

(Aus dem Institut für Forstwissenschaften Eberswalde der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Zweigstelle für Forstpflanzenzüchtung Waldsiedersdorf)

Resistenzuntersuchungen vor allem über Kienzopf und Schütte an der Kiefer *

Von GERD BOLLAND

Mit 5 Textabbildungen

I. Entwicklung und Voraussetzungen der forstlichen Resistenzzüchtung

Die forstliche Pflanzenzüchtung kennt 3 Aufgabengebiete:

1. Die Züchtung auf Steigerung der Holzproduktion — Quantität.
2. Die Züchtung auf Verbesserung der mannigfaltigen Güteeigenschaften des Holzes — Qualität.
3. Die Züchtung auf erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Schäden aller Art — Resistenz.

Die Züchtung auf erhöhte Widerstandsfähigkeit — die forstliche Resistenzzüchtung — ist also eins der 3 Hauptziele forstlicher Züchtung. Die Forstpflanzenzüchtung hat praktisch erst seit einigen Jahrzehnten begonnen, und ihr Teilgebiet Resistenzzüchtung befindet sich noch ganz am Anfang der Entwicklung. Dagegen ist die Resistenzzüchtung in der Landwirtschaft, die um die Jahrhundertwende begann, in wachsendem Maße zur Hauptaufgabe der modernen Züchtung geworden, denn eine Erhöhung der Quantität ist in der Landwirtschaft heute nur noch sehr schwer zu erreichen. Im Vordergrund steht hier die Qualitätszüchtung. Wenn man die Qualitätseigenschaften nach BECKER (4) in 3 Gruppen aufgliedert, nämlich in die Qualität vom Anbau, vom Markt und von der Verwertung aus gesehen, so ist die Resistenz der einzige Begriff, der in jeder Gruppe wiederkehrt. Die Resistenz ist also hier unter dem Blickwinkel der Qualität die wichtigste Eigenschaft.

Forderungen nach Resistenzzüchtung sind aber auch in der Forstwirtschaft seit längerer Zeit bekannt. Erste Hinweise gaben 1912 ZEDERBAUER und 1913 ENGLER. REUSS stellte 1916 Sorten mit spätem Austrieb als Ziel bei der Fichte hin. 1922 verlangte FABRICIUS durch künstliche Kreuzungen frostharte, gut- und raschwüchsige, pilzfeste und gut geformte Rassen heranzuzüchten. Ähnliche Forderungen findet man dann in Deutschland vor allem bei KIENITZ 1922, LÖFFLER 1923, WETTSTEIN 1933, BAUR 1923, MÜNCH 1924, LOCHOW 1925, WOLLENWEBER 1927, KAMLAH 1929, SCHMIDT 1931, FISCHER 1931, BUSSE 1932, GEYR 1932, DENGLER 1933, BEHRNDT 1935 und HUSFELD 1936. Der planmäßige Beginn oder die Weiterentwicklung der forstlichen Resistenzzüchtung ist inzwischen zwingende Notwendigkeit geworden. Eine sinnvolle Bekämpfung mancher forstlicher Infektionskrankheiten scheint vorläufig auch nur auf genetischem Weg möglich zu sein.

Die Landwirtschaft baut ihre Züchtung auf bereits hoch entwickelten Kulturpflanzen oder auf Wildpflanzen auf, von denen man meist nur annimmt, daß sie die Ausgangspflanzen der heutigen Kulturpflanzen sind. Unser Wald dagegen besteht aus züchterisch im

wesentlichen unbearbeiteten Wildpflanzen. Selbst bei der am meisten bearbeiteten Pappel sind die ursprünglichen Ausgangstypen noch vorhanden. Unser Ausgangsmaterial ist ungemein vielfältiger und birgt wahrscheinlich auch alle Eigenschaften, die für die Resistenzzüchtung benötigt werden, in sich. Manche Arten, Variationen und Rassen der Waldbäume besitzen bestimmte Resistenzeigenschaften. Es gibt aber auch Unterschiede in den Resistenzeigenschaften gerade innerhalb einzelner Arten, Variationen und Rassen, ja innerhalb einzelner Bestände und Baumgruppen. Nicht nur die Art- und Rassenresistenz, sondern vor allem diese individuellen Resistenzunterschiede, durch die sich einzelne Baumindividuen besonders hervorheben, müssen ausgenutzt werden.

Individuelle Resistenzunterschiede, die sehr oft mit Sicherheit als erblich anzusehen sind, findet man bei allen Holzarten. Als Beispiel sei nur auf die *Pinus silvestris* hingewiesen. Bei ihr gibt es u. a. Herkunfts- und individuelle Resistenzunterschiede in der Reaktion auf Einflüsse der unbelebten Natur: z. B. in der Schattenfestigkeit und Dürrewiderstandsfähigkeit, die sich auch im Lichtbedürfnis ausdrücken (51, 60, 52, 61, 5, 7, 35, 75, 28, 17), in der Schneedruck- und Winterfestigkeit (30, 67, 51, 3), in der Resistenz gegen Frost (77, 31, 10), Wind (51) und gegen verschiedene Bodeneigenschaften. Resistenzunterschiede gegen Schädlinge der belebten Natur findet man gegenüber Kienzopf (20, 21, 32, 51, 47, 9, 40, 57, 33, 3, 50), Schütte (individuelle Unterschiede: 77, 19, 30, 45, 47, 10, 73, 5, 7, 3, 13. Rassenunterschiede: 64, 19, 46, 30, 14, 67, 31, 51, 52, 47, 76, 6, 27, 11, 12, 13, 53), Baumschwamm (7, 42), Nadelblasenrost (31), Blaufäule und anderen holzzerstörenden Pilzen (38), Hallimasch (15, 16), Forleule (69, 23), Kiefernspanner und der Erholungsfähigkeit (68, 69), Schältschäden (76) u. a.

Wenn in der Landwirtschaft die Nachkommen einer resistenten Pflanze wieder zu 100% die gleichen Resistenzeigenschaften aufweisen sollen, so wird man bei geschlechtlicher Vermehrung Selbstungen über meist 7 Generationen hinweg durchführen müssen. Für die Forstwirtschaft ist das eine viel zu lange Zeitspanne und auch aus anderen Gründen undurchführbar.

Man bedenke aber, daß ein seit vielen Jahren allen möglichen Krankheiten ausgesetzter Baum eine phänotypische Resistenz sicher weit eher auch als genetisch verankerte Eigenschaft besitzt, als es bei ähnlicher Selektion auf Widerstandsfähigkeit bei den kurzlebigen landwirtschaftlich genutzten Pflanzen der Fall sein kann. Diese Annahme wird um so überzeugender, je mehr sich ein Stamm durch seine wahrscheinlich genotypisch bedingte Resistenz aus den übrigen, ihn umgebenden, befallenen Bäumen hervorhebt. Zufälligkeiten, die zu einer nur phänotypischen Widerstandsfähigkeit führten, müssen dabei

* Nach einem Vortrag, gehalten auf der Arbeitstagung für forstliche Samen-Plantagen vom 24.—26. Okt. 1955 in Waldsiedersdorf.

so weit wie möglich beachtet werden. Die Zweigstelle für Forstpflanzenzüchtung Waldsiefersdorf hat seit einigen Jahren im diluvialen Gebiet der DDR mit der Anlage von Samenplantagen begonnen. Maßgeblich für die Auswahl der Ausleseebäume, deren Pflöpflinge in den Plantagen vereinigt werden, waren überragende Massen- und Wertleistung und volle phänotypische Resistenz. Anschließend müssen Prüfungen auf tatsächliches Vorhandensein dieser Resistenz und ihre Vererbung erfolgen, damit später genotypisch schlecht veranlagte Stämme ausgeschieden werden können. Langsamer, aber auch sicherer ist der Weg der direkten gelenkten Neuzüchtung resistenter Formen mittels verschiedener Züchtungsmethoden. Hier sind ähnliche Resistenzprüfungen an den Eltern, den Neuzüchtungen und ihren sexuellen und vegetativen Weitervermehrungen erforderlich.

Die Nachteile dieser forstlichen resistenzzüchterischen Arbeiten gegenüber der landwirtschaftlichen Resistenzzüchtung liegen hauptsächlich in der weitgehenden Heterozygotie der Waldbäume, dem späten Eintritt der Blühreife für die Durchführung von Kreuzungen und der erst spät möglichen endgültigen Aussage über einen Züchterfolg. Demgegenüber stehen im wesentlichen die Vorteile eines günstigen Ausgangsmaterials, der jahrelangen Wiederholungsmöglichkeit der Kreuzung gleicher Eltern, und der Tatsache, daß die gesamte Bestockung nicht unbedingt alle guten Eigenschaften zu besitzen braucht. Der Hauptertrag ergibt sich aus einer geringen Zahl von Endnutzungsstämmen, die zahlenmäßig nur einen Bruchteil des Ausgangsmaterials ausmachen, so daß ein Teil der schlechten Erbträger und der wenig leistenden Stämme auf dem Wege der Vornutzung schon sehr frühzeitig entnommen werden kann.

Die Voraussetzungen für eine forstliche Resistenzzüchtung sind bei Schäden organischer Natur, hier den pflanzlichen Infektionskrankheiten, genaue Kenntnisse über:

1. Die Infektion. Die Bedingungen für eine künstliche Infektion werden bei den speziellen Untersuchungen über Kienzopf und Schütte noch genauer behandelt.

