

## Beitrag zur Individualauslese bei der Blasenrost-Resistenzzüchtung mit *Pinus strobus*<sup>1)</sup>

Von D. MÜLDER

(Eingegangen am 25. 4. 1955)

### Einleitung

Im Heft 51/1954 dieser Zeitschrift berichtete H. MEYER (7) über Individualauslese und Artenkreuzungen, die beiden Wege, auf denen im Institut für Forstbotanik und Forstgenetik der Forstlichen Fakultät in Hann. Münden Resistenzzüchtung gegen *Cronartium ribicola* F. getrieben wird.

Wir möchten versuchen, einige wichtige Gesichtspunkte für die Individualauslese aufzuzeigen. MEYER streift deren Problematik kurz mit der Frage: „Welche Altersstufe soll die Auslese umfassen?“ Vertieft man sich in dies Problem, so ergibt sich eine Fülle von schwierigen Einzelfragen, z. B.: Wird eine bislang nicht befallene 20j. Strobe immer ohne Befall bleiben? Ist eine ältere, jetzt gesunde Strobe immer ohne Befall gewesen? Antworten dürften nur im Wege der Prüfung größerer Kollektive verschiedenen Alters zu erhalten sein, wobei es auf eine Analyse des Befalls der einzelnen Individuen nach Zeitpunkt, Stärke, Dauer und Folgen des Befalls ankommt.

Anschaulich schildert E. GÄUMANN (3) die unterschiedliche Einstellung zum einzelnen Objekt in der Humanmedizin und in der Pflanzenpathologie. Beschäftigt man sich dort mit den einzelnen Individuen, so geht es hier mehr um die Sorte, indem ganze Bestände oder Felder Gegenstand der praktischen Maßnahmen seien. Vielleicht ist hier eine gewisse Erweiterung notwendig: Zumal für die Züchtung kann auch in der Pflanzenpathologie das Verhalten einzelner Individuen einer Sorte von Interesse sein, und zwar besonders dann, wenn nicht nur zwischen krank oder gesund bzw. anfällig oder nicht *anfällig* zu unterscheiden ist, sondern zwischen verschieden starken Befalls- oder Anfälligkeitsgraden.

Eine erste Parallele zur Humanmedizin läßt sich für die Pathologie der Waldbäume insoweit ziehen, als man es auch hier mit sehr langlebigen Geschöpfen zu tun hat, deren Reaktion auf die Krankheitserreger u. U. jahrzehntelang zu verfolgen ist. Noch sehr viel günstigere Möglichkeiten der Beobachtung als in der Humanmedizin können sich dann ergeben, wenn es auf einem Baum zu einer Häufung von Befalls-Herden kommt, (die ja in Betracht der Organisation der Pflanzen als offene Systeme selbständig sind), ohne daß auch stärkerer Befall die Lebenskraft der Wirte merklich zu schwächen braucht. Das aber gilt sehr ausgeprägt für die Rindenblasenroste der Pinus-Arten, wo ja nur der Sonderfall der Ergreifung der

Hauptachse durch das Pilzmyzel den Bäumen gefährlich wird. Hierauf baut unsere — für waldbauliche Fragestellungen entwickelte — Methode, die Kollektive von *Pinus silvestris* und *P. strobus* nach Befallsgraden zu ordnen und den individuellen Befallsgang durch lange Perioden zu verfolgen<sup>2)</sup>.

Wo den Basidiosporen auf den Stroben die Keimung und dem Myzel das festere Fußfassen glückt, entsteht ein Herd. Er macht die Strobe zum Wirt. Junge Stroben erliegen dem Befall i. d. R. schnell, so daß für jüngere Kulturen und Nachzuchten in Kämpfen feinere individuelle Beobachtungen nach unserer Methode nicht möglich sind. Hier läuft die Prüfung mehr auf summarische Tests hinaus.

### I. Bisherige Untersuchungen und Stand der Erkenntnisse

Den wohl bekanntesten Sortenvergleich, aufgebaut i. w. auf der Zahl der Krebsstellen je 1 Million Nadeln, haben T. W. CHILDS und I. L. BEDWELL durchgeführt (2), um eine große Zahl nordamerikanischer und ausländischer fünfnadeliger Kiefern nach ihrem Anfälligkeitsgrad ordnen zu können. Bei dem Versuch, gewisse Unstimmigkeiten zu erklären, betonen sie die Notwendigkeit, auch den individuellen Unterschieden innerhalb einer Art nachzugehen. An die Möglichkeit von Verschiebungen mit dem Alter war dabei aber wohl noch nicht gedacht.

Prüft man eine Population älterer Stroben durch, so findet man Individuen, auf denen dem Parasiten das Fußfassen offenbar gar nicht glückt, überhaupt keine Herde entstehen, andere, wo es ein oder einige Male glückt, wieder andere, wo es sehr oft glückt, also viele Herde entstehen. Von größter Bedeutung ist nun, daß die einmal gebildeten Herde nach unseren Feststellungen im Prinzip ihren Wirten alle gleich gefährlich sind, der eine Herd einer 1-Herd-Strobe nicht weniger als die 20 einer Strobe mit 20 Herden. Dadurch rückt für uns diejenige Anlage der Strobe, welche die ± häufige Entstehung von Herden erlaubt, in den Mittelpunkt des Interesses, während Unterschiede im weiteren Verhalten der Herde weniger wichtig erscheinen. So kamen wir auf den Versuch, die individuellen Anfälligkeitsgrade in Herdzahlen zu messen. Die damit gefundenen Gesetzmäßigkeiten sprechen für die Brauchbarkeit der Methode.

