noch feststellen, daß sie sich auch in weiteren Punkten vor den anderen auszeichnen. In negativer Weise auffallend ist das Verhalten von *Betula pendula* 5/8 und *Betula pendula* 34/7. Abgesehen davon, daß mit diesen Mutterbäumen sämtliche Kreuzungsversuche mißglückten, zeigte sich bald nach der Birkenblüte, daß alle Blütenstände trocken und braun wurden. Zur Erntezeit war nicht ein reifer Fruchtstand an diesen Bäumen zu entdecken. Die Keimfähigkeit des frei abgeblühten Samens liegt bei den kombinationsfreudigen Typen im Durchschnitt wesentlich höher als bei den übrigen. Eine Ausnahme bildet allerdings *Betula pubescens* 6 mit 1,29%. (Das Ergebnis ist jedoch aus einer sehr geringen Anzahl von Samen gewonnen.) Während aus den Kreuzungen, in denen *Betula pendula* als Mutter verwandt wurde, z. T. recht umfangreiche Nachkommenschaften hervorgingen, sind die reziproken Kreuzungsversuche insgesamt weniger erfolg-

reich verlaufen. Das widerspricht den Erfahrungen, die mit Züchtungsobjekten in der Landwirtschaft vorliegen. Dort sind allgemein Kreuzungsversuche erfolgreicher gewesen, wenn als Mutter das höherchromosomige Individuum verwandt wurde. Obwohl die Anzahl der bestäubten Blütenstände bei den meisten Bäumen im Durchschnitt höher liegt als bei *Betula pendula* (Ausnahmen bei *Betula pubescens* 4 und *Betula pubescens* 385, die 1958 wenig ♀ Blüten hatten) ist die Zahl der zur Entwicklung gelangten Fruchtstände geringer. Die erhaltenen Samen sind vorwiegend steril. Drei der ausgewählten Bäume waren in allen Kombinationen unfruchtbar. *Betula pubescens* 4 brachte in einem Kreuzungsgang zwei Nachkommen. Interessant ist die Feststellung, daß *Betula pubescens* 1 und *Betula pubescens* 6 — die sich bereits in der Verwendung als Vaterbäume auszeichneten — auch als Mutterbäume die besten Ergebnisse zeigten.

Tabelle 2 gibt Aufschluß über einige Eigenschaften der erhaltenen Kreuzungsnachkommen. Zur besseren Orientierung ist nochmals die Keimfähigkeit in % und die Anzahl der lebenden Pflanzen am 15. 9. 1959 angegeben. Nach morphologischen Merkmalen, bei denen vorwiegend die Blattgestaltung und die Behaarung bonitiert wurden, trennten wir die Kreuzungsnachkommen in Bastardtypen und solche Pflanzen, die dem väterlichen oder mütterlichen Habitus gleichen. Etwa auftretende Differenzen zwischen Gesamtpflanzenzahl und nach Typen eingeteilten Pflanzen sind darauf zurückzuführen, daß einige fragliche Typen nicht aufgeführt sind. Von einer Kräuselung des ganzen Blattes ist die Rede, wenn es nicht möglich ist, das Blatt

\*) Bei den Aufnahmen, die sämtlich vor der Abfassung des Textes entstanden sind, ist die Namensänderung der *Betula pendula* (vormals *Betula verrucosa*) noch nicht berücksichtigt.

auf einer ebenen Fläche glatt auszubreiten. Ein typisches Zeichen dieser Blattform ist das Überlappen der beiden Blattspreitenhälften am Blattgrund, wie wir es in ähnlicher Form bei künstlich erzeugten tetraploiden *Betula pendula* finden. Mit Kräuselung des Blattrandes ist der wellenförmige Verlauf des Blattrandes bei flächiger Ausbildung der Blattspreite bezeichnet. Die Bonitierungen auf Rostbefall haben wir in vier Stufen vorgenommen. Schließlich sind stichprobenartig Chromosomenauszählungen bei einigen Nachkommen fast aller Kombinationen durchgeführt. In der letzten Spalte sind die zur Zeit noch lebenden Pflanzen vermerkt, so daß im Vergleich zu den Pflanzenzahlen im September 1959 Schlußfolgerungen auf die Vitalität des Materials gezogen werden können.