2. Die Infektketten. Wie gelangt der Erreger zum Wirt hin? Die Kenntnis dieser Frage ist unerläßlich als Vorbedingung für die eigentliche Infektion.

3. Den Erreger — vor allem seine parasitische Eignung. Darunter fällt besonders die Spezialisierung des Erregers, dessen mögliche Rassenaufspaltung in diesem Abschnitt gestreift und später bei Kienzopf und Schütte eingehender besprochen wird.

4. Den Wirt — vor allem seine Krankheitsbereitschaft. Die ontogenetische Verschiebung dieser Bereitschaft, ihre Beeinflussung durch Pflöpfungen und die Ursachen der Resistenz werden im folgenden kurz erläutert und bei den 2 untersuchten Krankheiten auch im einzelnen dargestellt.

5. Das parasitische Verhältnis — die Krankheit. Deren allgemeine Gegebenheiten und Manifestationen sind bei den bedeutenden forstlichen Infektionskrankheiten weitgehend bekannt.

Verschiedene Punkte dieser Voraussetzungen, die hier nicht weiter aufgegliedert wurden, werden bei den 2 speziell untersuchten Krankheiten noch genauer

besprochen. Im allgemeinen herrscht bei den forstlichen Wirtspflanzen und Erregern ebenso wie bei den Schäden anorganischer Natur wie Frost, Dürre, Sturm, Gase usw. noch sehr mangelhafte Kenntnis über die Gesamtheit dieser Voraussetzungen. Einige der wichtigsten Voraussetzungen der forstlichen Resistenzzüchtung, die besonders für die anfänglich erwähnten Prüfungen auf tatsächliches Vorhandensein der Resistenz und ihre Vererbung wesentlich sind, sollen anschließend kurz erläutert werden.

Eine Erschwerung der Resistenzzüchtung liegt auf Seiten des Erregers vor allem in seiner Rassenaufspaltung. Wenn z. B. die Resistenz gegen eine Rasse gezüchtet ist, so kann sich später eine andere Rasse mit desto größerer Aggressivität bilden. Beim Schwarzrost des Weizens ergaben sich in 25 Jahren etwa 200 neue Rassen (59). Wo die Anzucht von Einsporokulturen möglich ist, zeigen bisherige Untersuchungen, daß sich dann fast alle Kulturen des gleichen Erregers irgendwie voneinander unterscheiden. Sie können vor allem, wenn auch nur im geringem Umfang eintretend, unterschiedliche parasitische Eigenschaften haben, aus denen sich neue Befallsmöglichkeiten ergeben. In der Forstwirtschaft ist dieses Problem bisher kaum beachtet worden. Es gibt jedoch Hinweise, z. B. auf einige Rassen beim Lärchenkrebspilz (56) und der Umfallkrankheit, die vor allem an der Douglasie auftritt. Der Kiefernadelrost weist eine ganze Reihe von Rassen auf, deren Äzidiosporen sich jeweils nur auf einem ganz bestimmten Zwischenwirt — nur auf *Senecio*, nur auf *Tussilago* usw. — entwickeln können (20, 34). Beim Kienzopf wird noch speziell darauf eingegangen.

Die Prüfung auf das tatsächliche Vorhandensein und die Vererbung der Resistenz kann u. a. durch künstliche Infektion an frei abgeblühten Absaaten der auf Widerstandsfähigkeit ausgelesenen Bäume durchgeführt werden. Dann wird man aber nur ungefähre Aussagen machen können, z. B. daß der Resistenzfaktor sich dominant vererbt. Meist erweist sich die Widerstandsfähigkeit im Erbgang auch als dominant. Sicherer ist die Prüfung zunächst an Stecklingen und Pflöpfungen und später an gelenkten Kreuzungen. Dabei liegt eine Schwierigkeit in der ontogenetischen Verschiebung der Krankheitsbereitschaft des Wirtes, die von GÄUMANN (16) besonders hervorgehoben wurde. Es besteht nämlich oft eine unterschiedliche Anfälligkeit verschiedener Lebensalter und Entwicklungsstadien, die man als Phasendisposition bezeichnet. Ihre Bedeutung für die Forstpflanzenzüchtung stellte SCHRÖCK (66) klar heraus. Die Phasendisposition bedeutet u. a., daß man nur Stecklinge und Pflöpflinge gleichen Entwicklungsstadiums und gleichen Lebensalters vergleichen kann. Die Prüfung muß an Material von Bäumen vorgenommen werden, die sich gerade im anfälligsten Alter befinden, wenn man die wirklich resistenten finden will, usw.

Da sich Stecklinge nur bei wenigen Holzarten bewurzeln, wird man die Prüfung zunächst meist an Pflöpfungen durchführen müssen. Bei Pflöpfungen ist eine gegenseitige Beeinflussung von Pflöpfreis und Unterlage möglich. Eine Beeinflussung der Unterlage durch das Reis ist bisher noch nicht mit Sicherheit bewiesen. Das ist für die Resistenzprüfung auch nur von geringem Interesse, da die Reaktions-

norm des Pfropflings selbst zu prüfen ist. Eine Veränderung der Krankheitsbereitschaft des Reises durch die Unterlage ist dagegen schon häufiger aufgetreten. Vor allem kann dies der Fall sein, wenn Reis und Unterlage hinsichtlich der Art und Wüchsigkeit disharmonisieren. Durch die Veränderung des Stoffwechsels gelangen z. B. Resistenzstoffe des einen Partners zum anderen. Die Vitalität des Reises wird geschwächt. Eine Umstimmung der Reaktionslage ist möglich. Wüchsigkeit, Verfestigung der Gewebe, Entwicklungszeit und Lebensdauer sind dadurch Veränderungen unterworfen. Das läßt in jedem Fall eine Verschiebung der Krankheitsbereitschaft des Reises zu. Außerdem kann der anfällige Entwicklungsabschnitt, der beim Baum nicht mit dem Sporenangebot der Infektionskrankheit übereinstimmte, bei seinem Pfropfreis durch den Unterlageneinfluß jetzt damit zusammen treffen. Bei Infektionen beider Partner, wobei z. B. die Unterlage befallen wird, das Reis sich jedoch als befalls- und eindringungsresistent erweist, wird dieses trotzdem nachträglich erkranken können, weil die Unterlage die Toxine des Erregers weitergibt. Das Reis war also lediglich nicht toxinresistent und würde unter normalen Umständen nie befallen werden. Andererseits bleiben die Resistenzeigenschaften auch erhalten, wie u. a. nach LARSEN (37), der feststellt, daß bei der Douglasienschütte keine Veränderung der Reaktionsnorm durch die Pfropfung bei Unterlage und Reis eintritt.

Im Hinblick auf die Krankheitsbereitschaft des Wirtes sei noch auf die Ursachen der Resistenz aufmerksam gemacht. Dabei können im wesentlichen bisher nur Beobachtungen angeführt werden. Wenn man sich nach dem Einteilungsschema SCHWERTFEGERS (70) richtet, so sind die Gründe für eine Resistenz passiver Art, nämlich mechanisch, chemisch und physiologisch oder aktiver Art.

Mechanische Resistenzursachen ergeben sich z. B. aus dem Auftreten dickerer Borke: So sind krebsanfällige Pappeln im allgemeinen glattrindiger (26). Die Schuppenkiefer ist widerstandsfähiger gegen Baumschwamm als die Plattenkiefer (7). In der Jugend dünnborkige französische Kiefern werden zu diesem Zeitpunkt mehr geschält als andere Herkünfte (76). Dünnborkige Buchen leiden mehr unter Sonnenbrand (70) usw.

Als chemische Resistenzursachen sind folgende Beispiele anzusehen: Es sollen Zusammenhänge zwischen dem Trockensubstanzgehalt der Kiefer sowie ihrer Winterfestigkeit und Klimahärte bestehen (35). Größerer Harzgehalt behindert die Wachstumsgeschwindigkeit des Baumschwammes (42) und den Befall durch Forleule, Kiefernspanner, Borkenkäfer und Wurzelschwamm (70). Von der Nonne verschonte Fichten besaßen angeblich besonders viel Terpentin (55) usw.

Physiologische Resistenzursachen findet man in folgenden Beispielen: Spättreibende Douglasien werden kaum von *Rhabdochline* befallen (41), spättreibende Fichten weniger von der Nonne (58). Spättreibende Kiefern haben weit geringeren Befall von der Forleule, spättreibende Tannen von der Tannentrieblaus (70). Spättreibende Eichen sind resistenter gegen den Eichenwickler (22). Auf die in jedem Fall geringere Spätfrostgefahr brauche ich dabei wohl kaum noch hinzuweisen usw.

Resistenzursachen aktiver Art sind z. B.: Gegen Steinkohlenrauch widerstandsfähigere Fichten wehren sich durch vermehrte Wachsausscheidungen aus den Nadeln (18). Andere Untersuchungsergebnisse finden genau das Gegenteil (78). Auch die Abgrenzungs- und Abschuppungsreaktionen von gegen Hallimasch resistenten Bäumen gehören hierher (16). Bei der Besprechung des Kienzopfes wird noch ein weiteres Beispiel aktiver Resistenz erwähnt.

GÄUMANN (16) zerlegt die von der negativen Seite her betrachtete Krankheitsbereitschaft der Wirte ebenfalls in passive Resistenz — mangelnde Eignung — Axenie — und aktive Resistenz — mangelnde Geneigtheit — die nach den Abwehrreaktionen beurteilt wird.

