

have seen, the rigid application of the comparium concept is even less justified.

As regards the reproductive behavior of hybrids, in F_1 and F_2 , the CLAUSEN scheme again seems not to fit the pines. So far, at least 10 F_1 species hybrids have come into flower at the Institute of Forest Genetics, and none has showed more than 40 to 50 percent pollen abortion. Production of sound seed by F_1 hybrids is even better: usually at least 80 percent as good as the parent species providing pollination is adequate. Several F_1 populations have been studied, and little indication of vegetative weakness in F_1 has been found. Admittedly, only a small proportion of all the possible hybrids has been studied, but further study may support the surmise that the modes of reproduction of conifers make it impractical to apply the CLAUSEN scheme, worked out, as it has been, on the basis of angiosperms, rigidly and in detail to the genus *Pinus*. CLAUSEN'S scheme may be found perfectly valid, however, if many of the entities heretofore considered species in the genus *Pinus* are equated to his ecospecies. Perhaps the groups of SHAW or sections of PILGER could be equated to CLAUSEN'S coenospecies. The amount of evidence at present available seems insufficient to decide these questions.

A comparison of chemical and crossing studies in the genus *Pinus* is of some interest because of the light it sheds on the taxonomic applications of various types of data. LINDSTEDT (3) has reviewed the recent investigations of the heartwood constituents of pines. He shows that the sub-genera *Haploxyylon* and *Diploxyylon* are clearly separated on the basis of at least four classes of compounds. Within the sub-genus *Haploxyylon* there are rather clear differences between species and groups of species. Within the sub-genus *Diploxyylon*, there is great uniformity in heartwood constituents. Thus this type of study has a different value in different sub-genera just as is the case with crossability data, which are much less useful in *Haploxyylon* than in *Diploxyylon*. The volatile constituents of oleoresin (MIROV, 4) do not show a sharp separation between *Haploxyylon* and *Diploxyylon*, but within both sub-genera, are of considerable interest in separating certain species pairs and in uniting certain species groups. Therefore,

it seems that any extensive taxonomic arrangement cannot rely exclusively on any single type of information.

From the point of view of the pine breeder, a taxonomic scheme which takes crossabilities into account should have practical interest. Numerous students of the pines have been impressed with the ecological and morphological similarities between *P. silvestris* on one hand and *P. contorta* and *P. Banksiana* on the other. Attempts to cross *P. silvestris* with these two North American species should and will be made. Nevertheless, from the viewpoint expressed in this paper, such attempts seem less likely to succeed than many others which might produce hybrids of considerable value and interest. No doubt some crosses which now are difficult or impossible will be facilitated by advances in techniques, but in the meantime, it would seem that the best use of the tree breeder's limited resources would be directed first toward crossing species which, on the basis of available evidence, show the greatest probability of being readily crossable.

Bibliography

- (1) CLAUSEN, J. 1951. Stages in the evolution of plant species. 206 pp. Cornell Univ. Press., Ithaca. — (2) HARLOW, W. M. 1931. The identification of the pines of the United States, native and introduced, by needle structure. New York State College of Forestry. Tech. Pub. No. 32. — (3) LINDSTEDT, G. 1951. Constituents of pine heartwood XXVI. A general discussion. Acta Chemica Scandinavica 5:129—138. — (4) MIROV, N. T. 1948. The terpenes in relation to the biology of genus *Pinus*. Annual Rev. Biochem. 1948 pp. 521—540. — (5) MIROV, N. T. 1951. Composition of gum turpentine of pines: A report on *Pinus echinata*, *P. rigida*, and *P. ponderosa* from Utah. Jour. Amer. Pharm. Assoc. 40:410—413. — (6) MIROV, N. T., T. H. WANG, and A. J. HAAGEN-SMIT. 1949. Chemical composition of gum turpentine of pines: A report on *Pinus strobus*, *P. cembra*, *P. taeda*, *P. radiata* and *P. virginiana*. Jour. Amer. Pharm. Assoc. 38:403—407. — (7) PILGER, R. 1926. Gymnospermae in ENGLER, A., and K. PRANTL. Die natürlichen Pflanzenfamilien. 2nd ed. vol. 13, 447 pp. Leipzig. — (8) RICHTER, F. I., and J. W. DUFFIELD. 1951. Interspecies hybrids in pines. Jour. Heredity 42:75—80. — (9) RICHTER, F. I., and W. P. STOCKWELL, 1949. The fertile species hybrid, *Pinus mur-raybanksiana*. Madrono 10:65—69. — (10) SHAW, G. R. 1914. The genus *Pinus*. Arnold Arboretum Pub. No. 5, 96 pp. — (11) SVOBODA, P. 1940. Krizenci lesnich drevin a cestky k jejich využití. Lesnická Práce 19:373—408. — (12) ZOBEL, B. 1951. The natural hybrid between Coulter and Jeffrey pines. Evolution 5:405—413.

