

it has been assumed that IAA has the single role of co-ordinating growth in various organs or parts of the flax plant. This may not be entirely true; for example, the work of Ross (1948) on *Epilobium* species crosses, in which he found a higher peroxidase activity in inhibited compared to uninhibited reciprocals of such crosses, suggests an association between low auxin and dwarfism. This is supported by VAN OVERBEEK's (1935) work with a dwarf and a normal variety of maize; the dwarf contained less auxin and destroyed more exogenously applied auxin than the normal variety. One might regard the NK form as an induced dwarf compared to NPK and thus separate the roles of IAA into one of possible co-ordination in Royal and Mandarin, and one of overall growth control in NPK and NK.

These studies have essentially raised more questions than they have answered. A much broader range of both genotypes and genotrophs will have to be examined, not only for peroxidase and peroxidase inhibitor(s) but IAA content, and response to exogenous IAA and IAA inhibitors, before clear conclusions on the control of branching in flax can be drawn.

Summary

Peroxidase activity was measured in two sets of experiments with the flax genotypes Royal and Mandarin, and the flax genotrophs NPK and NK produced by NPK and NK fertilizer treatments of Stormont Cirrus.

Royal and NPK produced more basal branches than Mandarin and NK. Royal was higher, except in one case, than Mandarin in peroxidase activity, while NK was higher than NPK.

Dialysis of the extracts caused a marked rise in peroxidase activity through removal of an inhibitor. Stems contained more peroxidase activity than leaves both before and after dialysis of the two samples.

F_1 hybrids between NPK and NK showed no reciprocal differences in peroxidase activity.

Zusammenfassung

Die beiden Leinsorten Royal und Mandarin unterscheiden sich wesentlich in der Intensität der basalen Verzweigung. Ähnliche Unterschiede weisen zwei „Genotrophe“ der Leinsorte Stormont Cirrus auf; sie entstanden durch die über mehrere Generationen anhaltende Wirkung einer NPK- bzw. einer NK-

Düngung. Um dem physiologischen Steuerungsmechanismus der unterschiedlichen basalen Verzweigung näherzukommen, wurde die Peroxydaseaktivität in zwei Versuchsreihen gemessen, und zwar an den beiden Genotypen bzw. Sorten Royal und Mandarin und an den beiden „Genotrophen“ NPK und NK der Sorte Stormont Cirrus (Nachkommenschaften behandelter Pflanzen in der dritten Generation).

Royal und NPK hatten eine größere Anzahl basaler Zweige als Mandarin und NK. Die Peroxydaseaktivität war, mit einer Ausnahme, bei Royal höher als bei Mandarin, dagegen bei NK höher als bei NPK.

Dialyse der Extrakte verursachte ein beträchtliches Ansteigen der Peroxydaseaktivität infolge der Beseitigung eines Inhibitors. Die Stengel hatten eine höhere Peroxydaseaktivität als die Blätter, sowohl vor wie nach der Dialyse der beiden Proben.

Auch F_1 -Hybriden verschiedener reziproker Kombinationen wurden auf ihre Peroxydaseaktivität hin untersucht. In einzelnen Fällen ergaben sich signifikante Reziprokenunterschiede, nicht jedoch bei „ F_1 -Hybriden“ zwischen NPK und NK.

Intensivere Untersuchungen sind notwendig, bevor klare Schlüsse hinsichtlich der Ursache unterschiedlicher Verzweigung gezogen werden können.

Literature Cited

1. DURRANT, A.: The environmental induction of heritable change in *Linum*. *Heredity* 17, 27–61 (1962). —
2. GALSTON, A. W., J. BONNER and R. S. BAKER: Flavoprotein and peroxidase as components of the indoleacetic acid oxidase system of peas. *Arch. Biochem. and Biophysics* 42, 456–470 (1953). —
3. GUTHRIE, J. D.: A method for the determination of peroxidase activity. *J. American Chem. Soc.* 53, 242–244 (1931). —
4. MAEHLY, A. C., and B. CHANCE: The assay of catalases and peroxidases. In: *Methods of biochemical analysis*, Vol. I, 358–424, ed. by D. GLICK. New York: Interscience Public. 1954. —
5. ROSS, H.: Über die Verschiedenheiten des dissimilatorischen Stoffwechsels in reziproken *Epilobium*-Bastarden und die physiologisch-genetische Ursache der reziproken Unterschiede. 5. Über die Peroxydaseaktivität in gehemmten und enthemmten Wuchsformen reziproker *Epilobium*-Bastarde mit der *hirsutum*-Sippe Jena. *Z. Vererb. 82*, 187–229. (1948). —
6. SIEGEL, S. M., and A. W. GALSTON: Peroxide genesis in plants and its relation to indoleacetic acid oxidation. *Arch. Biochem. and Biophysics* 54, 102–113 (1955). —
7. THIMANN, K. V., and F. SKOOG: On the inhibition of bud development and other functions of growth substances in *Vicia faba*. *Proc. Roy. Soc., B*, 114, 317 (1934). —
8. VAN OVERBEEK, J.: The growth hormone and the dwarf type of growth in corn. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 21, 292–299 (1935).

Aus dem Institut für Forstpflanzenzüchtung Graupa Abt. Forstpflanzenzüchtung, Zweigstelle Waldsieversdorf, der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen zum Bestäubungsvorgang und der Samenentwicklung bei Birkenartkreuzungen

Von IRMGARD EIFLER

Mit 5 Abbildungen

Jahrelange, umfassende Kreuzungsarbeiten innerhalb der Gattung *Betula* führten zu grundlegenden Erkenntnissen über die Kombinationsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Birkenarten, besonders zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens*, die an

anderer Stelle bereits publiziert worden sind (EIFLER, 1956, 1958, 1960). Die in dieser Arbeit beschriebenen Überprüfungen des Bestäubungsvorganges und der Samenentwicklung bringen uns interessante Hinweise zur Erklärung bestimmter Unterschiede im

Tabelle 1. Gegenüberstellung von Ergebnissen der Birkenkreuzungen 1958 und 1960.
Betula pendula ♀ × *Betula pubescens* ♂ *Betula pubescens* ♀ × *Betula pendula* ♂