Nach Art und Ort der Wirksamkeit der Axeniefaktoren unterscheidet GÄUMANN jetzt aber Befalls-, Eindringungs-, Ausbreitungs- und Toxinresistenz.

Bei der Befallsresistenz wären die vorher unter der physiologischen Resistenz erwähnten Beispiele anzuführen, bei der Eindringungsresistenz Beispiele mechanischer, bei der Ausbreitungsresistenz Beispiele chemischer Resistenz.

Die Abwehrreaktionen gliedert GÄUMANN nach dem Objekt, dem sie vorzugsweise gelten, in antiinfektionelle und antitoxische Abwehrreaktionen und in die induzierte Toleranz.

Schon angeführte histogene Demarkationen als Faktoren antitoxischer Abwehrreaktionen findet man bei den gegen Hallimasch resistenten Bäumen.

Alle diese Faktoren, deren Gesamtheit nur gestreift werden konnte, können einzeln, meist aber mehrere zusammen, wirksam werden. Sie fließen oft kaum trennbar ineinander.

Weitere Gründe für die Problematik der Resistenzzüchtung sollen hier nicht angeführt werden. Es harren jedenfalls noch viele Aufgaben auf ihre Lösung. Die dringendste Forderung der forstlichen Resistenzzüchtung ist die Entwicklung von Serienschnellmethoden zur Beurteilung der Resistenz und ihrer Vererbung, wie sie analog für die Züchtung auf Quantität z. B. im Keimlingstest von SCHRÖCK und STERN (65) schon teilweise erarbeitet wurden. Die Voraussetzungen dieser Resistenzprüfungen sind eben angedeutet worden. Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten.

II. Resistenzuntersuchungen an der *Pinus silvestris* über *Peridermium pini* und *Lophodermium pinastri*

Im Diluvium der DDR, dem Gebiet, das unsere Zweigstelle bearbeitet, wurden zahlreiche Auslesebäume aller Holzarten, insbesondere aber Kiefern zur Errichtung von Samenplantagen ausgewählt. Die Auslese geschah in Hinsicht auf besondere Quantität, Qualität und auch volle phänotypische Resistenz. Diese Resistenz muß auf tatsächliche Wirksamkeit und Erblichkeit überprüft werden. Folgende Untersuchungen wollen Versuche zur Erarbeitung einer Resistenzprüfungsmethode, hauptsächlich der Infektionsmethodik und weiterer Erkenntnisse über Voraussetzungen der resistenzzüchterischen Bearbeitung der Kiefer, gegen ihre beiden größten Feinde Kienzopf und Schütte sein. Da Stecklinge, Pfropflinge und gelenkte Kreuzungen fehlten, wurden zu-

nächst Einzelstammabsaaten einer großen Zahl von Kiefern daraufhin untersucht.

1. Resistenzuntersuchungen über den Kienzopf (*Peridermium pini*)

a) Bisherige Resistenzuntersuchungen

Der Kienzopf wird seit 1788 in der Literatur behandelt. Er tritt in 2 biologischen Arten auf. Als *Cronartium asclepiadeum* mit Zwischenwirten ist er forstlich unwichtig. Als *Peridermium pini* ohne Zwischenwirte ist er dagegen einer der bedeutendsten Schädlinge älterer Kiefern. Er tritt im wesentlichen an der *Pinus silvestris* auf. Das Bestehen einer besonderen finnischen Form wird von LIRO (44) behauptet. Der Verlauf der Krankheit ist heute weitgehend geklärt. Eine Bekämpfung ist bisher nur durch Aushieb möglich. Der einzige brauchbare Ausweg ist die Resistenzzüchtung. Ob ein auf den Äzidien parasitierendes *Verticillium* (8) als biologisches Bekämpfungsmittel erfolgreich angewendet werden kann, ist wohl sehr zweifelhaft.

Die erste künstliche Infektion gelang HAACK 1907 (20), wodurch er bewies, daß beim *Peridermium pini* für die Übertragbarkeit kein Zwischenwirt notwendig ist. Individuelle Unterschiede in der Anfälligkeit beschrieben zuerst HAACK 1914 (20) und 1916 (21), KLEBAHN 1918 (32), MÜNCH 1923 (51), MÖLLER 1923 (47), DENGLER 1930 (9), LIESE 1930 (40), ROEDER 1930 (57), KLEBAHN 1938 (33), Schwedische Untersuchungen 1952 (3) und MÜLDER 1953 (50). LIESE (40) und ROEDER (57) meinten sogar Provenienzunterschiede zu finden. MÜLDER (50) hielt eine Entwicklung des Anfälligkeitsgrades für individuell, die Vererbung der Anfälligkeit jedoch für fraglich. Diese Vererbung untersuchte LIESE schon 1936 (43) an einer geringen Zahl infizierter Kreuzungsnachkommenschaften. Im nächsten Abschnitt wird noch darauf eingegangen. Die Disposition ist nach MÜLDER (48, 49, 50) vor allem vom Alter abhängig. Alle Herde verhalten sich gleich. Der Befall beginnt etwa bei der 7jährigen Kiefer und steigt dann an, erstreckt sich also allmählich auf immer mehr Individuen. Das Hauptstadium des Befalls findet sich an 30—60jährigen Kiefern. Dann geht die Anfälligkeit wieder zurück. Das bedeutet, daß die Krankheitsbereitschaft anfälliger Kiefern gegenüber Kienzopf weitgehendst auf inneren Ursachen, nämlich einer ontogenetischen Verschiebung der Reaktionslage, der sogenannten Phasendisposition beruht. Bei natürlicher Infektion gibt es eine gewisse, wenn auch nicht ausschließliche Jugend- und Alterswiderstandsfähigkeit, während im mittleren Lebensalter verstärkte Anfälligkeit herrscht. Weiterhin sollen Güte des Standortes und des Bestandes und Schneebruch Faktoren für eine günstige Disposition sein (50). Für das Gelingen der Infektion und das Keimen der Sporen ist natürlich eine gewisse Feuchtigkeit notwendig, was besonders von HAACK (20) betont wurde. Über die Ursache der Resistenz ist noch nichts bekannt. Vielleicht lassen sich Parallelen zum Strobenblasenrost finden. Hier riegeln nach STRUCKMEYER und RIKER (63) resistente Stroben infolge besonderer Beschaffenheit des Wundperiderms Infektionen stärker durch Korkbildung ab — ein Beispiel aktiver Resistenz. Nach GÄUMANN (16) kommt pathologischen Harzausscheidungen, wie z. B. bei *Cronartium ribicola*, kein Abwehrcharakter zu, da Harzfluß den betreffenden Erreger nicht behindert.

b) Eigene Untersuchungen. Methode und vorläufige Ergebnisse

Von früher in der Waldsiewersdorfer Umgebung ausgesuchten alten Kiefernzuchtbäumen legte SCHRÖCK mehrere Jahre wiederholt statistische Versuchsprüfungen auf verschiedene Faktoren mittels Einzelstammabsaaten bis zum Jahre 1953 an. Da nicht alle Pflanzen hierfür nötig waren, konnte von fast jeder Absaat ein Teil zu Resistenzuntersuchungen verwendet werden. So sind 1952 gesäte Kiefern 1953 in 2 Frühbeetlagen gepflanzt worden. In Ermangelung von Pflanzlingen, Stecklingen und gelenkten Kreuzungen geschah ein Infektionsversuch mit schon erwähnter Zielsetzung. Von 299 Kiefern standen im Durchschnitt bis 10 frei abgeblühte Nachkommen zur Verfügung. Infektionen erfolgten am 11. und 12. 6. 53 an 2624 einjährigen Kiefern. Um die für alle etwa gleichen Umweltbedingungen noch günstiger zu gestalten, wurden die Lagen in bestimmten Abständen gesprengt.

Künstliche Infektionen sind zuerst von HAACK (19) ausgeführt worden. Er brachte 1906—1911 an 72 Kiefern von 8—35 Jahren 200 Infektionsstellen an. Erfolge hatte er nur an Zweigen älterer bereits befallener Kiefern. Nach MÖLLER (47) glückten dann 1919/20 auch Infektionen an einigen Jungkiefern aus ausgesuchtem Material. KLEBAHN (32, 33) gelangen zunächst auch keine Infektionen, bis er nach Angaben von MÖLLER und HAACK junge Kiefern infizierte, die aus dem Samen kienzopfkranker Bäume stammten. Ebenso erging es LIESE (39). Bei ihm zeigten sich Fruktifikationen auch nur nach Infektionen bereits befallener Stangenholzkiefern. Er kreuzte darauf befallene und nicht befallene Kiefern und führte 1933 an ihren Nachkommen künstliche Infektionen durch (43). 1935 waren die Befallsprozente noch ziemlich gering, 1936 jedoch stärker. Von 13 Nachkommen kienzopfkranker Eltern waren 1936 9 = 69% befallen. Von 23 Nachkommen kienzopffreier Eltern waren nur 4 = 17% befallen. Das ließ gewisse Schlüsse auf die Erblichkeit der Anfälligkeit zu.