Verwandtschaftsverhältnisse und Artkreuzungen in der Gattung *Pinus*

Von J. W. DUFFIELD

(Autorisierte Übersetzung vorstehender Originalarbeit*)

Ein Schema über verwandtschaftliche Beziehungen innerhalb einer Gruppe von Pflanzen ist für den Züchter als Arbeitshypothese von größtem Wert. Umgekehrt können Züchtungsergebnisse zur Auswertung und Revision eines solchen Schemas benutzt werden. Die in der vorliegenden Veröffentlichung mitgeteilten Ergebnisse des Artkreuzungsprogramms des Institutes für Forstgenetik ermöglichen dies bei zwei der wichtigsten taxonomischen Einteilungen der Gattung *Pinus*. Zusätzlich werden Hinweise aus Biochemie, Anatomie und Morphologie herangezogen. Obgleich der Abschluß dieser Studien bei dieser umfangreichen und weitverbreiteten Gattung noch aussteht, ist zu hoffen, daß womöglich die vorgelegte Revision als ein Erfolg der gewählten Arbeitshypothese angesehen werden kann.

Das Kiefernkreuzungsprogramm des Institutes für Forstgenetik wurde von RICHTER und DUFFIELD (8) aufgestellt, die

kurz über die Erkennbarkeit der Bastarde berichteten. Dieses Programm benutzte die von SHAW (10) vorgeschlagene taxonomische Einteilung. Bekannter ist wahrscheinlich die Einteilung nach PILGER (7). Nunmehr sind Ergebnisse über Kreuzbarkeit von Arten verfügbar, die einen Vergleich der beiden Schemata und ihre eventuelle Revision gestatten.

Da sich PILGERS und SHAWS System nur wenig in der Behandlung der Untergattung (Subgenus) *Haploxyylon* unterscheiden und da die zahlreichen Artbastarde, die in dieser Untergattung hergestellt wurden, bisher noch nicht als Grundlage für verwandtschaftliche Gruppierungen dienen können, beschränkt sich der vorliegende Bericht auf die Untergattung *Diploxyylon*. Tafel 1 zeigt die Einteilung dieser Untergattung nach PILGER und SHAW. In der Spalte PILGER (links) wurden die Synonyme, wenn es zum Vergleich mit SHAWS System nötig war, in Klammern gesetzt. In der Spalte SHAW (rechts) sind systematische Stufen, die bei SHAW als Unterarten, bei PILGER als Arten bezeichnet

*) Übersetzt von Z. M. ILLIES, Schmalenbeck.

sind, eingerückt. Der Verfasser erkennt für diese eingerückten Arten PILGERS Interpretation an. Es wurde nicht versucht, die Nomenklatur zu modernisieren.

Die Figuren 1 und 2 enthalten die Ergebnisse des Diploxylon-Kreuzungsprogramms; im einen Fall sind die Elternarten nach dem System SHAW, im anderen nach dem System PILGER eingeordnet. Diese Karten zeigen Ergebnisse, die seit dem Bericht von RIGHTE und DUFFIELD (8) erzielt wurden. Sie sind aber in verschiedener Hinsicht vereinfacht. Nur solche Arten sind aufgeführt, deren Kreuzungsversuche zu einwandfreien Ergebnissen geführt haben. Versuche mit zur Zeit noch nicht endgültigen, zufälligen oder ungenügenden Ergebnissen sind ausgelassen. Varietäten der Arten sind unter Fortlassung der Varietätenbezeichnung unter der Art aufgeführt, z. B. *P. ponderosa* var. *scopulorum* als *P. ponderosa*. Kreuzungen zwischen verschiedenen Varietäten der gleichen Art sind nicht erwähnt, ebenso nicht Kreuzungen, die interspezifische Bastarde als Eltern haben. Gelungene Versuche sind durch schwarz ausgefüllte Felder bezeichnet, mißglückte durch Kreuze. Sicherlich sind die Daten über die Fehlschläge von geringerer Zuverlässigkeit als die über die Erfolge, da weitere Versuche auch bei diesen fehlgeschlagenen Kreuzungen noch zu Erfolgen führen können und weil Erfolge nur für Gattungen mit klar erkennbaren Bastarden berichtet worden sind. Es werden nur Bastarde erwähnt, die vom Institut für Forstgenetik hergestellt oder dort angezogen wurden. Das bedeutet, daß eine Anzahl von Bastarden, hauptsächlich zwischen verschiedenen europäischen Arten, weggelassen wurde. Tatsächlich sind einige der in Figur 1 und 2 als mißglückt bezeichneten Kreuzungen anderswo gelungen.