♀	♂	<i>B. pendula</i>		<i>B. pub.</i>		<i>B. pub.</i>		<i>B. pub.</i>		<i>B. pub.</i>		<i>B. pub.</i>		
		1	2	4	5	6	385	85/12	385	85/12	6	5	4	1
<i>Betula pendula</i> KT	1. =	6,88	0,21	2,20	4,67	0,70	40,00	—	0,53	—	—	—	—	—
	2. =	5,65	0,5	0,9	0,8	0,45	24,31	0,3	0,05	—	0,5	0,1	—	—
<i>Betula pendula</i> 23/17	1. =	8,37	1,95	—	11,40	1,43	—	—	0,09	—	—	—	—	—
	2. =	6,05	0,05	1,15	—	1,38	1,5	18,54	0,2	—	0,25	0,1	—	—
<i>Betula pendula</i> 88/4	1. =	—	0,62	0,34	—	0,19	—	9,57	—	0,69	—	1,85	0,21	—
	2. =	9,65	2,75	0,15	2,6	0,4	2,2	19,51	0,05	0,05	0,1	0,15	0,05	—
<i>Betula pendula</i> 5/8	1. =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Betula pendula</i> 34/7	1. =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. =	1,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Betula pendula</i> 89/15	1. =	—	6,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
frei abgeblüht	1. =	34,18	8,04	9,57	1,29	8,59	0,37	8,59	0,37	9,57	8,04	34,18	—	—
	2. =	19,72	28,58	9,68	1,17	4,64	10,38	10,38	4,64	1,17	9,68	28,28	19,72	—

1. = Pflanzenprozent bei den Kreuzungsnachkommen 1958 (ermittelt durch Absaaten des gesamten geernteten Saatgutes im Gewächshaus)

2. = Pflanzenprozent bei den Kreuzungsnachkommen 1960 (ermittelt durch Absaaten von je 200 Samen einer jeden Kombination im Gewächshaus)

Kreuzungserfolg, wie wir sie in den Ergebnissen der Kreuzungsserien verschiedener Jahre stets gleichgerichtet beobachteten konnten.

In allen von uns durchgeföhrten Kreuzungsversuchen zeigte es sich, daß bei sämtlichen Kombinationen, die zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens* vorgenommen worden sind, ein wesentlich größerer Kreuzungserfolg zu verzeichnen ist, wenn *Betula pendula* als Mutterbaum verwandt wurde. Die gleichen Erfahrungen machte STERN (1958, 1963) am Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck. Bei unseren Kreuzungen *Betula pendula* (♀) × *Betula pubescens* (♂) konnte in Ausnahmefällen eine Keimfähigkeit des Kreuzungssaatgutes oder ein Pflanzenprozent von mehr als 30% ermittelt werden, während bei den reziproken Kreuzungen Keimfähigkeit und Pflanzenprozent — abgesehen von wenigen Ausnahmen — kaum in Prozent, sondern größtenteils besser in Promille auszudrücken waren. Da wir diesen auffallenden Unterschied im Ergebnis der reziproken Kreuzungen regelmäßig bei den Versuchen mehrerer Jahre beobachteten, kann es demnach nicht möglich sein, daß diese Differenzen eventuell auf ungünstige Witterungsverhältnisse gerade zum Zeitpunkt der Bestäubung von *Betula pubescens* mit *Betula pendula* oder auf andere zufällig auftretende Schwierigkeiten zurückzuföhren sind, wie wir es nach den Ergebnissen des ersten Kreuzungsversuches zur Erklärung in Erwägung gezogen hatten. Außer diesen besonders auffälligen Unterschieden, die sich je nach der Verwendung von *Betula pendula* oder *Betula pubescens* als Mutterbaum bei unseren Kreuzungen feststellen ließen, waren weitere Differenzen hinsichtlich der individuellen Kombinationseignung zwischen den als Kreuzungspartner verwendeten 6 *Betula pendula*- und 6 *Betula pubescens*-Bäumen festzustellen. Es zeichneten sich Tendenzen ab, daß unter diesen Ausgangsbäumen sowohl besonders kombinationsfreudige als auch kombinationsfeindliche Typen vertreten waren. Hinsichtlich dieser Eigenschaften sind jedoch in den Versuchsserien verschiedener Jahre gewisse Verschiebungen in der Reihenfolge aufgetreten, die in Tabelle 1 zum Ausdruck gebracht werden. Da im Versuch 1960 insgesamt höhere Pflanzenprozentwerte festzustellen sind als 1958, wird von uns angenommen, daß sich hier unter anderen möglichen Faktoren die Witterungsverhältnisse der einzelnen Jahre auswirken. Von STERN (1963) liegen Beobachtungen über die Abhängigkeit des Kreuzungserfolges bei der Birke von den Umweltbedingungen zum Zeitpunkt

der Kreuzung und in den darauffolgenden Tagen vor.

Da sich die auffallenden Differenzen bei den Kreuzungsergebnissen in großen Zügen konstant wiederholen, liegt die Vermutung nahe, daß bereits der Verlauf der Pollenkeimung und des Pollenschlauchwachstums auf der Narbe des Kreuzungspartners sowie die Entwicklung der Samen, soweit sie sich mikroskopisch verfolgen läßt, einige Erklärungsmöglichkeiten für dieses spezifische Verhalten bei den Kreuzungsversuchen liefern könnten.

Herrn Prof. Dr. SARVAS sei an dieser Stelle für seine Hinweise zur Durchführung der Untersuchungen des Pollenschlauchwachstums auf der Narbe des Kreuzungspartners herzlichst gedankt.

Untersuchungen zum Verlauf der Pollenkeimung und des Pollenschlauchwachstums auf arteigenen und artfremden Narben

Im April 1961 schnitten wir Blühreiser von sämtlichen Ausgangsbäumen unserer Kreuzungsversuche der Jahre 1958 und 1960. Diese Reiser der 6 *Betula pendula*-Individuen und der 6 *Betula pubescens*-Bäume benutzten wir nur zu einem Teil für die Pollengewinnung, während wir von dem verbleibenden Rest alle männlichen Blütenstände sorgfältigst entfernten. Bei der Pollenernte wurde strengstens auf die notwendige Isolierung der einzelnen Ausgangspartner voneinander geachtet. Die weiblichen Blühreiser waren so in den Kabinen unseres Infektionsgewächshauses untergebracht, daß jeweils alle Kreuzungspartner in jeder der 12 benötigten Kabinen einmal vertreten waren. In jeder der Kabinen diente einer der Ausgangsbäume als Pollenspender. Wir sorgten dafür, daß die weiblichen Blühreiser erst dann in die für sie vorgesehenen Kabinen kamen, wenn die Narben empfängnisfähig waren. Da die Bestäubung durch die Erzeugung einer Pollenwolke mit Hilfe von Jodoformzerstäubern erfolgte, sollte es vermieden werden, daß die Reiser von etwas später blühenden Bäumen mehrfach dem Pollenstaub ausgesetzt waren. Wir strebten damit — soweit es bei diesem künstlichen Bestäubungsvorgang möglich war — eine relativ einheitliche und gleichmäßige Pollenverteilung an.