Ich arbeitete bei den Infektionen mit getrenntem Sporenmaterial von 7 verschiedenen Bäumen. Infektionen erfolgten außer an den 1jährigen Kiefern in den Lagen auch im Freiland an 263 6jährigen, 60 5jährigen, 60 3jährigen und 60 2jährigen Kiefern. Auch ältere Stämme sind infiziert worden, um möglicherweise Befallsunterschiede nach dem Alter zu erhalten. Es wurden stets Nadeln, der dies-, ein- und mehrjährige Trieb und der Stamm in verschiedenen Höhen und Richtungen infiziert. Bei den einjährigen Kiefern konnten natürlich nur die diesjährigen Triebe infiziert werden. Die Infektionen geschahen durch Bestreuen, hauptsächlich aber durch das Einbringen der Sporen in kleine künstliche Verletzungen.

Nur wenn die Sporen in kleine Verletzungen der diesjährigen Triebe geimpft wurden, kam es zur Äzidienbildung, und zwar sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren Kiefern (Abb. 1—5). Dies ist entgegen der allgemeinen Meinung bisher lediglich von MÖLLER (47) einmal betont worden. Bis jetzt in der Literatur angeführte Infektionserfolge erzielte man bei meist wahlloser Infektionsmethode. Infektionspforte des Pilzes ist also nur der junge, diesjährige Mai-Junitrieb. In der freien Natur geht der Befall also wahrscheinlich über Verletzungen der Jungtriebe anfälliger Kiefern, wenn die Umweltbedin-

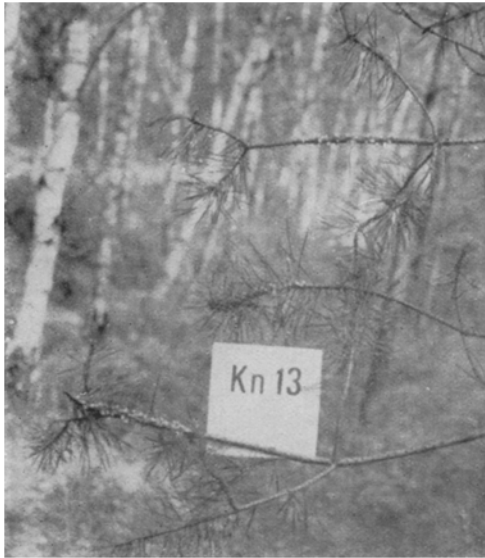


Abb. 1. Kienzopffruktifikationen mittlerer Entwicklung am 7. 6. 55 an Seitenzweigen einer anfälligen Stangenholzkiefer. Die Blüte folgte auch hier nur der künstlichen Infektion von frischen Mai-Junitrieben frühestens nach 2 Jahren.

gungen dies zulassen, und nicht wie bei *Cronartium asclepiadeum* (16) durch die Spaltöffnungen oder die Kutikula der Nadeln. Ein weiterer Beweis dafür, daß Rostpilze im allgemeinen zunächst nur assimilierendes, nicht verholztes Grundgewebe besiedeln. Nach einem Jahr wies nur eine Pflanze in den Lagen verfrühte Äzidenbildung auf (Abb. 2—3). Auch MÖLLER (47) hatte nur einmal schon nach einem Jahr äußere Befallsmerkmale an einer infizierten Jungkiefer. Über die Befallsverhältnisse 1955, also nach 2 Jahren, möchte ich an dieser Stelle nur einige Zahlen und Folgerungen bringen. Eine umfassende Auswertung soll erst nach den nächstjährigen Fruktifikationen erfolgen.

Als ausschlaggebendes Merkmal für die Anfälligkeit wurden die Fruktifikationen bewertet. Die Fruchtformen zeigten, wenn sie nach 2 Jahren auftraten, stets mittlere und üppige Entwicklung (Abb. 1, 4, 5). Der



Abb. 2. Nur einmal trat nach über 3000 Infektionen im Freiland bereits nach 1 Jahr eine verfrühte Äzidenbildung auf. Die Aufnahme wurde am 26. 8. 54 gemacht. Zu dieser Zeit sind sonst bei der normalen Kienzopfbüte die Sporen seit langem ausgeflogen und höchstens noch Hautreste der Blasen vorhanden. Diese Blüte lieferte keine infektionsfähigen Sporen.

einzigste Fall einer fruktifikationsähnlichen Erscheinung bereits 1 Jahr nach der Infektion an einer 2jährigen Kiefer bildete auch in der Entwicklung der Äziden eine Ausnahme (Abb. 2 und 3). Die zunächst als anfällig bewerteten Pflanzen besaßen also alle bis auf eine Ausnahme eine Fruktifikationszeit von 2 Jahren. Wenn man das Krankheitsbild nach einem Bonitierungschema mit international verwendeten Kennziffern nach STAKMANN und LEVINE 1922 (72) kennzeichnet, so entsprechen alle befallenen Pflanzen den Typen 3 und 4. Das bedeutet, daß sie anfällig bis hochanfällig sind. Die nicht befallenen Kiefern sind danach als immun bis hochresistent zu bezeichnen.

Von den 299 Nachkommenschaften fand sich nach 2 Jahren in 53 = 17,7% Kienzopfbefall. Wenn man berücksichtigt, daß in jeder Nachkommenschaft mit verschiedenem Sporenmaterial gearbeitet wurde, so



Abb. 3. Diese Aufnahme verdeutlicht noch einmal die äußerst seltene Tatsache, daß eine als 1-jährig künstlich infizierte Kiefer schon nach 1 Jahr als 2-jährige Äzidenbildung aufweist. Auch hier trat die Äzidenbildung nach künstlicher Infektion des grünen Mai-Junitriebes auf.

ergibt sich bei dem nur mit gleichem Material geimpften Teil aller befallenen Nachkommenschaften, bezogen auf erkrankte Individuen, im geringsten Fall eine Anfälligkeit von 29,2%, im höchsten eine von 50% und im Durchschnitt eine von 33,5% (Abb. 4 und 5). Zieht man die durch anderes Sporenmaterial nicht zum Befall gebrachten Pflanzen mit heran zur Auswertung, so sinkt der Befallsgrad. Dann ist der niedrigste Befall innerhalb einer befallenen Einzelstammabsaat 13,3%, der höchste 18,1% und der durchschnittliche 16%. Da die Infektionen in den Lagen, also im Freiland erfolgten, waren Isolierungen nicht möglich, wenn mit verschiedenem Sporenmaterial gearbeitet wurde. Die Möglichkeit eines Überfliegens der Sporen und auch der Zutritt fremder Sporen war somit gegeben. Aus der Art der künstlichen Infektion und der außerordentlich schnellen Verharzung der Infektionsstellen ergibt sich aber nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für diese Möglichkeit. Es sind also wohl doch gewisse Unterschiede auch auf Grund des verwendeten

verschiedenen Sporenmaterials anzunehmen. Näheres darüber soll wegen der Unsicherheitsfaktoren und vor allem auch wegen noch zu wenig aufgetretener Fruktifikationen nicht berichtet werden. Letalität und damit natürlich auch Mortalität als Ausdruck der Heftigkeit des Befalls sind jetzt 2 Jahre nach der Infektion noch zu gering, um Schlüsse daraus zu ziehen. Der Befallsgrad wird sich in den nächsten Jahren sicher noch erhöhen. Wieweit die Anfälligkeit der Nachkommenschaften der Mutterbäume entspricht, wird noch untersucht. Ob sich der Resistenzfaktor dominant vererbt, wird sich mit Sicherheit erst in den nächsten Jahren zeigen.

Das Ziel einer brauchbaren Infektionsmethode scheint damit erreicht zu sein. Außerdem bestätigt sich die individuelle Anfälligkeit. Mit künstlichen Infektionen ist in allen Altersstufen Befall bei Nichtresistenten zu erzielen. Die anscheinend nicht allzu fest verankerte Phasendisposition kann also durchbrochen werden. Da junge Kiefern trotz Altersanfälligkeit eine gewisse Jugendresistenz besitzen, so wird bei erfolgreicher Jugendinfektion die Wahrscheinlichkeit auf besonders hohe Anfälligkeit im Alter groß. Eine Auslese der Hochanfälligen ist also schon in der Jugend durch künstliche Infektion möglich. Neue Sporen werden frühestens 2 Jahre nach der Infektion im Freiland gebildet. Die Fruktifikationszeit beträgt also im günstigsten Falle 2 Jahre. Da als Infektionsweg für den Pilz nur Mai-Junitriebe in Frage kommen, sind alle Stammherde alt. Sie sind durch Wanderung des Pilzes von den Trieben her entstanden, wenn nicht der Mitteltrieb selber als junger Trieb befallen wurde.

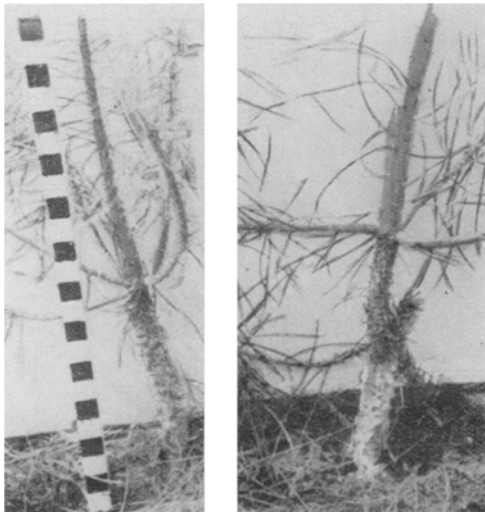


Abb. 4. 2 nebeneinanderstehende 3-jährige Pflanzen der stark befallenen Nachkommenschaft des Mutterbaums Nr. 265 mit üppig fruktifizierendem Kienzopf am 11. 6. 55. Eintritt der Blüte 2 Jahre nach der Infektion.