Die Figuren 1 und 2 erfassen die Kreuzungen innerhalb der Sektionen (PILGER) oder Gruppen (SHAW) in Feldern, die in einer Diagonale von links oben nach rechts unten angeordnet sind. In Figur 1 (PILGERS System) enthalten diese Felder 9 von 22 Bastarden, wogegen in Figur 2 (SHAWS System) nur drei der Bastarde intersektional sind. Demnach stimmen die am Institut erhaltenen Kreuzungsergebnisse besser mit der Klassifikation nach SHAW überein. Dies bedeutet, daß das System SHAWS besser als das PILGERS die Verwandtschaftsgrade zwischen den Arten zeigt. Andererseits folgt daraus, daß die größere Anzahl Kreuzungsversuche, 54, tatsächlich nach dem SHAWSchen System intrasektional sind, während sich im PILGERSchen System nur 28 ergeben. Derartige Ergebnisse sprechen für eine Anwendung des SHAWSchen Systems als Weiser für ein Kreuzungsprogramm.

Allgemeine Vergleiche über die Gültigkeit der beiden Systeme sind fruchtlos, dagegen würden Untersuchungen der Stellen, an denen ein System nicht standhält, sich eher lohnen. Das in dieser Arbeit befolgte taxonomische Prinzip setzt voraus, daß sowohl eine vorhandene Struktur oder Eigenschaft zur Entscheidung über die Placierung einzelner Arten herangezogen werden können, daß aber eine große Gattung nicht sinnvoll auf Grund von einem Einzelmerkmal abzugrenzen ist. Die Hauptschwäche des PILGERSchen Systems liegt darin, daß es ausschließlich auf der Nadelzahl aufgebaut ist; die Schwäche des SHAWSchen Systems liegt auf der Überbetonung der asymmetrischen, sich spät öffnenden Zapfen.

Die vorliegende Bearbeitung dieser beiden Systeme beschränkt sich speziell auf jene Gruppen, bei denen Bastarde erzeugt worden sind. Und zwar handelt es sich um die Gruppen Australes, Insignes und Macrocarpae nach SHAW und die Sektionen Banksia, Australes, Pseudostrobus und Taeda nach PILGER. Nach den Kreuzungsresultaten scheinen SHAWS Gruppen Australes und Insignes zu viele Arten zu umfassen.

Weiterhin wurden SHAWS Australes des westlichen Nordamerika nicht mit denen des östlichen Nordamerika gekreuzt. Auch haben die Arbeiten von MIROV (4, 5, 6) gezeigt, daß die westlichen Australes in ihrem Terpentin Carene enthalten, während die einfacher konstruierten Terpentine der östlichen Australes diesen Bestandteil nicht enthalten. Wenn man nun diese westlichen nordamerikanischen Arten von SHAWS Australes ausnimmt, so bilden die Arten des östlichen und südlichen Nordamerika sowie die der Karibischen Region eine geschlossene Gruppe für sich. Diese Arten, mit Ausnahme von *P. occidentalis*, sind alle innerhalb der Gruppe gekreuzt worden, obgleich bisher noch nicht alle möglichen Kombinationen verwirklicht sind. Für die Richtigkeit dieser Gruppenbildung spricht auch der biochemische Befund, nach welchem die in dieser Gruppe zusammenge-

faßten Arten einheitlich nur einfache Terpentine aus einer Mischung von α und β Pininen besitzen (4, 5, 6). *P. rigida* sollte auf Grund des Kreuzungsergebnisses mit *P. echinata* und *P. taeda* und wegen seines Gehaltes an dem einfachen Oleoresin vielleicht ebenfalls in diese Gruppe eingeschlossen werden. Warum SHAW *P. rigida* zu den Insignes rechnet, ist schlecht verständlich. Er schreibt darüber: "The cones are rarely serotinous, but it is remarkably like *P. serotina* in many characters, and is therefore placed in this group".