(4, 8 und 12 Stunden nachdem die Bestäubung erfolgt war, fixierten wir die weiblichen Blütenstände der Ausgangsbäume in Alkohol-Eisessig 3:1. Nach einer mindestens 12—14 stündigen Fixierungszeit, erfolgte ein gründliches Ausspülen in Wasser. Die Blütenstände wurden dann zwischen 2 Objektträgern gequetscht und anschließend 10 Minuten mit kalter, darauf 5—10 Minuten mit heißer Färbeflüssigkeit behandelt.

Die Farblösung hatte folgende Zusammensetzung:

2 ccm 1% Lichtgrün (in H₂O gelöst)
2 ccm 1% Säurefuchsin
10 ccm Glycerin
40 ccm Milchsäure
46 ccm destilliertes Wasser.)

Diese Färbemethode übermittelte uns SARVAS (nicht veröffentlicht). Mit ihrer Hilfe gelingt es, die in das Narbengewebe eingedrungenen Pollenschläuche sichtbar zu machen. Infolgedessen ist es auf diese Weise möglich, mit Sicherheit das Eindringen der Pollenschläuche in die Epidermis der Narben und ihr Weiterwachsen im Narbenparenchym mikroskopisch zu verfolgen. Wir stellten in diesem Versuch

einerseits die Keimprozente der Pollen auf den Narben fest, und außerdem überprüften wir ihr weiteres Verhalten, d. h. wir beobachteten, ob die Pollenschläuche in die Narben eindrangen und im Narbengewebe weiterwuchsen, oder ob sie lediglich keimten und ein Vordringen in das Narbengewebe nicht festzustellen war. Zum Vergleich stellten wir Pollenkeimversuche im hängenden Tropfen von 10%iger Rohrzuckerlösung bei einer Temperatur von +30 °C an. Sollten von der artfremden Narbe etwa keimhemmende Substanzen ausgehen, so müßten bei diesen vergleichenden Versuchen entsprechende Unterschiede in der Pollenkeimung festzustellen sein. Die Keimfähigkeit der Pollenkörner wurde jedoch sowohl durch die Gegenwart der arteigenen als auch die der artfremden Narbe nicht ungünstig beeinflußt, denn die Keimprozente des Pollens lagen mit wenigen Ausnahmen in der Größenordnung zwischen 70 und 95%, gleichgültig, ob der Pollen auf arteigenen oder artfremden Narben keimte. Die vergleichsweise in Traubenzuckerlösung vorgenommenen Pollenkeimversuche ergaben durchschnittlich wesentlich geringere Prozentwerte. Hier ermittelten wir in der Mehrzahl der Fälle Prozentzahlen zwischen 10 und 30 und nur in 2 Ausnahmefällen 52 bzw. 70%. Demnach sind die Voraussetzungen für eine ausreichende Pollenkeimung sowohl auf arteigener als auch auf artfremder Narbe vorhanden und liegen hier sogar durchweg wesentlich günstiger als in dem von uns durchgeföhrten Laborversuch. Die Beobachtungen des weiteren Verhaltens der Pollenschläuche deckten jedoch Unterschiede auf, je nachdem, ob es sich um inner- oder zwischenartliche Kreuzungen handelte. Arteigener Pollen, auf arteigene Narben gebracht, bildete in der Mehrzahl lange Pollenschläuche aus, die zum Teil weit in die Narben eindrangen. Ähnliche Feststellungen ließen sich machen, wenn *Betula pendula*-Narben mit *Betula pubescens*-Pollen bestäubt worden waren (Abb. 1), während beim reziproken Vorgang die *Betula pendula*-Pollenkörner in der Mehrzahl zwar mehr oder weniger lange Pollenschläuche ausbildeten, das Einwachsen in die *Betula pubescens*-Narben jedoch nur in den seltensten Fällen zu beobachten war. Hin und wieder hatte es sogar den Anschein, als wichen die Pollenschläuche von den artfremden Narben zurück, indem sie die zunächst der Narbe zugekehrte Wuchsrichtung änderten oder



Abb. 1. Kreuzung zwischen *Betula pendula* (♀) und *Betula pubescens* (♂). 4 Stunden nach der Bestäubung ist der Pollenschlauch bereits weit in das Narbenparenchym vorgedrungen.
(Mikroskopische Beobachtung bei zoofacher Vergrößerung, photographisch nachvergrößert.)



Abb. 2.



Abb. 3.

Abb. 2 u. 3. Kreuzung zwischen *Betula pubescens* (♀) und *Betula pendula* (♂). 8 Stunden nach der Bestäubung sind die Pollenschläuche noch nicht in die Narbe eingewachsen. Sie sind gedrungen und ändern oft ihre Wuchsrichtung, wenn sie die Narbe berühren.