2. Resistenzuntersuchungen über die Kieferschütte (*Lophodermium pinastri*)

a) Bisherige Resistenzuntersuchungen

Die Schütte wird seit 1794 erwähnt. Schon 1852 machte GÖPPERT einen Pilz dafür verantwortlich, fand aber überall Ablehnung. Seit HAACKS (19) grundlegenden Untersuchungen über den Ablauf der Schüttekrankheit gibt es darüber bis heute kaum et was hinzu-

zusetzen. Über eine Rassenaufspaltung ist bisher nichts bekannt geworden. Interessant ist, daß die Schütte nicht nur der gefährlichste Feind der Kultur ist, sondern auch im Stangenholzalter mitunter noch stark schädigend auftritt (1, 2). Als sogenannte Alt-

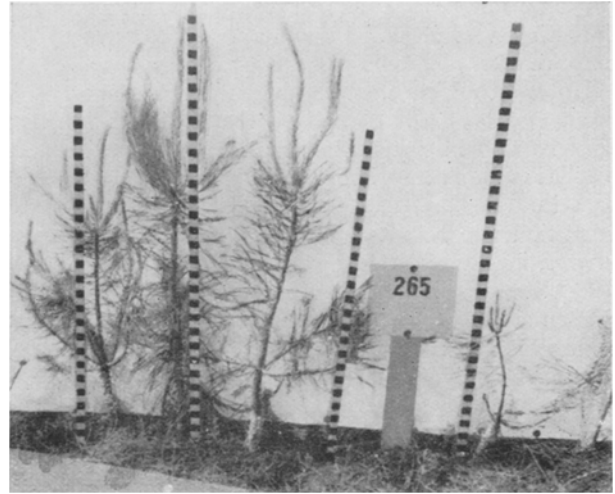


Abb. 5. Mehrere 3-jährige Kiefern mit üppig fruktifizierendem Kienzopf der stark anfälligen Nachkommenschaft Nr. 265, von der bis 1955 die Hälfte der Pflanzen Kienzopffruktifikationen zeigte. Wiederum ist deutlich sichtbar, daß der jetzt 2-jährige Sproßabschnitt die Aezidien aufweist. Die Fruktifikationszeit beträgt also 2 Jahre. Es bestätigt sich, daß Fruktifikationen nur stattfinden, wenn der Jungtrieb infiziert wird.

holzschütte verursacht sie auch an alten Kiefern gewisse Zuwachsverluste und dient, wenn auch nur in sehr geringem Umfang, der Ferninfektion für benachbarte Jungkiefern. Die befallenen Altholznadeln entwickeln nämlich nur selten sporenwerfende Apothecien. Absolut schüttestfest sollen *Pinus murrayana* (25) und *resinosa* (24), ziemlich resistent soll *Pinus montana* sein, was auch DENGLERS (12) Untersuchungen bewiesen. Befallen werden auch Schwarz-, Banks-, und Zirbelkiefern (24). Über individuelle und wahr-scheinlich erbliche Unterschiede berichteten zuerst ZEDERBAUER 1912 (77), über zurückliegende Beobachtungen HAACK 1911 (19), KIENITZ 1911 (30), LOCHOW 1929 (45), MÖLLER 1929 (47), DENGLER 1932 (10), WETTSTEIN und BEHRNDT 1934 (73), BEHRNDT 1935 (5), BUSSE 1936 (7), Schwedische Untersuchungen 1952 (3) und DENGLER 1955 (Nachlaß, 13). Auf Provenienzunterschiede im Schüttestbefall wiesen zuerst SCHOTT 1904 (64), HAACK 1911 (19), MAYR 1911 (46), KIENITZ 1911 (30), ENGLER 1913 (14), HERMANN 1914 (67), SCHWAPPACH 1914 (67) und KIENITZ 1922 (31), der die grundlegenden Unterschiede verschiedener Herkünfte in Chorin beschrieb, die nach DENGLER (11, 12) auch in der 2. Generation blieben. Provenienzunterschiede im Schüttestbefall beschrieben weiterhin vor allem MÜNCH 1923 und 1925 (51, 52), MÖLLER 1929 (47), WIEDEMANN 1930 (76), BURGER 1931 (6), KALELA 1937/38 (27), DENGLER 1938, 1939, 1955 (11, 12, 13) und MÜNCH 1949 (53). Zusammengefaßt ergibt sich daraus, daß die Kiefern nordischer Herkunft, z. B. aus Norwegen, Nordschweden, Finnland, Schottland usw., wesentlich weniger befallen werden als die südlichen Herkünfte. Von diesen sind wiederum die östlichen Rassen, z. B. aus Ostpreußen, weniger anfällig als die westlichen, z. B. aus Frankreich, und die südlichen, z. B. aus Ungarn. Die Gründe für eine Resistenz sind noch unbekannt. STROHMEYER (62) weist auf die möglichen

Zusammenhänge zwischen Frost-, Trocken- und Schütte-resistenz hin. Die Resistenz ist seiner Meinung nach außer von anderen Faktoren vielleicht auch vom Säuregrad des Zellsaftes abhängig. Die Vererbung der Resistenz ist nach LANGNER (36) möglicherweise plasmatisch bedingt. Nach WETTSTEIN (74) ist die Schütte-resistenz auf Grund der Befallsgrade bei künstlicher Infektion vielleicht auf dominante Faktoren zurückzuführen.

Unter den Umweltbedingungen für die Sporenkeimung und das Fußfassen der Infektion bei jungen Kiefern sind in erster Linie die Feuchtigkeitsverhältnisse entscheidend. So begünstigen alle Umwelteinflüsse, die das Mikroklima feucht halten, die Infektion wie Kraut- und Graswuchs, hohes Grundwasser, im Keller Stehen der Pflanzen, ihre Randstellung, Stellung im Nordsaum u. ä. Makroklimatisch wirken sich besonders feuchte Frühjahre und feuchte Sommer aus. Auf die Menge der Sporen haben hauptsächlich positiven Einfluß starker vorjähriger Befall, milde und feuchte Winter, die das Wachstum der überwinterten primären ascogenen Hyphen fördern, und klimabedingtes frühzeitiges Auftreten von Apothezien mit weiteren günstigen Entwicklungsbedingungen. Abgesehen von einer möglichen Veränderung der parasitischen Disposition des Pilzes ist die umweltbedingte Krankheitsbereitschaft des Wirtes von großer Bedeutung. Die Disposition des Wirtes für den Befall wird besonders gesteigert, wenn innerhalb des an sich feuchten Frühjahres plötzliche Trockenzeiten einen gewissen Welkezustand der Nadeln hervorrufen, und Nachfröste die Wasserzufuhr beeinträchtigen. Innere Ursachen der Disposition liegen sicherlich in einer wahrscheinlichen ontogenetischen Verschiebung der Krankheitsbereitschaft, der Phasendisposition. Man findet eine weitgehende Jugendanfälligkeit und Alterswiderstandsfähigkeit. Während vor allem die diesjährigen Nadeln der bis etwa 7jährigen Kiefern infiziert werden, kann die Schütte den gesunden diesjährigen Altholznadeln kaum etwas anhaben. Beim Altholz erfolgt der Befall meist erst an geschwächten und absterbenden älteren Nadeln. Da es sich jedoch hauptsächlich um den Befall junger meristematischer Gewebe handelt, die unter günstigen Umständen auch bei alten Bäumen infiziert werden, ist die Schütte in dem Sinne keine echte phasenspezifische Jugendkrankheit. Auf den Verlauf der Krankheit haben wiederum Klimafaktoren entscheidenden Einfluß. Gelegentliche Hitze und dadurch bewirkte Schlaffheit der Nadeln fördern das Pilzwachstum. Die notwendige Feuchtigkeit darf natürlich auf die Dauer nicht fehlen. Die Temperatur steigert präinfektionell die Vitalität des Pilzes, der etwa ab 0° gedeihen kann, bei höheren Graden aber besonders gefördert wird. Plötzliche hohe Temperaturen schwächen präinfektionell den Wirt für die Infektion, und postinfektionell begünstigen sie das Pilzwachstum.

Die Keimschläuche der Sporen können nach Angaben von HAACK (19) und GÄUMANN (16) lediglich durch die Spaltöffnungen eindringen, während PRANTL (54) auch ein Eindringen durch die Epidermis behauptet.

Richtige Begründung und Pflege der Kulturen sind vorbeugende Maßnahmen. Die Bekämpfung erfolgt hauptsächlich durch die von OSTERHOLD und BECK eingeführte und von STUMPF als Heilmittel erkannte

Bordelaiser Brühe. Neuerdings kann auch ein organisches Fungizid Dithane angewendet werden. Die Bekämpfung erwies sich aber bisher als teuer, schwierig und meist ohne ausreichenden Erfolg. Hinzu kommt noch, daß die sonst nur sehr selten gleichzeitig auftretenden Voraussetzungen für das Entstehen einer Epidemie bei der Kiefernscütte häufiger zusammen-treffen. Die günstigsten Möglichkeiten für eine Bekämpfung bietet auch hier die Resistenzzüchtung.

b) Eigene Untersuchungen. Methode und vorläufige Ergebnisse

In Ermanglung von gelenktem Kreuzungsmaterial, Stecklingen und Pfropflingen wurden von den gleichen Bäumen, deren Nachkommen bereits auf Kienzopf-anfälligkeit untersucht werden, die Resteinzelstamm- absaaten zur Prüfung der Schütterresistenz mit schon erwähnter Zielsetzung verwendet. Die Auspflanzungen erfolgten wiederum in Frühbeetlagen. Es waren durchschnittlich bis 10 Nachkommen pro Mutterbaum vorhanden.