SHAWS Gruppe Insignes enthält als einen einzigen Artenkomplex die kalifornischen, geschlossenzapfigen Kiefern, welche anscheinend auf Grund der Kreuzungsresultate (8) und auf Grund der Ergebnisse chemischer Untersuchungen hinsichtlich der Terpentine zusammengehören (4). Ungeachtet dieser Versuchsergebnisse ließen sich verschiedene Angehörige dieses Komplexes, die alle zu SHAWS Insignes gehören, nicht miteinander kreuzen. Das einzige positive Resultat innerhalb dieser Gruppe ist der Bastard zwischen *P. contorta* und *P. Banksiana* (9). Diese beiden Arten sind seit langem als in vieler Hinsicht ähnlich bekannt, und es mag zunächst überraschen, daß sie sich in ihrem Terpentineinhalt bemerkenswert unterscheiden (4). Dies ist ein weiteres Beispiel dafür, daß einem Einzelcharakter keine Allgemeingültigkeit beigemessen werden kann. Es wurde auch schon früher vermutet, daß *P. rigida* mehr zum östlichen Artenkomplex von SHAWS Australes als zu seinen Insignes gehört. Folglich wird deutlich, daß SHAWS Gruppe Insignes ein künstliches Gebilde ist.

Bei PILGERS Einteilung finden wir die einigermaßen zusammenhängende Gruppe der östlichen, südlichen und karibischen Kiefern auf drei Sektionen verteilt; Banksia, Australes und Taeda. Das ist vielleicht der deutlichste Beweis für die Unzulänglichkeit, die Nadelzahl als Hauptkriterium für Verwandtschaftsgrade zu benutzen. PILGERS Sektion Australes wird durch die Stellung der Harzkanäle in den Nadeln charakterisiert. Jedoch zeigt eine Durchsicht der Arbeiten von SHAW (10) und HARLOW (2), daß PILGERS Australes häufig nicht unterscheidbar sind, z. B. *P. echinata*, *P. taeda* oder *P. glabra* hinsichtlich der Lage der Harzkanäle. PILGERS Sektion Pseudostrobus scheint nach realistischeren Verwandtschaftsgraden gruppiert zu sein, als sie für SHAWS Australes bereits besprochen wurden. Derzeit liefern die Kreuzungen noch keinen Beweis dafür, *P. Lumholtzii*, *P. leiophylla* und *P. Torreyana* zur Sektion Pseudostrobus zu rechnen, aber es gibt einen anderen Hinweis dafür, daß die Klassifikation nach SHAW die realistischere ist. Man kann lediglich die Einbeziehung von *P. Torreyana* in PILGERS Sektion Pseudostrobus nach der Anzahl der Nadeln in Frage stellen. SHAWS Zusammenfassung dieser Arten in seiner Gruppe Macrocarpae wird durch die Oleoresinstudien von MIROV (4) unterstützt, der fand, daß unter den Diploxylon-Kiefern tatsächlich nur die Mitglieder von SHAWS Macrocarpae in ihrem Oleoresin die Paraffin-Kohlenwasserstoffe n-Heptan und n-Undecan enthalten (außerdem enthält auch noch *P. Jeffreyi* 96% n-Heptan, worauf später zurückgekommen wird). SHAWS Sub-Sektion Parapinaster scheint logisch gruppiert zu sein. Es können sogar als Stütze hierfür noch mehr Merkmale aufgeführt werden, als dies durch SHAW geschehen ist. Z. B. haben alle Arten in dieser Sub-Sektion Parapinaster eine 3jährige Zapfenreife mit der möglichen Ausnahme von *P. Lumholtzii*. Weiterhin haben mit der gleichen möglichen Ausnahme alle Arten dieser Sub-Sektion Sämlinge, die ihre Primärblätter zwei und mehr Jahre behalten. Aus diesem Grund erscheint PILGERS Einschluß von *P. Lumholtzii* und *P. leiophylla* in die Sektion Pseudostrobus ungerechtfertigt.

In PILGERS Einteilung kann keine Verbesserung gegenüber der SHAWSchen Insignes gesehen werden. Dessen Sektion Taeda ist ebenso klar aufgebaut, obgleich sie aus weniger Arten besteht, und das gleiche ist bei der Sektion Banksia der Fall.

Wie lassen sich nun die Arten der Untergattung Diploxylon deutlicher anordnen? Eine Unterteilung von Gruppen — besonders der SHAWSchen — ist eine einleuchtende Lösung, aber sie darf nicht in das andere Extrem verfallen und eine große Zahl kleiner Artkomplexe bilden. Dies würde gegen den Sinn der Taxonomie verstößen, die Verwandtschaftsgrade deutlich machen soll. Das Schema in Tabelle 2 ist in dieser Hinsicht eine Hypothese, die Gegenstand weiterer Prüfung werden soll. Statt besonderer Namen für die Gruppen innerhalb der Untergattung sind römische Ziffern eingesetzt, um eine Konfusion mit ehemaligen und zukünftigen

Einteilungen zu vermeiden, mit Ausnahme solcher Fälle, in denen sich alte und neue Einteilungen decken.