Eine genaue Betrachtung der Tabelle 2 stellt uns vor einige interessante Fragen. Unter den Kombinationen, in denen *Betula pendula* KT als Mutter verwandt wurde, fallen einerseits die Kreuzungen KT  $\times$  *pubescens* 1 (Abb. 1) und KT  $\times$  *pubescens* 6 (Abb. 2) durch ihre relativ hohen Keimprozente und ihre zahlreichen Nachkommen, die im Verlauf von knapp zwei Jahren nur geringfügige Verluste zeigen, auf. Schon an Hand von äußerlichen Merkmalen läßt sich bei der überwiegenden Mehrzahl der Nachkommen der Bastardcharakter bestimmen. Die gekräuselte Blattform ist häufig, der Rostbefall gering, während frei abgeblühtes Material von *Betula pendula* KT starken Rostbefall aufwies. Die stichprobenartig vorgenommenen zytologischen Untersuchungen zeigten, daß die Bestimmungen nach morphologischen Gesichtspunkten mit den festgestellten Chromosomenzahlen übereinstimmten. Weniger umfangreich, aber im Charakter den oben beschriebenen ent-

sprechend, ist die Nachkommenschaft KT  $\times$  385. Ein völlig anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Nachkommen von KT  $\times$  *pubescens* 4 und KT  $\times$  *pubescens* 5. In beiden Fällen tragen sämtliche Pflanzen die äußeren Kennzeichen ihrer mütterlichen Herkunft. Der Rostbefall ist sehr stark und nur ein geringer Prozentsatz des gesamten Pflanzenmaterials ist zur Zeit noch am Leben. Die Chromosomenauszählungen an den wenigen verbliebenen Pflanzen ergaben 28 Chromosomen. Bei den Nachkommen der Kreuzungen KT  $\times$  85/12 tritt eine Aufspaltung in Bastard- und Muttertypen ein.

Die Kombinationen mit *Betula pendula* 23/17 als Mutter ergaben in zwei Fällen — ebenfalls mit *Betula pubescens* 1 und *Betula pubescens* 6 — hohe Keimprozente und zahlreiche Nachkommen. Die Nachkommen spalten sich in Bastard- und Muttertypen auf (Abb. 3 und 4). Die Bastardtypen sind mit nur geringem Anteil vertreten. Die wenigen Nachkommen der Kombinationen 23/17  $\times$  *pubescens* 4 und 23/17  $\times$  *pubescens* 85/12 sind ausschließlich Muttertypen. Auch hier fällt eine sehr starke Rostanfälligkeit der Muttertypen auf, während die Bastardtypen keinen Rostbefall zeigen. Die Ergebnisse der zytologischen Untersuchungen bestätigten wiederum die Einteilung nach morphologischen Gesichtspunkten. Die Kreuzungen mit *Betula pendula* 88/4 haben in den drei positiv verlaufenen Fällen jeweils nur eine geringe Anzahl von Nachkommen gebracht, die etwa zu gleichen Teilen von Bastard- und Muttertypen vertreten sind. Die *Betula pubescens*  $\times$  *Betula pendula*-Kreuzungen verliefen — wie bereits erwähnt — insgesamt weniger erfolgreich. Wir brauchen wohl nicht auf die Kombinationen gesondert einzugehen. In allen Fällen tritt eine geringe An-



Abb. 3. — In der Kreuzungsnachkommenschaft *Betula pendula* 23/17  $\times$  *Betula pubescens* 1 treten relativ wenig „Bastardtypen“ (links) und vorwiegend „Muttertypen“ (rechts) auf.