Die künstlichen Infektionen geschahen durch gleichmäßiges, dichtes Unterstreuen befallener Nadeln, wie es bereits früher wohl ähnlich von WETTSTEIN, BEHRNDT und DENGLER ausgeführt worden war. Die Nadeln stammten von besonders stark befallenen Kulturen ohne Rücksicht auf das mögliche Vorhandensein verschieden aggressiver Rassen. Die Infektionen sind in 3 Jahren in verschiedener Stärke unter Berücksichtigung der ungefähren Menge sporentragender Apothezien ausgeführt worden, um die günstigste Stärke der Infektion zu finden. Die Umweltverhältnisse konnten in den Lagen in einem gewissen Umfang gesteuert werden.

1952 erfolgten künstliche Infektionen und anschließende Befallsbonitierungen an rund 2600 1jährigen Nachkommen von 339 Zuchtbäumen. Diesen Infektionsversuch hatte SCHRÖCK eingeleitet und mir zur Weiterbearbeitung übergeben. 1953 sind erneut von 342 Zuchtkiefern rund 2800 1jährige Nachkommen infiziert und 1954 bonitiert worden. Diese Pflanzen wurden 1954 zum zweiten Male infiziert und 1955 bonitiert. Außerdem sind 1954 von 291 Zuchtkiefern rund 1650 Nachkommen als 2jährige zum ersten Male infiziert und 1955 bonitiert worden. Dauerndes Feuchthalten der infizierten Pflanzen schaffte günstige Entwicklungsbedingungen für den Pilz unter etwa gleichen Umweltbedingungen für alle Jungkiefern.

Als Maßstab für den Grad der Anfälligkeit diente die Krankheitsindexmethode. In diesem Fall wurde nach Ziffern von 0—5 mit insgesamt 11 Stufen einschließlich 0 bonitiert. Die Bonitierung geschah nach dem Anteil der braunen Nadelfläche an der Gesamtbenadelung, die für das Krankheitsbild in Frage kam. 0 bedeutet also, daß alle Nadeln völlig grün, 5, daß die Nadeln zu 100% braun sind. Der zeitliche Ablauf des Parasit-Wirtsverhältnisses an Hand der Infektions-, Inkubations- und Fruktifikationszeit ist dabei nicht berücksichtigt worden.

Eine vollständige statistische Auswertung soll im Zusammenhang mit weiteren Untersuchungen an anderer Stelle erfolgen. Hier werden nur einige Ergebnisse gebracht. Der erste Befall war so stark auf Grund sehr intensiver Infektion und günstiger Entwicklungsbedingungen, daß ab Juli des der Infektion folgenden Jahres von 339 Nachkommenschaften nur bei 5 Einzel-

stammabsaaten noch je eine Pflanze und von einer Nachkommenschaft noch 2 Pflanzen lebten, die nur noch wenige grüne Nadeln besaßen. Sie starben auch später bei neuen starken Infektionen nicht ab.

Die Mortalität ließ sich weder hier noch bei einem der anderen Infektionsversuche gesondert von der Letalität berechnen. Denn es gab nie eine Pflanze, die gar keinen Befall zeigte. Die Letalität als Ausdruck der Heftigkeit der Krankheit war bei dem ersten Versuch am höchsten und betrug am 4. 7. 53 = 99,73%. Der Mittelwert als durchschnittlicher Befallsgrad aller infizierten Pflanzen betrug beim ersten Versuch schon am 9. 4. 53 = 4,945. Das entspricht einem durchschnittlichen Anteil von 98,9% brauner Nadelfläche an der Gesamtnadelfläche jeder Pflanze. Die Streuung der Mittelwerte der einzelnen Nachkommenschaften beträgt = 0,3589. Die Streuung des Mittelwertes oder sein mittlerer Fehler ist = 0,0195. Die Streuung ist also in jedem Falle sehr klein.

Schwächere Infektionen der nächsten Jahre ergaben eine ziemliche Variationsbreite der Befallsgrade mit annähernd normaler Verteilung. Die durchschnittlichen Befallsgrade der 3 anderen Versuche am gleichen Material oder den Nachkommenschaften der gleichen Mutterbäume waren unterschiedlich niedriger, die Streuungen aber höher. Dies ist ein weiterer Beweis für die ausschlaggebende Rolle der Infektionsstärke und des Einflusses von Feuchtigkeit und Temperatur für das Zustandekommen einer Epidemie. Die individuelle Anfälligkeit der Kiefern bestätigt sich erneut. Es gab nur wenige Nachkommenschaften, die in den 3 Jahren jeweils wieder zu den resistentesten gehörten. Die Rangordnung nach Resistenz war also in den einzelnen Jahren jeweils verschieden. Die möglichen Gründe dafür werden noch an anderer Stelle besprochen. Nach den bisherigen Ergebnissen scheint die Verteilung der Anfälligkeit innerhalb einer Nachkommenschaft relativ in jedem Jahr ungefähr die gleiche zu sein.

Das Ziel einer geeigneten Infektionsmethode ist damit gefunden. Es sei besonders betont, daß nach den sehr umfangreichen Infektionsversuchen bei keiner einzigen Kiefer Immunität gefunden wurde. Die Erholungsfähigkeit dagegen ist sehr verschieden. Vor allem durch sie konnten mitunter stärker befallene Kiefern später besseres Wachstum aufweisen als weniger befallene Pflanzen. Die größere Widerstandsfähigkeit könnte man sich als einen Komplex von Resistenzfaktoren, gewissen Abwehrreaktionen verbunden mit einer Art von induzierter Toleranz denken. Über die Art der Vererbung kann noch nichts Sicheres ausgesagt werden.

3. Schlußwort

Aus allem ergibt sich, daß, wie erwartet, an frei abgeblühten Nachkommenschaften von Einzelbäumen nur in einem beschränkten Umfange Ergebnisse für eine Resistenzzüchtung gewonnen werden können. Die gesuchten befriedigenden Methoden künstlicher Infektion wurden gefunden, daneben einige wichtige neue Erkenntnisse, die in den vorläufigen Ergebnissen kurz besprochen worden sind. Die Deutung von Versuchen aus dem Freiland ist auf Grund der Beeinflussung durch die verschiedensten Faktoren schwierig und unsicher. Bei den in den Lagen durchgeführten Resi-

stanzversuchen war in geringem Umfang eine Steuerung, nämlich hauptsächlich Verbesserung und Verschlechterung mancher Umweltfaktoren für die Pflanzen, möglich. Trotzdem gelten vor allem die Zahlen nur für die gerade herrschenden Verhältnisse. Nach den schon vorhandenen und neu gefundenen Erfahrungen auf dem Gebiete der Resistenzzüchtung der Kiefer gegen Kienzopf und Schütte ergibt sich die Folgerung, daß in Zukunft die Resistenzprüfungen der Ausleseebäume über Kienzopf und Schütte an Pfropflingen und gelenkten Kreuzungen durchgeführt werden müssen. Nur so kann man die Resistenzeigenschaften der Ausleseebäume wirklich erfassen und einen Einblick in ihre Vererbung bekommen.

Zusammenfassung

Die Stellung der Resistenzzüchtung innerhalb der forstlichen Pflanzenzüchtung wird gekennzeichnet. Die Bedeutung und Notwendigkeit der forst- und landwirtschaftlichen Resistenzzüchtung wird hervorgehoben. In der Forstwirtschaft kennt man bisher hauptsächlich Forderungen und Hinweise aber nur wenig Arbeiten auf dem Gebiet der Resistenzzüchtung. Die Ausnutzung der vielen individuellen Resistenzeigenschaften der Waldbäume wird empfohlen.

Bei den Ausleseebäumen für Samenplantagen, deren Auswahl auch auf volle phänotypische Resistenz geschieht, und bei anderen speziellen Resistenzzüchtungsmethoden sind anschließende Prüfungen auf tatsächliches Vorhandensein der Resistenz und ihre Erbllichkeit notwendig. Die Voraussetzungen für forstliche Resistenzzüchtung sind in 5 Gruppen aufgegliedert worden. Einige der wichtigsten Voraussetzungen, die besonders für die erwähnten Resistenzprüfungen von Bedeutung sind, wie Phasendisposition, gegenseitige Beeinflussung von Pfropfreis und Unterlage, Ursachen der Resistenz und Rassenaufspaltung werden näher erläutert. Die zur Zeit dringendste Forderung der forstlichen Resistenzzüchtung ist die Entwicklung von Serienschneidmethoden zur Beurteilung der Resistenz und ihrer Erbllichkeit bei unseren Waldbäumen.

Die vorstehenden Untersuchungen sollen der Erarbeitung einer Resistenzprüfungsmethode, hauptsächlich der Infektionsmethode und der Erweiterung der Kenntnisse über Voraussetzungen der resistenzzüchterischen Bearbeitung der Kiefer gegen Kienzopf und Schütte, dienen. Da zunächst noch Stecklinge, Pfropflinge und gelenkte Kreuzungen fehlten, wurden Einzelstammabsaaten einer großen Zahl von Kiefern untersucht. Eine vollständige statistische Auswertung soll später an anderer Stelle erfolgen.