Mehrere Veränderungen in dieser Tafel bedürfen der Erklärung. Gruppe X unterscheidet sich nur wenig von der Einteilung nach PILGER und SHAW. PILGERS Sektion Khasya wird vorläufig ausgelassen, und SHAWS Einschluß in die Lariciones wird angenommen. Es sei zugegeben, daß kein ersichtlicher Grund diese Feststellung rechtfertigt. Sie ergibt sich aus der Geringschätzung des Verfassers hinsichtlich der Bedeutung der Nadelzahl und aus dem biochemischen Befund (Mirov 4), der nicht darauf hinweist, daß sich Khasya deutlich von anderen Arten der Lariciones unterscheidet, während dies für *P. insularis* noch unsicher ist.

P. halepensis ist aus verschiedenen Gründen in die Lariciones eingereiht worden. Ein Grund ist die Lage der Harzkanäle. HARLOW (2) hat darauf aufmerksam gemacht, daß von den Stellen, an welchen Harzkanäle gefunden werden, nämlich außen (external), in der Mitte (medial) und innen (internal), nur 2 der 4 möglichen Kombinationen dieser Typen vorkommen und zwar medial-internal und medial-external. SHAW (10) weist darauf hin, daß der exterale Typ charakteristisch ist für die Arten des Untergattungstypes Diploxylon der alten Welt, so gut wie für die Arten *P. resinosa* und *P. tropicalis* der neuen Welt. Wenn man die Arbeiten von HARLOW und SHAW überblickt, wird es deutlich, daß die Lariciones durch exterale, mediale oder medial-externale Harzkanäle bei völligem Fehlen von internalen oder medial-internalen Harzkanälen charakterisiert werden können. Auf biochemischer Grundlage paßt *P. halepensis* besser in die Lariciones als in die Insignes von SHAW oder in die Sektion Banksia von PILGER. MIROVs (4) Behandlung von *P. halepensis* ist interessant. Er erkennt im allgemeinen SHAWS Einteilung an, ordnet aber *P. pithyusa* STEVEN, die sonst als Varietät von *P. halepensis* aufgefaßt wird, in die Lariciones ein. Die Oleoresine von *P. halepensis* und *P. pithyusa* sind von 2 verschiedenen Chemikern untersucht worden, die bei MIROV zitiert sind, welcher zeigt, daß große Unterschiede zwischen den erwähnten Analysen vorliegen. Rein chemisch muß man der Zuteilung MIROVs von *P. pithyusa* in die Lariciones zustimmen, da die Terpentine dieser Einheit 24% δ-3-Carene enthalten, welches auch einen bemerkenswert hohen Anteil in den Terpentinien von *P. silvestris* und *P. merkusii* ausmacht, während es weder in SHAWS Gruppe der Insignes noch in PILGERS Sektion Banksia vorkommt. Weiterhin enthält *P. halepensis* nach MIROV ein Sesquiterpen, eine Klasse von Verbindungen, die in verschiedenen Arten der Gruppe Lariciones, aber nicht in der Gruppe Insignes oder der Sektion Banksia gefunden wird.

Trotz dieser chemischen Verschiedenheit zwischen *P. pithyusa* und *P. halepensis* scheint nach der Morphologie eine enge Verwandtschaft zu bestehen. Sie scheinen zwar nicht artgleich, aber vielleicht sektions- oder gruppengleich zu sein. Als *P. pithyusa* bezeichnete Bäume im Eddy-Arbo-retum des Instituts für Forstgenetik, deren Samenherkunft die Krim war, sind nicht zu unterscheiden von *P. halepensis* var. *brutia*, jener Form von *P. halepensis* mit sitzenden Zapfen. Es wäre noch zu prüfen, ob *P. halepensis* und seine Varietät *brutia* sich nur in der Art der Zapfenanheftung und der Sämlingsmorphologie oder auch in der Zusammensetzung der Oleoresine unterscheiden. Schließlich sei als Beweis für die Richtigkeit der Bevorzugung einer Einordnung von *P. halepensis* in die Lariciones der Bericht von SVOBODA (11) über die Bastarde zwischen *P. halepensis* und *P. nigra* erwähnt.

Die Gruppe XI besteht aus den Kiefern der südöstlichen Vereinigten Staaten. Diese Arten sind wegen ihrer Kreuzbarkeit zusammengefaßt mit Ausnahme von *P. serotina*, *P. pungens* und *P. occidentalis*. Die ersten beiden Arten, *P. serotina* und *P. pungens*, sind wegen ihrer morphologischen Ähnlichkeit mit *P. rigida* zu dieser Gruppe geschlagen worden, was vielleicht ein nicht ganz zu vertretender Grund ist. *P. occidentalis* wurde dieser Gruppe wegen ihrer morphologischen Ähnlichkeit mit den anderen südöstlichen Kiefern zugerechnet.