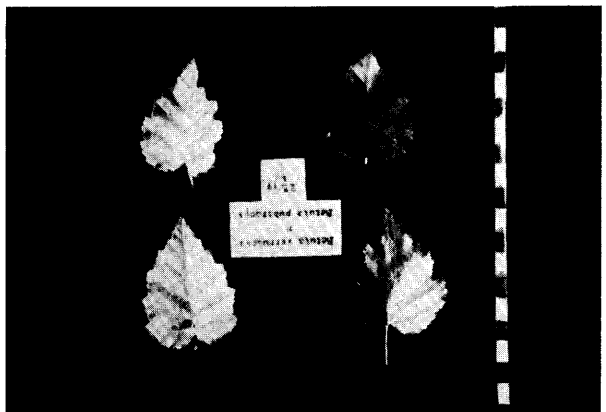
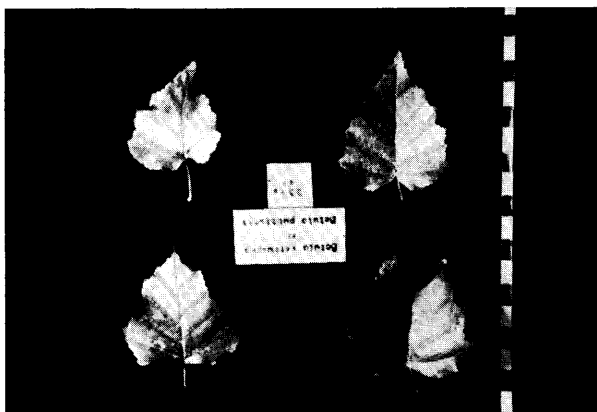


Abb. 4. — Blattformen der Population 23/17  $\times$  1. — Links: bei „Bastardtypen“; — rechts: bei „Muttertypen“.

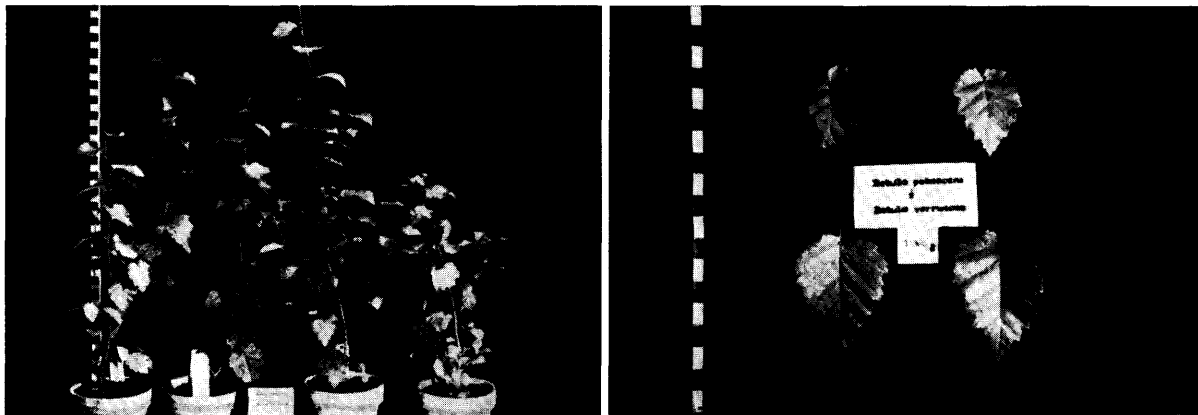


Abb. 5. — Links: Nachkommen der Kombination *Betula pubescens* 1 × *Betula pendula* 5/8. — Rechts: Krausblattformen sind bei den Hybriden, die *Betula pubescens* zur Mutter haben, nicht so ausgeprägt wie bei den reziproken Kreuzungen.

zahl an Nachkommen auf (Abb. 5). Bei der Typeneinteilung fällt auf, daß hier neben den Bastardformen und Muttertypen auch Individuen vorkommen, die ausgesprochen väterliche Merkmale, d. h. den Charakter von 28chromosomigen Birken tragen. Zytologische Untersuchungen ergaben mehrfach Abweichungen zu den morphologischen Bestimmungen, weil bei der *Betula pubescens* × *pendula*-Kreuzung Bastard- und Muttertypen in so jugendlichem Alter an Hand äußerer Merkmale oft noch nicht einwandfrei zu unterscheiden sind.