Die wichtigsten Resistenzuntersuchungen über den Kienzopf werden mitgeteilt unter besonderer Beachtung der Bekämpfung, der künstlichen Infektion, individueller Befallsunterschiede, der Vererbung der Anfälligkeit, der Disposition der Kiefer, vor allem der Phasendisposition und des Einflusses der Umweltfaktoren und der Ursachen der Resistenz. Das Material und die Infektionsmethode werden beschrieben. Auf Grund der Infektionserfolge wird darauf geschlossen, daß die Infektion nur über kleine Verletzungen der diesjährigen Mai-Junitriebe anfälliger Kiefern möglich ist. Eine brauchbare Infektionsmethode wurde gefunden. Die individuelle Anfälligkeit der Kiefern bestätigt sich. Künstliche Infektionen können

die Phasendisposition durchbrechen. Die Fruktifikationszeit beträgt im günstigen Falle 2 Jahre.

Die wichtigsten Ergebnisse der bisherigen Resistenzuntersuchungen über Schütte werden berichtet. Dabei werden die individuelle, die Provenienz- und Artresistenz, ihre möglichen Gründe und ihr wahrscheinlicher Erbgang hervorgehoben. Die parasitische Disposition des Pilzes und die Krankheitsbereitschaft des Wirtes erfahren eine besondere Würdigung. Neben den Klimafaktoren Feuchtigkeit und Temperatur findet die Phasendisposition die stärkste Beachtung. Diese sind auch die wichtigsten Faktoren für den Krankheitsverlauf. Die verwendeten Jungkiefen stammen von den gleichen Mutterbäumen wie die schon auf Kienzopfesistenz Untersuchten. Material und Infektionsmethode werden beschrieben. Letalität, durchschnittlicher Befallsgrad, Streuung und mittlerer Fehler der einzelnen Versuche werden besprochen. Die Ergebnisse beweisen die ausschlaggebende Rolle der Infektionsstärke und des Einflusses von Feuchtigkeit und Temperatur für das Zustandekommen einer Epidemie. Eine brauchbare Infektionsmethode wurde gefunden. Die individuelle Anfälligkeit der Kiefen bestätigt sich erneut. Gegen die Schütte gibt es wahrscheinlich keine Immunität. Die Erholungsfähigkeit ist sehr unterschiedlich. Auf die Komplexnatur der Resistenzfaktoren wird hingewiesen.

Auf die Problematik der Deutung solcher Versuche wird aufmerksam gemacht, vor allem auf Grund der wechselnden Umweltfaktoren und des frei abgeblühten unterschiedlichen Materials. Es konnten aber trotzdem geeignete Infektionsmethoden und neue wichtige Erkenntnisse über Voraussetzungen der Resistenzzüchtung der Kiefer gegen Kienzopf und Schütte gefunden werden. In Zukunft sollen die Resistenzprüfungen der Ausleseebäume über Kienzopf und Schütte an Pflanzlingen und gelenkten Kreuzungen durchgeführt werden, um die Resistenzeigenschaften wirklich zu erfassen und einen Einblick in ihre Vererbung zu bekommen.

Literatur

1. ANONYM: Report on forest research for the year ending March 1949. Ld.H.M. Stationery Office 1951. —
2. ANONYM: Altholzschütte. Mitt. d. Deutsch. Dendr. Ges. Nr. 43. Frage 413. 1931. —
3. ANONYM: Svensk Växtförädlings (Schwedische Pflanzenzüchtung) Teil II. Stockholm. Verl. „Natur och Kultur“ 1952. —
4. BEKKER, G.: Problematik der Qualitätszüchtung. Vortr. 2. Teilsitzung der Akademie d. Landwirtschaftswissenschaften zu Bln. 17.—19. 10. 1955. —
5. BEHRNDT, G.: Die bisherigen Ergebnisse der Individualauslese bei der Kiefer. I. Mittl. aus Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft. 6, 402—417 (1935). —
6. BURGER, H.: Mitt. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen 16, 153—230 (1931). —
7. BUSSE, J.: Forstliche Züchtung. Jahresber. d. Deutsch. Forstvereins, 453—465 (1936). —
8. CASTELLANI, E. et A. GRANITI, Nuovo G. bot. ital. N.S. 56, 628—638 (1950). —
9. DENGLER, A.: Bemerkungen zu „ROEDER“: Zur Frage der Kienzopfverbreitung. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 62, 241—242 (1930). —
10. DENGLER, A.: Junifrostschäden an der Kiefer. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 64, 97—99 (1932). —
11. DENGLER, A.: Fremde Kiefernherkünfte in zweiter Generation. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 70, 150—162 (1938). —
12. DENGLER, A.: Über die Entwicklung künstlicher Kiefernkreuzungen. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 71, 457—485 (1939). —
13. DENGLER, A.: Schütteversuch mit finnischen und märkischen Kiefen. Archiv für Forstwesen 4, 4—8 (1955). —
14. ENGLER, A.: Der heutige Stand der forstlichen Samenprovenienzfrage. Naturwissensch. Ztschr. f. Forst- u. Landw. 11, 441—461 u. 481—491 (1913). —
15. GÄUMANN, E.: Die Pilze. Grundzüge ihrer Entwicklungsge-
- schichte und Morphologie. Verl. Birkhäuser, Basel 1949. —
16. GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Verl. Birkhäuser, Basel 1949. —
17. GRÜLL, H. u. W. WERTSTEIN: Photo- und thermoperiodische Einflüsse auf das Wachstum der Kiefer. Holzforschung, Bd. IX (1955). —
18. GÜDE, J.: Die Feststellung der durch Steinkohlenrauch verursachten Zuwachsminderung in Fichtenbeständen. Ztschr. f. Weltforstwirtschaft 17, 87—93 (1954). —
19. HAACK, Der Schüttepilz der Kiefer. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 43, 329—305 (1911). —
20. HAACK: Der Kienzopf, *Peridermium pini*. (Seine Übertragbarkeit von Kiefer zu Kiefer ohne Zwischenwirt.) Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 46, 3—46 (1914). —
21. HAACK: Zur Kienzopfkrankheit. Ein erneuter Infektionserfolg mit Aezidiensporen. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 48, 255—258 (1916). —
22. HESMER, H.: Die Späteiche in Westfalen und im Rheinland. Forstarchiv 26, 197—203 (1955). —
23. HUSFELD: Welche Ergebnisse der landwirtschaftlichen Züchtungsforschung können in der Forstwirtschaft verwertet werden? Jahresber. d. Deutsch. Forstvereins, 413—423 (1936). —
24. JAHNEL: Die Kieferschnitte und ihre Bekämpfung. Der Wald 3, 210—211 (1953). —
25. JENTSCH, J.: *Pinus murrayana*. I. Teil. Ein Anbauversuch im mitteldeutschen Raum. Archiv für Forstwesen 3, 288—353 (1954). —
- II. Teil. Ein Provenienzversuch. Archiv f. Forstwesen 3, 518—557 (1954). —
26. JOACHIM, H. FR.: Die Rinde von Pappelarten und -sorten und ihre Eignung als Erkennungsmaterial für die Pappelbestimmung. Archiv f. Forstwesen 3, 620—645 (1954). —
27. KALELA, A.: Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Mitt. d. forstl. Forschungsanst. in Finnland, Helsinki 26, 1—434 (1937). —
28. KARSCHON, R.: Untersuchungen über die physiologische Variabilität von Föhrenkeimlingen autochthoner Populationen. Annales de l'Institut fédéral de recherches forestières 26, 205—244 (1949). —
29. KERNKAMP, M. F. u. a.: Techn. Bull. agric. Exp. Sta. 200. 36 pp. (1952). —
30. KIENITZ, M.: Formen und Abarten der gemeinen Kiefer. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 43, 4—35 (1911). —
31. KIENITZ, M.: Ergebnis der Versuchs-pflanzung von Kiefen verschiedener Herkunft in der Oberförsterei Chorin. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 54, 65—93 (1922). —
32. KLEBAHN, H.: *Peridermium pini* (Willd.) Kleb. und seine Übertragbarkeit von Kiefer zu Kiefer. Flora, 111, 418—430 (1918). —
33. KLEBAHN, H.: Offene Fragen und neue Beobachtungen über die rindenbewohnenden Blasenroste der Kiefen nebst Bemerkungen über einige andere Rostpilze. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. 48, 369—410 (1938). —
34. KLEBAHN, H.: Die wirtschwechselnden Rostpilze. Versuch einer Gesamtdarstellung ihrer biologischen Verhältnisse. 1904. —
35. LANGLET, O.: Studier över Tallens fysiologiska Variabilität och dess Samband med Klimatet. Meddelanden fran Statens skogsforsöksanstalt 4, 219—470 (1936). —
36. LANGNER, W.: Reziprok unterschiedliches Verhalten von Lärchenbastarden gegen eine Nadelerkrankung. Ztschr. f. Forstgen. u. Forstpflanzenzücht. 1, 78—81 (1952). —
37. LARSEN, S.: Studies of Diseases in Clones of Forest Trees. Hereditas 39, 179—192 (1953). —
38. LIESE J.: Neue Wege zur Feststellung des Gesundheitszustandes der Bäume. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 56, 689 (1924). —
39. LIESE, J.: Neue Wege zur Bekämpfung des Kienzopfes (*Peridermium pini*). Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 62, 47—48 (1930). —
40. LIESE, J.: Der Kienzopf auf der Choriner Provenienzfläche. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 62, 836—838 (1930). —
41. LIESE, J.: Zur Biologie der Douglasienschütte. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 64, 680—693 (1932). —
42. LIESE, J.: Beiträge zum Kieferschwammproblem. Forstarchiv 12, 37—48 (1936). —
43. LIESE, J.: Zur Frage der Vererbbarkeit der rindenbewohnenden Blasenrostkrankheiten bei Kiefen. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 68, 602—609 (1936). —
44. LIRO, I.: Kulturversuche mit finnischen Rostpilzen I und II. Acta societates pro fauna et flora Fennica 29, Nr. 6 u. 7. —
45. LOCHOW, F. v.: Etwas über Forstpflanzenzüchtung. Züchter 1, 73—79 (1929). —
46. MAYR, H.: Schüttekrankheit und Provenienz der Föhre (Kiefer). Forstwissenschaft. Centralbl. 33, 1—14 (1911). —
47. MÖLLER, A.: Der Waldbau. Berlin, J. Springer 1929. —
48. MÜLDER, D.: Bekämpfung des Rindenblasenrostes (*Peridermium pini*). Forst und Holz 11, 149—153 (1949). —
49. MÜLDER, D.: Neue Grundlagen der Kienzopf-