Die Gründe für die Trennung der Gruppen XI und XII sind die biochemischen Unterschiede und die bereits nachgewiesene Unmöglichkeit, sie miteinander zu kreuzen. Die Zuteilung von SHAWS Gruppe Macrocarpae zur Gruppe XII bedarf einiger Erklärungen. Es wurde gezeigt, daß die Gruppe Macrocarpae biochemisch, geographisch und morphologisch zusammenhängt. Vielleicht das am meisten hervorstehende Merkmal bei den Arten dieser Gruppe ist das Vorkommen von Paraffin-Kohlenwasserstoffen in ihren Ter-

pentinen. Paraffin-Kohlenwasserstoffe sind in keiner anderen Art mit Ausnahme von *P. Jeffreyi* zu finden. Diese Art, auch bei SHAW und anderen als eine Varietät von *P. ponderosa* behandelt, müßte aus triftigen biochemischen Gründen zur Gruppe Macrocarpae übernommen werden. Indessen sind die morphologischen Ähnlichkeiten mit *P. ponderosa* zu groß, um eine solche Interpretation zu gestatten. Außerdem ist *P. Jeffreyi* natürlich (ZOBEL 12) und künstlich mit *P. ponderosa* und *P. Coulteri* kreuzbar. Deswegen muß die Gruppe Macrocarpae voraussichtlich mit den Gelbkiefern des westlichen Nordamerika zusammengefaßt werden.

Gruppe XIII gründet sich auf der Kreuzbarkeit der *P. Banksiana* und *P. contorta* und auf der morphologischen Ähnlichkeit der *P. virginiana* und *P. clausa* mit den ersten beiden Arten. Biochemisch steht *P. contorta* abseits von dieser Gruppe (MIROV 4, 6), aber die morphologische Übereinstimmung und die Kreuzbarkeit geben den überwiegen-den Ausschlag für diese Einordnung.

Gruppe XIV bleibt weiter unbefriedigend. Sie enthält die gebietsweise zusammenhängenden geschlossenzapfigen Kiefern Kaliforniens und die mexikanische Art *P. Greggii*, welche morphologisch den kalifornischen geschlossenzapfigen Kiefern ähnelt. Mangels anderer Beweise bildet diese Gruppe den Rest der SHAWSchen Insignes.

Figur 3 zeigt das Ergebnis des Kreuzungsprogramms des Institutes für Forstgenetik, wenn die Elternarten nach dem neuen Schema angeordnet werden.

Diskussion

Obgleich der Verfasser sich darüber im klaren ist, daß die vorgeschlagene Einteilung nur vorläufigen Charakter besitzt, ist er doch der Überzeugung, daß sie einen Fortschritt gegenüber PILGER und SHAW bedeutet. Man kann mit Recht die Frage über den taxonomischen Wert von Kreuzungsstudien aufwerfen. Vielleicht ist es zu viel, wenn man sagt, daß Kreuzungsergebnisse brauchbarer als morphologische, anatomische oder biochemische Werte sind, aber man kann wohl sagen, daß sie gleichwertig sind.

Die Arbeit von CLAUSEN (1) und seinen Mitarbeitern über verschiedene Gattungen der Angiospermen hat ein ziemlich klares Schema über die verwandtschaftlichen Beziehungen auf der Basis der Kreuzbarkeit und des Verhaltens von F_1 - und F_2 -Bastarden ergeben. Ob dieses Schema im vollen Umfang für die Gattung *Pinus* angewendet werden kann, ist noch abzuwarten, aber eine Überprüfung für diese Gattung wird wohl wenig klären. Z. B. müßte man die beiden Untergattungen Haploxylon und Diploxylon selbständig neben-einanderstellen, da es unwahrscheinlich ist, daß Bastarde zwischen diesen beiden Untergattungen erhalten werden können. Indessen erscheint die Kiefer gegenüber den anderen Gattungen der gleichen Familie als eine gut umrissene zusammenhängende Gruppe. Vielleicht dürfte man die CLAUSENSche Auffassung nicht so buchstäblich nehmen, als seien sein *Comparium* und die Gattung äquivalent. Innerhalb der Untergattung Diploxylon ist jedenfalls, wie wir sehen, die starre Anwendung des *Comparium*-Begriffes sogar recht wenig gerechtfertigt.