(Mikroskopische Beobachtung bei 400facher Vergrößerung, fotografisch nachvergrößert.)

sich spiraling aufrollten (Abb. 2 u. 3). Derartige Beobachtungen lassen im Hinblick auf unsere langjährigen Erfahrungen bei diesen Kreuzungsversuchen, in denen aus den Kombinationen zwischen *Betula pubescens* (♀) \times *Betula pendula* (♂) immer nur vereinzelte Nachkommen hervorgingen, die Schlußfolgerung zu, daß bereits beim Bestäubungsvorgang ein Hinderungsgrund für die angestrebte Kombination vorliegt. Welcher Art dieser Hinderungsgrund sein könnte, soll weiter unten bei der Besprechung der Ergebnisse erörtert werden. Eine Wiederholung der oben geschilderten Versuche im gleichen Umfang war 1962 infolge ungünstiger Blühverhältnisse bei denselben Ausgangsbäumen nicht möglich. Sie konnte infolgedessen nur in wesentlich geringerem Umfang nach der entsprechenden Methode durchgeführt werden. Ihre Ergebnisse lieferten jedoch die Bestätigung für die im Vorjahr gewonnenen Erkenntnisse über das grundsätzliche Verhalten von Pollenschläuchen beider bearbeiteten Birkenarten auf art-eigenen bzw. artfremden Narben. Aus diesen Versuchen mögliche Schlußfolgerungen zur Erklärung der sich in unseren Kreuzungsversuchen abzeichnenden individuellen Kombinationseignung zu ziehen, wäre jedoch voreilig, da hierzu wenigstens eine Wiederholung des oben beschriebenen Versuches in gleichem Umfang erforderlich gewesen wäre, doch dazu fehlten in den folgenden Jahren die arbeitstechnischen Voraussetzungen.

Beobachtungen der Samenentwicklung

Auf Grund der Vermutung, daß sich schon bei den ersten Entwicklungsschritten eines bestäubten Gynäzeums Unterschiede zwischen den einzelnen Kreuzungskombinationen abzeichnen könnten, nahmen wir 1958 deren Überprüfung bei sämtlichen von uns durchgeführten Kreuzungskombinationen vor. Eine kurze Einführung in die Blütenbiologie und den Befruchtungsvorgang bei der Birke soll der Beschreibung unserer Versuche vorangestellt werden.

Obwohl die Anlage der weiblichen Blüte der Birke ebenso wie die der männlichen bereits im Sommer des Vorjahres erfolgt, bleiben die weiblichen Blüten bis zum April bzw. Anfang Mai in den Knospenschuppen verborgen. Sie werden meist erst mit oder kurz vor dem Blatt-austrieb sichtbar. Die mehr oder weniger rot gefärbten Narben erweisen sich — bei näherer Betrachtung — als einziger etwas auffallender Bestandteil der insgesamt unscheinbaren weiblichen Blütenstände. Die Einzelblüten, die zu dritt auf einem Tragblatt sitzen, sind ohne Mühe freizupräparieren. Außer den beiden pfriemförmigen Narben sind 2 Samenanlagen zu erkennen, die sich von der Mittelachse der Blüte zu beiden Seiten rundlich abzeichnen. Ferner ist die Anlage der beiden randständigen Samenflügel bereits angedeutet. Wenn der Pollen auf die empfängnisfähige Narbe gelangt, dann ist die Ausbildung der Samenanlagen noch nicht abgeschlossen, damit ist erst zu Beginn des Monats Juni zu rechnen. Nach dem Einwachsen der Pollenschläuche zwischen das Parenchym der Narben wird das weitere Vordringen der Schläuche an der Basis der Narbe gestoppt. Erst wenn die Samenanlagen fertig ausgebildet sind, kann ihr Wachstum fortgesetzt und das Eindringen in die Samenanlage von der Chalaza her erfolgen. Da der Birkensame im Normalfall ein einsamiges Nüßchen ist, kann sich nur eine der beiden Samenanlagen zur vollen Reife entwickeln. Zwar werden größtenteils noch beide Eizellen befruchtet, jedoch bleibt der eine Embryo sehr bald in seiner Ausbildung hinter dem anderen zurück (HEGI, 1957).

Da die Birke 1958 reichlich blühte, hatten wir bei unseren Kreuzungsexperimenten zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens* in jeder Kombination möglichst viele Blüten bestäubt. Wir kreuzten die bereits oben erwähnten 6 *Betula pendula*- und 6 *Betula pubescens*-Bäume diallel. Nach den in großem Umfang eingeleiteten Bestäubungsmaßnahmen stand uns bei den meisten Ausgangsbäumen genügend Blütenmaterial zur Verfügung, um daran die Weiterentwicklung der Einzelblüten in regelmäßiger Abstand zu überprüfen.

In der ersten Zeit nach der Bestäubung fixierten wir an jedem 2. Tag einen Blütenstand im Alkohol-Eisessiggemisch 2:1. Später vergrößerten wir dann die Abstände um das Doppelte. Je nach der Anzahl der für diesen Versuch vorhandenen Blüten und nach ihrer gesamten Entwicklungstendenz, die bei den einzelnen Bäumen verschieden war, konnten wir diese Prüfungen im Verlauf von 2—4 Wochen, in wenigen Ausnahmen auch länger, durchführen. Die Einzelblüten ließen sich ohne Schwierigkeiten aus dem Kätzchen herauspräparieren und waren mikroskopischen Studien bei durchscheinendem Licht und 200 bis 400facher Vergrößerung gut zugänglich. Ein kurzes Aufkochen in der Fixierflüssigkeit oder bei weiterentwickelten Samenanlagen gegebenenfalls auch in Chloralhydrat verbesserte die Beobachtungsmöglichkeiten.

Bis zu einem gewissen Entwicklungsstadium konnten die Samenanlagen in dieser Weise in ihrer Ausbildung überprüft und verglichen werden (Abb. 4 u. 5). Frühzeitige Vertrocknungs- oder andere Ausfallerscheinungen waren in dieser Weise eindeutig festzustellen. Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß die Beobachtung zu einem Zeitpunkt, der etwa 8 Wochen nach der Bestäubung lag, schon auf einige