wehr. Vorträge der Hochschulwoche Hann.-Münden Bd. 2, 32—35, 1951. — 50. MÜLDER, D.: Die Disposition der Kiefer für den Kienzopfbefall als Kernproblem waldbau-technischer Abwehr. Schriftenreihe d. Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen u. Mitt. d. Niedersächs. Versuchsanst. J. D. Sauerländers Verl. Frankfurt a. M. Bd. 10, 35 S. 1953. — 51. MÜNCH, E.: Die Kiefernrasen Deutschlands. Silva 1923. — 52. MÜNCH, E.: Beiträge zur Kenntnis der Kiefernrasen Deutschlands. Allgem. Forst- u. Jagdztg. 1925. — 53. MÜNCH, E.: Beiträge zur Forstpflanzenzüchtung. Bayr. Landw. Verlag G.m.b.H. München 13 (1949). — 54. PRANTL: Weitere Betrachtungen über die Kiefernscütte und die auf Koniferen schmarotzenden Pilze aus der Gattung *Hysterium*. Forstwiss. Centralbl. 2, 509—513 (1880). — 55. PRELL: Über die Immunität von Fichten gegen Nonnenfraß und ihre Ursache. Thar. Forstl. Jahrb. 75, 58—71 (1924). — 56. ROBAK, H.: Über saprophytische und parasitische Rassen des Lärchenkrebspilzes *Dasyscypha Willkommii* (HART.) REHM. Aus d. Forstl. Versuchsanst. von Festlandet in Bergen, Norwegen. Ztschr. f. Forstgen. u. Forstpflanzenz. 2, 104—106 (1953). — 57. ROEDER: Zur Frage der Kienzopfverbreitung. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 62, 241—242 (1930). — 58. ROHMEDER, E.: Ursachenforschung für die Züchtung einer nonnenfraßwiderstandsfähigen Fichtenart. Forstwiss. Centralbl. 67, 110—119 (1948). — 59. RUDOLF, W.: Resistenzzüchtung, ihre Grundlagen und Methoden. Ztschr. f. Pflanzenzücht. 25, 190—205 (1943). — 60. SCHMIDT: Vegetationsversuche zum Ertragsfaktor Licht. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 56, 461—472 (1924). — 61. SCHMIDT, W.: Fototropische Untersuchungen bei Kiefernkeimlingen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1933. — 62. STROHMAYER, G.: Über Auslesegesichtspunkte bei der züchterischen Bearbeitung der Kiefer. Forstwiss. Centralbl. 60, 152—157 (1938). — 63. STUCKMEYER, B. E. and A. J. RIKER: Wound-periderm formation in white pine trees resistant to blister

rust. Phytopathology 41, 276—281 (1951). — 64. SCHOTT: Rassen der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*). Forstwiss. Centralbl. 48, 123—606 (1904). — 65. SCHRÖCK, O. und K. STERN: Prüfung des Wachstumsganges der Kiefer im Keimlingstest als Auslesemethode. Züchter 23, 137—148 (1953). — 66. SCHRÖCK, O.: Problematik bei der Anwendung von Frühtesten in der Forstpflanzenzüchtung. Züchter 26, 270—276 (1956). — 67. SCHWAPPACH: Die Bedeutung und Sicherung der Herkunft des Kiefern-samens. Neudamm Verl. Neumann, 32 S. (1914). — 68. SCHWERTFEGER, F.: Beobachtungen und Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Kiefernspanners während des Fraßjahres 1929 in der Letzlinger Heide. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 62, 65—93 (1930). — 69. SCHWERTFEGER, F.: Die Erholungsfähigkeit von Kiefernbeständen nach Spannerfraß. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 64, 641—679 (1932). — 70. SCHWERTFEGER, F.: Grundriß der Forstpathologie. P. Parey, Bln. u. Hamburg 1950. — 71. SEITZ, W.: Die Eichenrassenzüchtung in Theorie und Praxis. Der Deutsche Forstwirt 7, 481—483 (1925). — 72. STAKMAN, E. C. and M. N. LEVINE: Univ. Minnesota Agr. Exp. Stat. Techn. Bull. 8, 1—10 (1922). — 73. WETTSTEIN-WESTERSHEIM, W. v. und BEHRNDT, G.: Über Forstpflanzenzüchtungsversuche. Züchter 6, 296—299 (1934). — 74. WETTSTEIN, W. v.: Die bisherigen Ergebnisse der Zuchtwahl bei Waldbäumen. Jahresber. des Deutsch. Forstvereins 423—433 (1936). — 75. WETTSTEIN, W. v.: Lichtbedürfnis und Dürrewiderstandsfähigkeit der Kiefer. Forstwiss. Centralbl. 60, 703—711 (1938). — 76. WIEDEMANN, E.: Die Versuche über den Einfluß der Herkunft der Kiefernrasen. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 62, 498—522 (1930). — 77. ZEDERBAUER: Versuche über individuelle Auslese bei Waldbäumen. I. *Pinus silvestris*. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 38, 201—212 (1912). — 78. ZIEGER, E.: Die heutige Bedeutung der Rauchsäden für den Wald. Archiv f. Forstwesen 4, 66—79 (1955).

(Aus dem Institut für Forstwissenschaften Eberswalde der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Zweigstelle für Forstpflanzenzüchtung Waldsiewersdorf)

Pfropfmethodische Untersuchungen im Freiland für die Anlage von Samenplantagen*

Von KURT HOFFMANN

Mit 10 Textabbildungen

1. Einleitung

Für die Anlage von Samenplantagen interessieren Fragen der Klonprüfung, des Baumschnittes der Pfropflinge, der Förderung der Blütenbildung, des Mitangebues von Sträuchern und anderen Gewächsen in der Plantage und der Erhöhung der Sicherheit des Pfropferfolges im Freiland. Im Nachstehenden soll ein Beitrag für die weitere Verbesserung der Methodik der Freilandpfropfung gegeben werden. Da das Pfropfen bereits sehr lange bekannt ist, scheint es erstaunlich, daß wir uns noch heute mit methodischen Versuchen beschäftigen. Es ist zwar möglich, daß wir mit unseren Waldbäumen, wenn wir im Gewächshaus pfropfen, bei Einhaltung der gebräuchlichen Regeln mit hohen Anwüchsen rechnen können, daß aber für Freilandpfropfungen trotz mancher Veröffentlichung (2, 3, 4, 5, 6, 14 usw.) nur unzureichende Kenntnisse vorliegen. Die Erfahrungen, die an anderen Stellen gesammelt wurden, können auf Grund verschiedener klimatischer und standörtlicher Verhältnisse nur sehr bedingt übernommen werden. Eigene Untersuchungen für die Verhältnisse im norddeutschen Diluvium waren daher unerlässlich.

* Nach einem Vortrag, gehalten auf der Arbeitstagung für forstliche Samenplantagen vom 24.—26. Okt. 1955 in Waldsiewersdorf.

Zunächst interessierte die Brauchbarkeit verschiedener Pfropfmethoden für die Anwendung bei unseren Holzarten. Bereits im Jahre 1810 beschrieb THOUIN 119 und NOISETE im Jahre 1826 sogar 137 Veredlungsarten (12). Jedoch unterscheiden sich die meisten nur durch unwesentliche Geringfügigkeiten, so daß für die praktische Arbeit nur eine begrenzte Anzahl eine Bedeutung erlangte. Überprüft man diese auf ihre Anwendbarkeit bei Waldbäumen, so sind nur wenige brauchbar.

Weiter sollten die Einflüsse der Jahreszeit, der Zweigordnung, der klimatischen Bedingungen, der Ausleseebäume sowie der Unterlagen auf den Pfropferfolg untersucht werden.

Zu den einzelnen Untersuchungen sei gesagt, daß sie, soweit es überhaupt im Freiland möglich ist, jeweils unter den gleichen Bedingungen durchgeführt wurden. Die Anzahl der Pfropfungen je Versuchsglied mußte auf Grund der sehr umfangreichen Pfropfarbeit begrenzt werden.

2. Untersuchungen zur Ermittlung einer günstigen Pfropfmethode

Die ersten Pfropfversuche wurden im zeitigen Frühjahr 1954, nachdem die Frostperiode beendet war, für die Ermittlung einer brauchbaren Pfropfmethode