Hinsichtlich der Fortpflanzungsverhältnisse der F_1 - und F_2 -Bastarde scheint das CLAUSENSche Schema für die Kiefer ebenso wenig zu passen. Wenigstens haben 10 F_1 -Artbastarde des Institutes für Forstgenetik geblüht, und davon hat keiner mehr als 40 bis 50% sterilen Pollen gehabt. Die Erzeugung normalen Saatgutes der F_1 -Bastarde war sogar besser: Sie betrug gewöhnlich wenigstens 80% von jener der Elternarten bei gleichen Bestäubungsverhältnissen. Mehrere F_2 -Populationen wurden untersucht, und es wurde eine kleine Schwäche in der F_2 festgestellt. Außerdem wurden in kleinem Umfange alle möglichen Bastarde untersucht, aber das weitere Studium stützt die Annahme, daß die Art der Fortpflanzungsverhältnisse die starre und ins einzelne gehende Anwendung des CLAUSENSchen Schemas, welches für die Angiospermen ausgearbeitet wurde, auf die Gattung Kiefer verbietet. CLAUSENS Schema mag dann richtig sein, wenn viele der Einheiten, die ehemals als Art der Gattung *Pinus* bezeichnet wurden, gleichbedeutend mit seiner *Oecospecies* sind. Vielleicht sind die Gruppen von SHAW oder die Sektionen von PILGER gleichbedeutend mit CLAUSENS *Oecospecies*. Das Gesamtergebnis der bisher vorliegenden Versuche scheint jedenfalls für die endgültige Beantwortung dieser Fragen noch nicht auszureichen.

Der Vergleich der Ergebnisse der chemischen Analysen und der Kreuzungen ist bei der Gattung *Pinus* von einem Interesse, weil er die taxonomische Verwendbarkeit verschiedenartiger Ergebnisse beleuchtet. LINDSTEDT (3) hat über neuere Untersuchungen des Kernholzanteiles der Kiefer berichtet. Er zeigt, daß die Untergattung *Haploxyylon* und *Diploxyylon* durch vier Anteilklassen klar voneinander getrennt sind. In der Untergattung *Haploxyylon* finden sich freilich klare Unterschiede zwischen Arten und Artengruppen, während in der Untergattung *Diploxyylon* eine große Gleichförmigkeit im Kernholzanteil besteht. Folglich hat auch diese Untersuchungsart ungleichen Wert bei den verschiedenen Untergattungen, genau wie das für die Kreuzbarkeit der Fall ist, welche bei *Haploxyylon* sehr viel weniger brauchbar ist als bei *Diploxyylon*. Die flüchtigen Bestandteile des Oleoresins (MIROV 4) ermöglichen keine scharfe Trennung zwischen *Haploxyylon* und *Diploxyylon*, wohl aber innerhalb dieser beiden Untergattungen, weshalb sie von erheblichem Interesse für die Abgrenzung bestimmter Artenpaare und die Vereinigung bestimmter Artengruppen sind. Daher scheint es, als könne sich keine umfassende taxonomische Anordnung

ausschließlich nur auf ein einziges Untersuchungsmerkmal verlassen.

Vom Standpunkt des Kiefernzüchters hat ein taxonomisches Schema, welches die Kreuzbarkeit in Rechnung stellt, praktisches Interesse. Zahlreiche Bearbeiter der Kiefer haben auf die ökologischen und morphologischen Ähnlichkeiten zwischen *P. silvestris* einerseits und *P. contorta* und *P. Banksiana* andererseits besonders hingewiesen. Versuche, *P. silvestris* mit diesen beiden nordamerikanischen Arten zu kreuzen, sollten und werden durchgeführt werden. Trotzdem ist für die vorliegende Aufgabe der Erfolg dieser Versuche weniger wichtig, als vielmehr die Anstellung anderer Versuche, die zur Herstellung von wichtigen und interessanten anderen Bastarden führen. Zweifellos werden einige Kreuzungen, welche heute noch schwierig oder unmöglich erscheinen, durch Fortschritte der Technik erleichtert werden, aber in der Zwischenzeit scheint es das Beste für die Forstpflanzenzüchter zu sein, wenn sie innerhalb der ihnen gesetzten Grenzen Kreuzungen zwischen solchen Arten ausführen, die nach dem heutigen Stand unserer Erkenntnis am sichersten erfolgversprechend sind.