Schwierigkeiten stieß, weil in der Zwischenzeit ein erhebliches Wachstum und eine dementsprechende Dickenzunahme der Samen die Überprüfung im durchscheinenden Licht sehr erschweren. Die Untersuchungen beschränkten sich demzufolge auf einen relativ kleinen Teil der Zeitspanne, die für die gesamte Entwicklung des Samens benötigt wird. In vielen Fällen handelte es sich — weil z. T. für die laufend vorzunehmenden Fixierungen nicht mehr genügend Blütenstände vorhanden waren — nur um die Wochen, in denen der Pollenschlauch in der Basis der Narbe ruht, und der Befruchtungsvorgang noch nicht stattgefunden hat. Diese Tatsache ist zu berücksichtigen, wenn die ermittelten Ergebnisse ausgewertet werden. In der Tabelle 2 sind die regelmäßigen Beobachtungen, die an den Nachkommen sämtlicher Kreuzungskombinationen des Jahres 1958 gemacht wurden, kurz zusammengefaßt. Bei ihrer Betrachtung fällt es auf, daß im Kreuzungsversuch *Betula pendula* (♀) × *Betula pubescens* (♂) ein *Betula pendula*-Mutterbaum (KT) in allen Kombinationen eine gute bis sehr gute Samenentwicklung zeigt. Wenn wir in Tabelle 1 unter 1. die Pflanzenprozente des Kreuzungsnachkommenschaftssaatgutes von 1958 verfolgen, dann müssen wir feststellen, daß *Betula pendula* KT 1958 in jeder Kombination keimfähiges Saatgut erzeugte. Bei *Betula pendula* 23/17 und 88/4 verlief die Samenentwicklung wesentlich ungünstiger. Eine in allen Fällen übereinstimmende Tendenz kommt allerdings nur in den Pflanzenprozenten der Nachkommen aller Kombinationen mit dem Baum 88/4 zum Ausdruck, während das Kreuzungssaatgut von 23/17 in einigen Kombinationen relativ gute Keimwerte zeigte. Diese Unterschiede zwischen den Nachkommenschaften des Mutterbaumes 23/17 zeichnen sich jedoch in der Samenentwicklung nicht ab. Besonders auffallend ist der Vergleich bei den 3 *Betula pendula*-Mutterbäumen 5/8, 34/7 und 89/15, die 1958 in allen Kreuzungskombinationen lediglich taubes Saatgut produzierten und trotz genügend an der Narbe befindlicher Pollenkörper im allgemeinen keine Entwicklungstendenz bei den Einzelblüten erkennen ließen. In allen Kombinationen mit diesen 3 Mutterbäumen waren dagegen nach mehr oder weniger langen Zeiträumen Vertrocknungsscheinungen festzustellen, während die Kontrolle an frei bestäubtem Blütenmaterial eine recht gute Ausbildung der Samen bewies.

Bei der Untersuchung sämtlicher Kreuzungskombinationen, in denen die verschiedenen *Betula pubescens* als Mutterbäume verwandt wurden, waren insgesamt einheitliche Entwicklungstendenzen festzustellen. Von *Betula* 85/12 standen keine weiblichen Blüten zur Untersuchung zur Verfügung und bei *Betula pubescens* 4 und 5 war ihre Zahl sehr gering. Von den Bäumen 4 und 5 war bei den wenigen Blüten in allen Kombinationen im allgemeinen eine recht ungünstige Samenentwicklung festzustellen. Diese 3 genannten Bäume fallen auch in Tabelle 1 dadurch auf, daß sie 1958 in allen Kombinationen nur taubes Saatgut brachten. Hierher gehört allerdings auch noch *Betula pubescens* 385, die andererseits bei der Samenentwicklung in der Kombination mit *Betula pendula* KT und 23/17 gute Ergebnisse zeigte.

Zu welchen Schlußfolgerungen wir auf Grund dieser nur teilweise zu beobachtenden Übereinstimmung

zwischen der Samenentwicklung in den ersten Wochen nach der Bestäubung und der Keimfähigkeit des Nachkommenschaftssaatgutes kommen können, wird bei der Besprechung der Versuchsergebnisse zu behandeln sein.

Besprechung der Ergebnisse

Die Resultate unserer Versuche zur Überprüfung des Pollenschlauchwachstums bei der Durchführung von Artkreuzungen zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens* zeigen, daß die Kreuzungsschwierigkeiten, die wir bei diesen Arten immer wieder feststellten, wenn *Betula pubescens* als Mutter verwandt wurde, durch das äußerst selten von uns beobachtete Vordringen von *Betula pendula*-Pollenschläuchen im *Betula pubescens*-Narbenparenchym zu erklären sind. Eine Keimhemmung des *Betula pendula*-Pollens auf der artfremden Narbe, die wir als Erklärung für das Mißlingen dieser Kreuzungen zunächst mit in Erwägung gezogen hatten, liegt nach unseren Untersuchungsergebnissen also nicht vor. Es müßte demnach entweder ein physiologischer oder auch ein mechanischer Grund vorhanden sein, der den Pollenschlauch am Eindringen in das Narbenparenchym hindert. Die zuerst erwähnte Möglichkeit einer eventuellen physiologischen Unverträglichkeit war im Rahmen dieser Arbeiten nicht zu überprüfen und könnte daher nur als Vermutung ausgesprochen werden. Außerdem sprechen Untersuchungen von SARVAS (1952) dafür, daß es mechanische Schwierig-

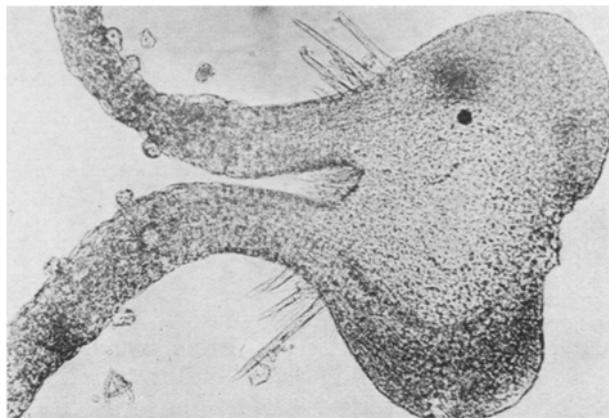


Abb. 4. Entwicklungsstand von Birkensamen 1 Woche nach der Bestäubung. (Mikroskopische Beobachtung bei 100facher Vergrößerung, fotografisch nachvergrößert.)

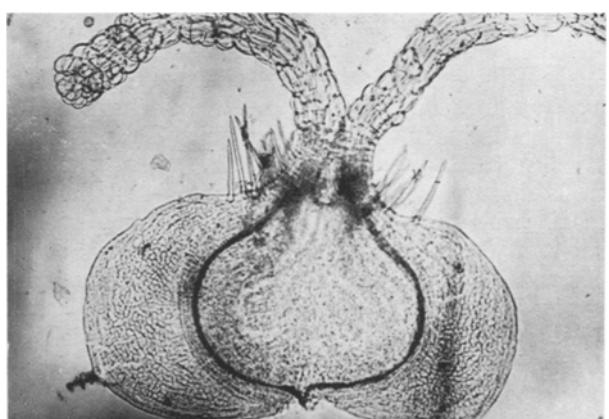


Abb. 5. Entwicklungsstand von Birkensamen 2 Wochen nach der Bestäubung. (Mikroskopische Beobachtung bei 100facher Vergrößerung, fotografisch nachvergrößert.)