Mit Hilfe der beigefügten Lichtbilder läßt sich nur eine unvollkommene Vorstellung von den beschriebenen Kreuzungsnachkommenschaften vermitteln. Eine Übersicht über die gesamten Nachkommenschaften und entsprechende Vergleichsmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Populationen sind dadurch nicht zu verschaffen. Es kann damit nur auf die häufigsten Pflanzen- und Blattformen, die in den Nachkommenschaften laufend wiederkehren, hingewiesen werden. Bei direkter Betrachtung ist festzustellen, daß die einzelnen Nachkommenschaften, trotz ihrer variierenden Einzeltypen, im Vergleich zu anderen Populationen einen relativ einheitlichen Eindruck hinterlassen.

Welche Schlußfolgerungen lassen sich aus den dargestellten Versuchsergebnissen ziehen? Zunächst sei betont, daß es sich um die Ergebnisse einer einmaligen Versuchsanstellung handelt, und es kann und muß damit gerechnet werden, daß bei den in diesem Jahr eingeleiteten Wiederholungen Abweichungen vorkommen können. Es ist zwar darauf hinzuweisen, daß bei den bereits oben angeführten Kreuzungsarbeiten aus dem Jahre 1955 drei der hier benutzten *Betula pubescens*-Bäume als Pollenspender in Verbindung mit *Betula pendula*-Kreuzungsturm verwandt wurden. Die Kombination KT × *pubescens* 1 war auch 1955 den Kombinationen KT × *pubescens* 4 und KT × *pubescens* 385 weit überlegen. Jedoch erst nach Ablauf von Wiederholungsversuchen wird es möglich sein, sichere Erkenntnisse zu diesem Fragenkomplex mitzuteilen. Trotzdem halte ich es nicht für verfrüht, den Verlauf dieser Waldsievordorfer Kreuzungsversuche aus dem Jahre 1958 hier zur Debatte zu stellen.

STERN erwähnte in seinem Vortrag vor zwei Jahren, daß „extreme Sterilität“ bei diesen Artkreuzungen vorläufig nur für „Durchschnittsgenotypen“ beider Arten anzunehmen sei. Darin wäre eine Erklärung für die Waldsievordorfer Ergebnisse zu finden, die teilweise, d. h. bei mehreren Kombinationen, stark von den bisherigen Artkreuzungsergebnissen abweichen und somit erklärlicherweise zu unserer anderen Auffassung hinsichtlich der Sterilitäts-

Fertilitätsverhältnisse bei dieser Artkreuzung führen mußte. Es wäre doch gar nicht ausgeschlossen, daß bei entsprechend umfangreichen Versuchen auch anderweitig kombinationsfähige Typen anzutreffen wären. Daß anscheinend der Wahl der Partner beim Kreuzungserfolg eine erhebliche Rolle zukommt, läßt sich aus den Tabellen ablesen. Betrachten wir nochmals Tabelle 2, und zwar als Beispiel die Ergebnisse der Kombinationen, in denen *Betula pendula* KT als Mutterbaum verwandt wurde. Einerseits zeichnet sich dieser Baum dadurch aus, daß er in allen Kombinationen Nachkommen liefert. Beschäftigen wir uns damit intensiver, dann fallen nicht nur die sehr unterschiedlichen Werte der Keimprozentage bei den verschiedenen Kombinationen auf. Nicht allein zahlenmäßig, sondern auch nach morphologischen Merkmalen unterscheiden sich die einzelnen Nachkommenschaften stark. Einerseits haben wir das Auftreten der vitalen Populationen KT × 1 und KT × 6 mit fast ausschließlichem Bastardcharakter der Individuen, andererseits liefern KT × 4 acht und KT × *pubescens* 5 41 Nachkommen, die nach äußeren Merkmalen 28chromosomig sein müßten. Einige Chromosomenauszählungen brachten die Bestätigung. Verunreinigungen mit *Betula pendula*-Saatgut dürften in diesem Ausmaß ausgeschlossen sein, zumal alle erforderliche Vorsicht angewandt wurde. Es ist demnach bei diesen Kombinationen gar nicht zur Verschmelzung der beiden Geschlechtszellen gekommen, sondern die Entstehung der Individuen wäre durch Annahme von Apomixis zu verstehen. Welche Gründe können für derartige krasse Unterschiede zwischen den Nachkommenschaften eines Mutterbaumes verantwortlich sein? Wie sind die apomiktischen Fortpflanzungserscheinungen zu erklären? Wie wir gesehen haben, treten sie ja nicht nur bei den eben noch einmal zitierten Kombinationen, sondern auch in zahlreichen — ja fast allen anderen Fällen mehr oder weniger stark auf. In diesem Zusammenhang ist es auch interessant, daran zu erinnern, daß die drei Nachkommen, die KLAHN bei seinen Kreuzungsexperimenten *Betula pubescens* × *Betula pendula* erhielt, alle 56chromosomig waren. Zu diesen Fragen lassen sich wohl heute noch keine weiteren Erläuterungen geben. Vielleicht erhalten wir durch die diesjährigen Experimente, bei denen wir außer den Wiederholungen der zwischenartlichen — auch innerartliche Kreuzungen mit allen zwölf angeführten Partnern vorgenommen haben, Aufschluß darüber. Eine Hilfe bei der Lösung dieses Problems wäre die Einkreuzung eines homozygoten Individuums mit einem auffälligen dominanten Merkmal.