(Aus dem Forstbotanischen Institut der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen in Hann. Münden und dem Lehrforstamt Escherode)

Untersuchungen über die Wirkung synthetischer Wuchsstoffe auf die Stecklingsbewurzelung bei Waldbäumen

Von HANS-HERMANN HEITMÜLLER

(Eingegangen am 10. Mai 1952)

1. Einleitung

Über die Bedeutung, die eine vegetative Vermehrung der Holzarten für die praktische Verwendbarkeit züchterischer Ergebnisse haben kann, bedarf es keiner besonderen Hinweise. Zuletzt haben SCHMUCKER (1951) und RUNDQUIST und STEFANSSON (1951) dazu Stellung genommen. Daß noch bis vor einigen Jahren verhältnismäßig wenige Versuche in dieser Richtung durchgeführt wurden, hatte verschiedene Gründe. Einmal war die Wichtigkeit einer vegetativen Vermehrung der Waldbäume noch nicht erkannt worden, zum anderen wurde allgemein angenommen, daß sämtliche Holzarten, außer Pappel und Weide, sich entweder gar nicht oder nur mit großen Schwierigkeiten vegetativ vermehren lassen. Zwar soll bereits vor 1900 Oberforstrat GANGHOFER in Augsburg die Bewurzelung von Fichtenstecklingen gelungen sein (HARRER 1941), und schon MAYR (1906) und BEISSNER (1909) berichten über Stecklingsvermehrungen und sonstige vegetative Vermehrungsarten der Bäume, aber noch 1918 konnte BÜHLER (1918) schreiben, daß über die Forstpflanzung der Fichte durch Absenker wenig bekannt sei. Jedoch schon um das Jahr 1930, wurde, durch die Erfolge der pflanzlichen Hormonforschung angeregt, die für die forstliche Züchtung notwendige vegetative Vermehrung von Waldbäumen näher untersucht. Erfolge auf diesem Gebiet gehörten zunächst zu den Seltenheiten. Beginnend mit den Versuchen von THIMANN (1934) und LAIBACH (1934) gelingt MIROV (1938) und KOMISSAROV (1938) die Bewurzelung von Kiefernstecklingen. DÖPP (1939) hatte mit *Pinus silvestris* und *Picea excelsa* keinen Erfolg, jedoch mit *Populus tremula*. AFANASIEV'S (1939) Bewurzelungsversuche mit Stecklingen von *Populus tremuloides*, die im Juli und August geschnitten und mit Indolylbuttersäure behandelt wurden, schlugen fehl. Dagegen hatten sie Erfolg bei der Kreuzung *Populus alba* × *Populus nivea* und bei *Betula populifolia*. Bei *Acer saccharum*, dessen Stecklinge Ende

Juli 47 Stunden mit Indolylbuttersäure (10 mg/Liter) behandelt wurden, bewurzelte sich von 660 Stecklingen nur ein einziger. PLANK (1939) bewurzelte im Januar gesteckte Stecklinge von *Pinus caribaea* mit Indolylbuttersäure und zwar mit einer Lösung von 10 mg auf einen Liter Wasser. Erfolgreich waren bisher besonders DEUBER und FARRAR (1940) mit *Picea excelsa* LINK. Behandlung der Stecklinge mit Lösungen von Indolylbuttersäure, — 2,5; 5; 10; 40; 60; 80 Milligramm je Liter Waser; — 24 Stunden lang. GRIFFITH (1940) gelang es, festzustellen, daß die Wuchsstoffe nicht gleich wirken, sondern daß jede Spezies die besten Resultate bei Anwendung bestimmter chemischer Stoffe mit Wuchsstoffcharakter ergibt. GRIFFITH bewurzelte Douglasien und Sitkafichtenstecklinge mit Vorbehandlung von Indolylbuttersäure, Indolyllessigsäure und Alpha-Naphthyllessigsäure. Für beide Holzarten wurde festgestellt, daß die Wurzeln am zeitigsten und in großer Anzahl während der Vegetationsruhezeit vom 20. Februar bis 30. März gebildet werden. LIESE (1941) schlägt für die Douglasie und Strobe vor, bereits an der Mutterpflanze die zukünftigen Stecklinge mit Wuchsstoffpaste zu behandeln. Ein Verfahren, welches schon in den USA Erfolg hatte. Nach den bisherigen Ergebnissen scheinen die verschiedenen Rassen der Douglasie nicht gleichmäßig auf Wuchsstoffe zu reagieren, vielleicht, meint LIESE, liegen erhebliche individuelle Unterschiede vor. So zeigten Stecklinge der Küsten- und Gebirgsform große Unterschiede in der Kallusbildung, obwohl sie in gleicher Weise mit Beta-Indolyllessigsäure behandelt waren. Die Küstenform reagierte positiv, die Gebirgsform dagegen negativ.

Die nachfolgenden eigenen Versuche haben den Zweck, nach neuen aussichtsreichen Methoden zur Lösung des Problems zu suchen. Es wurde besonders Wert darauf gelegt, Wuchsstoffe, Wuchsstoffkombinationen, Wuchsstoffkonzentrationen sowie Dauer der Wuchsstoffeinwir-