Tabelle 2. Birkenartkreuzungen 1958 — Beobachtungen der

φ	δ	Bet. pub. 1	Bet. pub. 4	Bet. pub. 5	Bet. pub. 6	Bet. pub. 85/12	B. pub. 385
<i>Betula pendula</i> KT	1. =	6 Wochen sehr gut	4 Wochen sehr gut	4 Wochen gut	4 Wochen zuerst zögernd, dann gut	5 Wochen gut	2 Monate sehr gut
	2. =	keine	keine	keine	keine	keine	keine
	3. =						
<i>Betula pendula</i> 23/17	1. =	2 Wochen zögernd	3 Wochen zuerst zögernd, dann gut	3 Wochen gut	3 Wochen zuerst gut, nachlassend	2 Wochen zuerst gut, nachlassend	3 Wochen zuerst zögernd, dann gut
	2. =	keine	einige Samen vertrocknet	einige Samen vertrocknet	einige Frucht- stde. vertr.	zahlr. Samen vertrocknet	keine
	3. =						
<i>Betula pendula</i> 88/4	1. =	2 Wochen zög. u. insg. ungünstig	2 Wochen zuerst schlecht, dann besser	3 Wochen zuerst gut, nachlassend	2 Wochen unterschiedl.	3 Wochen unterschiedl. vorwieg. schl.	3 Wochen schlecht
	2. =	einige Samen vertrocknet	zahlr. Samen vertrocknet	zahlr. Samen vertrocknet	wenig Blüten zur Unters.		sehr viele Samen vertr.
	3. =						
<i>Betula pendula</i> 5/8	1. =	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen keine
	2. =		keinerlei Entwicklung				
	3. =			In der 2. Woche vertrocknen die Blütenstände			Fruchtst. vertrockn.
<i>Betula pendula</i> 34/7	1. =	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen
	2. =	Trotz Anhaftens von gekeimten Pollen an den Narben keinerlei Entwicklung in allen Kombinationen					
	3. =			Vertrocknen der Blütenstände			
<i>Betula pendula</i> 89/15	1. =	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen	2 Wochen
	2. =	Trotz Anhaftens von gekeimten Pollen an den Narben keinerlei Entwicklung in allen Kombinationen					
	3. =			Vertrocknen der Blütenstände			
frei ab- geblüht	1. =	sehr gut					
	2. =	keine	zu wenig ♀ Blüten	zu wenig ♀	sehr gut	keine ♀ Blüten	sehr gut
	3. =			Blüten	keine	vorhanden	keine

1. = Beobachtungsdauer; 2. = Entwicklung der Samen; 3. = Auftreten von Vertrocknungserscheinungen oder anderen Störungen.

keiten sind, welche die Pollenschläuche am Eindringen in die Narbe hindern.

SARVAS beschreibt 1952 u. a. Versuche, mit deren Hilfe er das Eindringungsvermögen von Pollenschläuchen in die Narben bei *Betula pendula* überprüft hat. Er stellte dabei fest, daß trotz mehr als 90%iger Keimfähigkeit des Pollens und reichlich an den Narben haftenden Pollenkörnern nur ein sehr geringer Anteil ihrer Pollenschläuche die Kutikula der Narbe zu durchdringen vermögen, um in dem dünnwandigen Narbengewebe weiterzuwachsen. Die abschließende Bemerkung von SARVAS zu diesen Untersuchungen sei wörtlich zitiert: „Even if an investigation of this kind must be considered a mere preliminary test it shows quite distinctly that the penetrating power of birch pollen grains is surprisingly poor.“ Wenn wir diese Feststellung im Zusammenhang mit unseren Versuchsergebnissen betrachten, dann ließen sich daraus folgende Schlußfolgerungen zu ihrer Erklärung ziehen: *Betula pubescens* ist in ihrem gesamten Blütenbau im Vergleich zu *Betula pendula* als wesentlich kräftiger zu bezeichnen. Demzufolge sind einerseits die Narben der *Betula pubescens* auch größer als bei *Betula pendula*. Der häufigste Pollendurchmesser für *Betula pubescens* wird mit $24,3 \mu$, der für *Betula pendula* mit $21,5 \mu$ angegeben (HEGI, 1957). Die Tatsache, daß bei der

Artkreuzung so offensichtliche Differenzen zutage treten, könnte damit erklärt werden, daß der vergleichsweise zartere Pollenschlauch der *Betula pendula* nicht in der Lage ist, die relativ starke Kutikula der Narben von *Betula pubescens* zu durchdringen, da diese dem Eindringen einen noch größeren Widerstand entgegensetzen wird, als das bei der eigenen Art der Fall ist. In der umgekehrten Richtung, wenn der kräftige Pollenschlauch der *Betula pubescens* die dünnere Kutikula der *Betula pendula*-Narbe zu durchdringen hat, müssen sich dementsprechend wesentlich bessere Kreuzungsergebnisse erzielen lassen.

Unsere Vermutung, daß sich schon in den ersten Wochen nach der Bestäubung anhand einer guten Samenentwicklung günstige Kombinationsmöglichkeiten zwischen 2 Partnern erkennen lassen könnten, oder daß durch die Tendenz zu gehäuft auftretenden Störungen unverträgliche Kombinationspartner festzustellen wären, hat sich leider nicht bestätigt. Vergleichen wir nochmals die weiter oben angeführten Ergebnisse der Samenentwicklung mit unseren Erkenntnissen, die wir hinsichtlich der unterschiedlichen Kreuzungserfolge zwischen unseren beiden Birkenarten gemacht haben. Da wäre in erster Linie anzuführen, daß keine Übereinstimmung in der Samenentwicklungstendenz der ersten Wochen zum Kreu-

Samenentwicklung während der ersten Wochen nach erfolgter Bestäubung.