Die Frage der Rostanfälligkeit unseres Kreuzungsmate-

rials sei auch noch einmal kurz aufgeworfen. Es hat sich erwiesen, daß alle triploiden Nachkommen, ganz gleich welcher Kombination sie entstammen, wenig bzw. in den überwiegenden Fällen gar nicht von Rost befallen werden. Hingegen sind die 28chromosomigen Kreuzungsnachkommen gegenüber Rost ganz besonders empfindlich, mehr als frei abgeblühtes Material des diploiden Elternteiles.

STERN erwähnt 1960 die starke Anfälligkeit gegenüber Birkenrost bei den *Betula pendula* × *Betula pubescens*-Nachkommen im Zusammenhang von Hybridschwäche. Die nachweislich triploiden Nachkommen waren in Waldsiedersdorf dagegen ausgesprochen widerstandsfähig.

Auf Grund der dargestellten Versuchsergebnisse soll unsererseits nicht behauptet werden, daß derartige Kombinationsmöglichkeiten, wie sie hier künstlich geschaffen wurden und z. T. positiv verlaufen sind, in der Natur häufig gegeben sind. Die Betrachtung dieser Versuchsergebnisse legt jedoch die Vermutung nahe, das Auftreten von natürlichen Bastarden dürfte nicht ganz ausgeschlossen sein. HELMS und JÖRGENSEN berichten von natürlichen Vorkommen triploider Birken, WETTSTEIN und PROPACH fanden bei Einzelbaumnachkommenschaften spontan auftretende triploide Bastarde. Und in Waldsiedersdorf wurden in jüngster Zeit bei zwei verschiedenen Birken intermediäre Chromosomenzahlen festgestellt. Die Ermittlung triploider natürlicher Birkenvorkommen beweist noch nicht, daß tatsächlich eine Vereinigung zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens* vorliegt. Und zur Frage, ob eine Verbastardierungsmöglichkeit oder eine Artbarriere zwischen diesen beiden Arten besteht, werden Rückkreuzungsversuche mit unserem triploiden Material hoffentlich bald einen kleinen Beitrag liefern können.

### Zusammenfassung

Von sechs *Betula pendula*- und sechs *Betula pubescens*-Bäumen wurden 1958 alle mit diesem Ausgangsmaterial möglichen, zwischenartlichen Kreuzungskombinationen hergestellt.

Die Kreuzungen *Betula pendula* × *Betula pubescens* verliefen insgesamt erfolgreicher als die reziproken. Die Kombinationsfreudigkeit der ausgewählten Bäume war sehr unterschiedlich. Zwei *Betula pendula*- und zwei *Betula pubescens*-Bäume eigneten sich besonders gut zur Kombination, einige Partner erwiesen sich in allen Fällen als ungünstig, und bei den restlichen verliefen die Kreuzungsversuche zum Teil positiv und zum Teil ergebnislos.

Überprüfungen der Kreuzungsnachkommen ergaben, daß in einigen Kombinationen ausschließlich oder vorwiegend triploide Nachkommen entstanden sind, während andere Populationen eine überwiegende Mehrheit von 28chromosomigen Individuen aufweisen. Diese Ergebnisse wurden durch die Beobachtung morphologischer Merkmale erhalten und konnten mit Hilfe zahlreicher stichprobenartig vorgenommener Chromosomenauszählungen bestätigt werden.

Bei der Bonitierung auf Rostanfälligkeit zeigte sich, daß die triploiden Bastarde gegenüber Birkenrost weitgehend unempfindlich waren, während die 28chromosomigen Nachkommen sehr stark befallen wurden und dadurch wesentliche Verluste aufgetreten sind.

### Summary

Title of the paper: *Detailed investigations of the results of crosses between Betula pendula and Betula pubescens.*

In 1958 all possible interspecific crosses were carried out

between six trees of *Betula pendula* and six trees of *Betula pubescens*.

All the crosses *Betula pendula* × *Betula pubescens* were generally more successful than the reciprocal crosses. The combining ability of each of the selected trees differed greatly. Two *Betula pendula* and two *Betula pubescens* trees were highly compatible, some partners were incompatible, others were intermediate.

Examination of the progenies showed that some combinations had produced exclusively or predominately triploid progenies whereas others produced individuals with 28 chromosomes. These results were proved from observations of morphological characters and were confirmed by many random chromosome counts.

In estimating infection by rust the triploid hybrids were found most resistant to birch rust, whereas the progenies with 28 chromosomes were so severely damaged that significant losses occurred.

### Résumé

Titre de l'article: *Etude détaillée des résultats de croisements entre Betula pendula et Betula pubescens.*

En 1958, tous les croisements interspécifiques possibles furent réalisés entre 6 individus de *Betula pendula* et 6 de *Betula pubescens*.

Tous les croisements *B. pendula* × *B. pubescens* ont, en général, mieux réussi que les croisements réciproques. L'aptitude au croisement varie beaucoup suivant les individus. Deux *Betula pendula* et 2 *Betula pubescens* sont fortement compatibles, certains autres sont incompatibles, d'autres intermédiaires.

L'étude des descendance montre que certaines combinaisons ont donné en totalité ou en très forte proportion des descendants triploïdes, tandis que d'autres ont produit des individus avec 28 chromosomes. Ces résultats furent obtenus par l'observation des caractères morphologiques et confirmés par de nombreux comptages de chromosomes.

L'étude de l'infection par la rouille du bouleau a montré que les hybrides triploïdes étaient beaucoup plus résistants tandis que les descendants avec 28 chromosomes étaient si sévèrement attaqués qu'il en résultait des mortalités considérables.