frei abgeb.	B. pub. 385	B. pub. 85/12	Bet. pub. 6	Bet. pub. 5	Bet. pub. 4	Bet. pub. 1	♀/♂
sehr gut	2 Wochen sehr gut		4 Wochen sehr gut	1 Woche ungünstig	2 Wochen ungünstig	3 Wochen langsam, aber gut	= 1. <i>Betula</i> = 2. <i>pendula</i> KT
keine	keine		keine	wenig Blüten	wenig Blüten	keine	= 3.
gut	3 Wochen sehr gut		2 Wochen gut	1 Woche ungünstig	2 Wochen ungünstig	3 Wochen gut	= 1. <i>Betula</i> = 2. <i>pendula</i> 23/17
keine	keine		keine	wenig Blüten	wenig Blüten	keine	= 3.
gut	3 Wochen normal		3 Wochen gut	2 Wochen unterschiedl.	2 Wochen zuerst gut, dann stag- nierend	3 Wochen gut	= 1. <i>Betula</i> = 2. <i>pendula</i> 88/4
keine	zahlr. Samen vertrocknet		keine	wenig Blüten	wenig Blüten	einige Samen vertrocknet	= 3.
gut	1 Woche normal		3 Wochen zuerst un- günst., dann besser	1 Woche schlecht	2 Wochen ungünstig	3 Wochen gut	= 1. <i>Betula</i> = 2. <i>pendula</i> 5/8
keine	Mangel an Blüten		Anfangs vertr. Samen	wenig Blüten	wenig Blüten	keine	= 3.
gut keine	3 Wochen gut zahlr. Samen vertrocknet		4 Wochen gut keine	2 Wochen unterschiedl. wenig Blüten	2 Wochen ungünstig wenig Blüten	3 Wochen gut zahlr. Samen vertrocknet	= 1. <i>Betula</i> = 2. <i>pendula</i> = 3. 34/7
gut	3 Wochen gut		4 Wochen zuerst schl., d. bess. keine	—	2 Wochen ungünstig	3 Wochen zuerst zög., dann besser keine	= 1. <i>Betula</i> = 2. <i>pendula</i>
keine	viele Samen vertr.		keine	keine Blüten	wenig Blüten		= 3. 89/15
	sehr gut keine		sehr gut keine	zu wenig ♀ Blüten	zu wenig ♀ Blüten	sehr gut keine	= 1. frei ab- = 2. geblüht = 3.
Keine ♀ Blüten zur Entwicklung gelangt							

zungsergebnis vorliegt, wenn *Betula pubescens* als Mutterbaum bei unseren Kreuzungen verwandt wurde. Die mehr oder weniger gute bis sehr gute Samenentwicklung steht nicht im entsprechenden Verhältnis zu den Kreuzungserfolgen. Die Untersuchung der Samenentwicklung bei den reziproken Kreuzungsvorgängen weist dagegen auf eine recht weitgehende Übereinstimmung zu den Kreuzungsergebnissen hin. Nach den zuerst genannten Resultaten in der Kreuzungsrichtung *Betula pubescens* \times *Betula pendula* sind wir jedoch geneigt, diese Beobachtungen bei der reziproken Kreuzung als Auswirkungen ernährungsphysiologischer oder klimatischer Faktoren beim Bestäubungsvorgang oder in der darauffolgenden Entwicklungsphase anzusehen. Da es sich bei den geschilderten Versuchen um Freilandkreuzungen handelt, lassen sich die genannten Faktoren vom Versuchsansteller nicht immer so unter Kontrolle bringen, wie es wünschenswert und erforderlich wäre. Auf die Bedeutung dieser Faktoren im Hinblick auf den Kreuzungserfolg wurde bereits hingewiesen.

Aus den geschilderten Studien zur Samenentwicklung müssen wir die Schlußfolgerung ziehen, daß dieser relativ kurze Untersuchungszeitraum, in dem wir dieselbe mit Hilfe der genannten einfachen Methode verfolgen konnten, noch nicht ausreicht,

um alle in ihrer Entwicklung gestörten Samen zu erkennen. Diese Tatsache ist auf die Eigenschaft der Birke zur Ausbildung parthenokarper Früchte, die sie mit zahlreichen Waldbäumen teilt (HUMMEL, 1930), zurückzuführen. Derartige Untersuchungen könnten also erst voll aussagefähig werden, wenn sich die Studien über einen längeren Entwicklungszeitraum des Samens erstrecken würden. Doch dann müßte mit anderen Untersuchungsmethoden, z. B. mit Mikrotomschnitten, gearbeitet werden, um die Entwicklung zum gesunden, keimfähigen Samen einerseits oder zur tauben Frucht andererseits verfolgen zu können. Ein derartiger Arbeitsaufwand ist in diesem Zusammenhang jedoch nicht gerechtfertigt.

Zusammenfassung

Wie die Ergebnisse früherer Arbeiten bewiesen haben, liegt bei Bastardierungsversuchen zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens* der Kreuzungserfolg wesentlich höher, wenn *Betula pendula* als weiblicher Elter eingekreuzt wird, als beim reziproken Kreuzungsvorgang. Um Hinweise zur Erklärung der Unverträglichkeit in der Kreuzungsrichtung *Bet. pubescens* (♀) und *Bet. pendula* (♂) zu erhalten, überprüften wir die Pollenkeimung und das Pollenschlauchwachstum auf arteigenen und artfremden

Narben beider genannter Birkenarten. Bei der Pollenkeimung lagen sowohl auf den arteigenen als auch auf den artfremden Narben die Werte zwischen 70 und 90%. Nach weiterer Beobachtung des Pollenschlauchwachstums zeigten sich jedoch folgende Differenzen. Bei den innerartlichen Kreuzungen drangen zahlreiche Pollenschläuche weit in das Narbenparenchym vor. Die gleiche Beobachtung war in der Kreuzungsrichtung *Betula pendula* (♀) × *Betula pubescens* (♂) zu machen, während beim reziproken Kreuzungsvorgang die Pollen zwar ebenso häufig keimten, das Eindringen der Schläuche in die Narbe jedoch kaum oder nur in vereinzelten Fällen festzustellen war.

Die Ergebnisse der Studien zum Verlauf der Samenentwicklung zeigten, daß die Beobachtungen während einer relativ kurzen Zeitspanne der gesamten Entwicklungszeit nicht ausreichen, um alle Störungen einwandfrei zu erkennen und den Anteil der zu erwartenden tauben Samenkörner in großen Zügen einschätzen zu können.