### Literatur

- BEHRNDT, G.: Zur Birkenzüchtung. Ztschr. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung 1, 33–35 (1952). — EIFLER, I.: Artkreuzungen bei Birken. Züchter 26, 342–346 (1956). — EIFLER, I.: Kreuzungen zwischen *Betula verrucosa* und *Betula pubescens*. Züchter 28, 331–336 (1958). — HELMS A., och JÖRGENSEN, C. A.: Birkene paa Maglemose. Dansk Bot. Tidskr. 39, 57–134 (1927). — JOHNSON, H.: Växtförädling av björk — mål och medel. Svensk Papperstidning 1940. — JOHNSON, H.: Triploidy in *Betula alba* L. Botaniska Notiser, 1944, 85–96. — JOHNSON, H.: Interspecific hybridisation within the genus *Betula*. Hereditas 31, 163–176 (1945). — JOHNSON, H.: Studies on birch species hybrids. Hereditas 35, 115–135 (1949). — JOHNSON, H.: Auto- and allotriploid *Betula*-families derived from colchicine treatment. Ztschr. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung 5, 65–70 (1956). — KLAHN, F. U.: Untersuchungen über das Artenproblem des Formenkreises *Betula alba* L. unter morphologisch-zytologischer Betrachtungsweise. Dissertation, Hann. Münden, 1950. — LINDQUIST, B.: On the variation in Scandinavian *Betula verrucosa* Ehrh. With some notes on the *Betula* series *verrucosae* SUKACZ. Svensk Botanisk Tidskr. 41, 45–80 (1947). — MORGENTHAU, H.: Beiträge zur Kenntnis des Formenkreises der Sammelart *Betula alba* L. mit variationsstatistischer Analyse der Phänotypen. Diss., T. H. Zürich, 1915, 133 S. — NATHO, G.: Variationsbreite und Bastardbildung bei mitteleuropäischen Birkensippen. Feddes Repertorium 61, 211–273 (1959). — REGEL, E.: Bemerkungen über die Gattungen *Betula* und *Alnus* nebst Beschreibung einiger neuer Arten. Bull. Soc. natur. 38, 388–434 (Moskau 1956). — SEITZ, FR. W.: Chromosomenverhältnisse

bei Artkreuzungen. Ztschr. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung 1, 22—32 (1951). — STERN, K.: Über einige Experimente zur Artfrage bei Sand- und Moorbirke. Vortrag anlässlich der Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung 1958 (unveröffentlicht). — STERN, K.: Über einen grundsätzlichen Unterschied der forstlichen Saat- und Pflanzgutgesetz-

gebung in der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland. Schweiz. Z. Forstwesen 111, 145—163 (1960). — TISCHLER, G.: Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 's Gravenhage 1950. — WETTSTEIN, W. v., und PROPACH, H.: Sichtungsbearbeit zur Birkenzüchtung. Züchter 11, 279—280 (1939). — WOODWORTH, R. H.: Polyploidy in the *Betulaceae*. J. Arnold Arbor. 12, 206—217 (1931).

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

## Keimungsverlauf bei den Herkünften eines Provenienzversuches mit *Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.) Gord.<sup>1)</sup>

Von W. LANGNER<sup>2)</sup>

(Eingegangen am 30. 7. 1960)

Bei den vor der Pflanzenanzucht durchgeführten Keimversuchen an den 25 Herkünften eines Japanlärchen-Provenienzversuches (LANGNER 1958) waren Unterschiede in der Keimungsgeschwindigkeit festgestellt worden. Wenn dabei von provenienzbedingten Unterschieden gesprochen wurde, so konnten jedoch keine Informationen über deren Gründe gewonnen werden. Auch Zusammenhänge dieser Unterschiede mit einigen Unterschieden im Standort der Saatguterntebestände (Höhen über NN, mittlere jährliche Niederschläge, mittlere Jahresdurchschnittstemperaturen) konnten nicht nachgewiesen werden.

Dank dem Entgegenkommen der Hessischen Staatsdarle in Wolfgang, die von dem bei ihr lagernden Saatgut außer für den erwähnten Herkunftsversuch nochmals einige größere Samenproben kostenlos zur Verfügung stellte, ergab sich für 22 Herkünfte die Möglichkeit der Wiederholung des 1957 durchgeführten Keimversuches mit erheblich erweitertem Umfang.

Von jeder Herkunft wurden zur gleichen Zeit 10 Proben mit je 50 Samen in Petrischalen auf feuchtem Fließpapier ausgelegt und unter den  $\pm$  konstanten Bedingungen einer Klimakammer (Temperatur + 25° C, Luftfeuchtigkeit 100%, Leuchtstoffröhren) zum Keimen gebracht. Für jeden der mit 50 Samen durchgeführten Teilversuche wurde der Tag des Erscheinens des ersten Keimlings sowie das weitere Auflaufen der Keimlinge festgestellt. Die gekeimten Samen wurden ausgeschieden. Nach 82 Tagen wurde angenommen, daß sämtliche keimfähigen Samen ausgekeimt hatten, was durch eine Untersuchung der noch in den Petrischalen vorhandenen Samen nachgeprüft wurde.

Zunächst zeigte schon die einfache Gegenüberstellung der Ergebnisse dieses und des früheren Versuches (LANGNER 1958), daß sich hinsichtlich der nach 30 Tagen erreichten Prozentsätze der ausgekeimten von den keimfähigen Samen die Provenienzen in beiden Fällen etwa in der gleichen Reihenfolge anordnen lassen. Lediglich 3 Herkünfte (Nr. 1, 11, 25) verhalten sich gegenüber dem ersten Versuch völlig abweichend. Die recht gute Übereinstimmung der beiden Ergebnisse ist um so überraschender, als sich ja das Ergebnis des ersten Versuches nur auf eine sehr geringe

Zahl von keimfähigen Samen innerhalb jeder Probe von 50 Samen stützte. Wenn man die Möglichkeit von Nachreifungen in der Zeit vom Ansatz des ersten Versuches bis zum Beginn des zweiten (17 Monate) außer acht läßt, dürfte es aber wohl zulässig sein, die Werte des zweiten Versuches auch hinsichtlich der 3 Abweichungen als zutreffend anzusehen. Danach nehmen die Keimungsgeschwindigkeiten der verschiedenen Provenienzen in folgender Reihenfolge ab: Nr. 11 - 5 - 9 - 19 - 7 - 2 - 8 - 12 - 15 - 10 - 18 - 24 - 25 - 6 - 23 - 13 - 16 - 4 - 17 - 1 - 14 - 22. Von den Provenienzen 3, 20 und 21 war für den 2. Versuch kein Saatgut mehr verfügbar.

Der zweite Versuch ermöglichte aber darüber hinaus noch einen sehr viel eingehenderen Einblick in den Keimungsablauf, als der kleine Vorversuch des Jahres 1957.

Da es uns als unzureichend erschien, den Vergleich der Keimverläufe allein auf den bei 30 Tagen gemachten Be-

Tabelle 1. — Schätzwerte für  $b$  und  $x_{0,5}$  (Erklärung s. Text)

Be- stand	Herkunftsangaben			$b$	$x_{0,5}$ (LD)
	Höhe über NN	Durch- schnittl. Jahres- temp.	Durch- schnittl. jährl. Nieder- schlag in mm		
Nr.	in m	° C			
1	1320	6,2	1820	11,7776	14,57
2	1760	5,0	1760	12,0740	9,28
4	1500	6,5	1360	12,5092	17,71
5	1775	6,1	1550	13,7518	8,30
6	1750	5,4	1480	12,6522	12,97
7	1600	5,1	1430	10,0616	6,88
8	1700	5,4	1700	15,7694	10,69
9	1450	6,8	1560	12,3086	6,75
10	1750	6,1	1330	14,8470	11,48
11	1500	6,5	1720	15,7787	8,48
12	2000	4,0	2840	13,1767	9,46
13	1360	5,5	2250	11,5561	13,15
14	1490	6,8	2470	8,9595	16,06
15	1700	5,3	2590	12,6500	10,06
16	1750	4,3	1800	11,9184	14,06
17	1900	3,2	1890	12,3640	15,21
18	1425	6,2	1400	13,6851	19,80
19	1700	4,3	1570	13,2090	10,21
22	1380	5,6	1670	14,1912	22,12
23	1800	3,2	2380	16,5965	18,02
24	1380	6,9	2130	12,7964	12,26
25	1920	3,3	2300	17,0999	15,33

<sup>1)</sup> 2. Mitteilung über den Schmalenbecker Japanlärchen-Provenienzversuch. Die erste Mitteilung mit den näheren Einzelheiten über das Zustandekommen dieses Versuches und über die Probenentnahmen erschien im Cbl. ges. Forstw. (LANGNER 1958).

<sup>2)</sup> Die statistische Bearbeitung des Materials erfolgte durch meinen Mitarbeiter Dr. STERN und den Dipl. Mathematiker HINKELMANN. Die Berechnungen führte meine techn. Assistentin Fr. NEVE durch. Ihnen sei auch an dieser Stelle hierfür gedankt.