Literatur

1. DARLINGTON, C. D., and L. F. LA COUR: The Handling of Chromosomes. London: George Allen and Unwin Ltd. 1950.
2. EIFLER, I.: Artkreuzungen bei Birken. Der Züchter **26**, 342–346 (1956).
3. EIFLER, I.: Kreuzungen zwischen *Betula verrucosa* und *Betula pubescens*. Der Züchter **28**, 131–136 (1958).
4. EIFLER, I.: Untersuchungen zur individuellen Bedingtheit des Kreuzungs-

erfolges zwischen *Betula pendula* und *Betula pubescens*. *Silvae Genetica* **9**, 159–165 (1960). — 5. HEGI, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. III/1, 2. Aufl. München 1957. — 6. HUMMEL, O.: Aus der Biologie des Samentragens der Waldbäume. Einiges über Parthenokarpie und Parthenospermie. Z. Forst- u. Jagdwesen **62**, 365–371 (1930). — 7. JOHNSON, H.: Interspecific Hybridisation within the Genus *Betula*. *Hereditas* **31**, 163 bis 176 (1945). — 8. KLEAHN, F. U.: Untersuchungen über das Artenproblem des Formenkreises *Betula alba* L. unter morphologisch-zytologischer Betrachtungsweise. Dissertation, Hann. Münden 1950. — 9. NATHO, G.: Variationsbreite und Bastardbildung bei mitteleuropäischen Birkenarten. *Feddes Repertorium* **61**, 211–273 (1959). — 10. NEBEL, B. R.: Lacmoid-Martius-Yellow for Staining Pollen-Tubes in the Style. *Stain Technology* **6**, 27–29 (1931). — 11. SARVAS, R.: On the Flowering of Birch and the Quality of Seed Crop. *Communications Instituti Forestale Fenniae* **40**, 1–38 (1952). — 12. SARVAS, R.: Investigations into the Flowering and Seed Quality of Forest Trees. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* **42**, 1–37 (1955). — 13. SARVAS, R.: Kaksi Triploidista Haapaa ja Koivua. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* **49**, 1–25 (1958). — 14. STERN, K.: Über einige Experimente zur Artfrage bei Sand- und Moorbirke. Vortrag zur 6. Arbeitstagung der Arb. Gem. für Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung (1958). — 15. STERN, K.: Über einen grundsätzlichen Unterschied der forstlichen Saat- und Pflanzengutgesetzgebung in der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland. *Schweiz. Z. f. Forstwesen* **3**, 145–163 (1960). — 16. STERN, K.: Über einige Kreuzungsversuche zur Frage des Vorkommens von Arthybriden *Betula verrucosa* × *Betula pubescens*. *Deutsche Baumschule* **15**, 1–10 (1963). — 17. STERN, K.: Versuche über die Selbststerilität bei der Sandbirke. *Silvae Genetica* **12**, 80–82 (1963).

Aus dem Institut für Forstpflanzenzüchtung Graupa der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin und dem Institut für Pflanzenchemie Tharandt, Abt. Rauchschadenforschung der Techn. Universität Dresden

Über den unterschiedlichen Einfluß von Schwefeldioxid auf die Nadeln verschiedener 2jähriger Lärchenkreuzungen

10. Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für forstliche Rauchschadenforschung Tharandt

Von H. SCHÖNBACH, HG. DÄSSLER, H. ENDERLEIN, E. BELLMANN und W. KÄSTNER

Mit 1 Abbildung

Einleitung

Die immer weiter um sich greifende Schädigung der Nadelwälder durch industrielle Abgase zwingt die Forstwirtschaft vieler Industrieländer, sich mit dem Aufbau rauchhärterer Wälder zu befassen, wobei im allgemeinen die Laubhölzer den Vorrang haben. Bei dem Flächenausmaß, das die Schäden in der DDR angenommen haben, ist es aus waldbaulichen Gründen jedoch erforderlich, den Nadelholzanteil der Bestockung nicht zu stark zu vermindern. Es gilt also, Nadelhölzer zu finden, die den gegebenen standörtlichen Verhältnissen besser entsprechen und gegenüber der örtlichen SO₂-Einwirkung resistenter sind als die gegenwärtige, vorwiegend aus Fichte und Kiefer bestehende Bestockung. Besondere Bedeutung kommt dabei der Lärche zu, die als winterkahl Baumart ähnlich den Laubhölzern eine höhere Rauchresistenz erwarten läßt als die wintergrünen Nadelholzarten.

In der Vegetationsperiode 1963 wurden als Gemeinschaftsarbeit des Institutes für Pflanzenchemie Tharandt, Abt. Rauchschadenforschung, und des Institutes für Forstpflanzenzüchtung Graupa der DAL zweijährige, aus gelenkter Bestäubung hervor-

gegangene Lärchen auf die Resistenz ihrer Nadeln gegen SO₂-Einflüsse untersucht. Frühere Untersuchungen des erstgenannten Institutes hatten bereits eine höhere Rauchresistenz der japanischen Lärche (*Larix leptolepis* Gord.) gegenüber der europäischen Lärche (*L. decidua* Mill.) nachgewiesen. Gelenkte Kreuzungen innerhalb der Gattung *Larix* werden im Graupauer Institut in großem Umfang hergestellt, nicht zuletzt im Hinblick auf die Anbaumöglichkeiten von Lärchenhybriden im Mittelgebirge. Nach Provenienzversuchen RUBNERS im Erzgebirge ist der Anbau der europäischen Lärche in Höhenlagen über 600 m von zweifelhaftem Erfolg. Relativ gutes Gedeihen der japanischen Lärche in höheren Lagen des Erzgebirges berechtigt zu der Hoffnung, daß Hybriden zwischen beiden Arten in diesen Gebieten, die z. T. unter erheblicher Raucheinwirkung aus der ČSSR stehen, anbaufähig sind.

1. Das Untersuchungsmaterial

Zur Verfügung standen 751 zweijährige Sämlinge aus 54 Kreuzungskombinationen, aus jeder Kombination 14 Pflanzen (3 mal nur 13, 1 mal nur 12). Sie wurden im Frühjahr 1963 dem Saatbeet entnommen