Eine Durchprüfung von Kleinpflanzen auf ihren Befall nahmen auch A. I. RIKER u. a. vor (11). Unter Infektionsbedingungen, die vielfach modifiziert wurden, testeten sie im Versuchsgarten folgende drei „Sorten“ auf ihre Anfälligkeit:

1. Pflöpflinge von 25- bis 40j. Stroben, die im Walde als nicht befallen ausgelesen worden waren,
2. Sämlingspflanzen von den unter 1 genannten, aber frei abgeblühten Mutterbäumen,
3. Pflanzen aus Handelssaatgut.

<sup>1)</sup> Dankbar sei hier der großzügigen Unterstützung unserer Arbeiten im hessischen Forstamt Waldmichelbach durch Herrn Forstmeister SCHLAG und seine Revierbeamten gedacht, hinter der immer die Förderung durch das zuständige Regierungsforstamt in Darmstadt und das Ministerium in Wiesbaden stand. Herrn Prof. SCHMUCKER, Direktor des Forstbot. Inst. der Univ. Göttingen, danken wir vor allem für die Möglichkeit, unser Thema in seinen botanischen Kolloquien zu diskutieren, Herrn Prof. MÜNZNER, Direktor des Inst. für math. Statistik der Univ. Göttingen, und seinen Assistenten für die mathematische Bearbeitung des Materials. Der große Anteil unserer z. T. langjährigen Mitarbeiter an der Durchführung der Arbeiten, insbesondere der Herren Kollegen LIEBELT, MÜLLER-DYS, FRIEDRICH und KRAMER, sei erneut hervorgehoben. Für finanzielle Förderung haben wir wieder der Deutschen Forschungsgemeinschaft sehr zu danken!

<sup>2)</sup> Es spricht vieles dafür, daß eine sinngemäß abgewandelte Methode auch bei *Peziza* Willkommii zu wesentlich neuen Erkenntnissen führen wird, während die Voraussetzungen bei anderen pilzlichen Schädlingen nicht oder doch nicht in vergleichbarem Maße erfüllt sein dürften.

Gefunden wurde eine nahezu absolute Resistenz der Sorte 1 und eine ziemlich gleichmäßig geringe der Sorten 2 und 3. Hier wurden Befallsprozente bis zu 85 und 91 erzielt.

Obwohl die Krankheitserscheinungen für jeden Baum besonders registriert wurden, womit man insbesondere Aufklärung über den unterschiedlichen Ablauf der Dinge bei resistenten und bei anfälligen Stroben zu finden hoffte, handelt es sich nach der leitenden Fragestellung und den bekanntgegebenen Ergebnissen doch mehr um einen Sortentest, hier allerdings, im Gegensatz zu CHILDS u. a. (2), mit verschiedenen Sorten derselben Art.

Um Stroben-Kollektive auf ihre individuellen Anlageverhältnisse testen zu können, braucht man nach unserer Meinung größere Individuen, auf denen *Platz für einen starken Befall* ist (a), und die *Befall länger aushalten*, so daß Unterschiede in der Reaktion der Wirte deutlich hervortreten (b). Endlich muß man längere Zeiträume erfassen, um etwaige *Verschiebungen der individuellen Anlagen mit dem Alter* erkennen zu können (c).

Was das Verhalten der Herde auf ihren Wirten oder die Reaktion der Wirte auf die Herde angeht, so muß auf die Möglichkeit von Widersprüchen zwischen unseren Freilandbeobachtungen und Ergebnissen oder Folgerungen B. E. STRUCKMEYERS und A. I. RIKERS (14) hingewiesen werden. Wir gingen nicht von den Feinheiten bei der Entstehung eines Herdes nach dem ersten Fußfassen der Sporen aus, sondern von dem makroskopischen „Krebs“: Anschwellung, Platzen der Rinde, Harzfluß, i. d. R. Äzidienbildung. Was wir an mehreren tausend Herden auf *Pinus silvestris* sicher festgestellt zu haben glauben, daß sich nämlich die Herde im Prinzip an allen Wirten ziemlich gleich verhalten, fanden wir bei der Strobe wieder. Insbesondere ist es weder bei der Kiefer noch bei der Strobe so, daß etwa die Herde an Viel-Herd-Wirten, die sich also als stark anfällig erwiesen haben, besonders virulent wären. Die wenigen Herde an schwach befallenen Wirten erwiesen sich nach unseren Feststellungen in ihrer Stoßkraft als durchaus gleichwertig.

STRUCKMEYER und RIKER impften als *empfindlich* und *nicht empfindlich* ausgelesene Stroben aus der Versuchsbaukschule RIKERS in Wisconsin. Sie fanden dabei die resistenten Stroben in stärkerem Maße befähigt, Infektionen durch Korkbildungen abzuriegeln.

Dies steht dann nicht im Widerspruch zu unseren Freilandbeobachtungen, wenn man die Folgerungen auf das in STRUCKMEYERS und RIKERS Versuch tatsächlich nur erfaßte *Frühstadium des Befalls* beschränkt. Man darf hoffen, daß es den beiden Forschern gelungen ist, mit der individuell verschiedenen Fähigkeit zur Abriegelung der Infektionsstelle die eigentliche *Ursache der Resistenz* gefunden zu haben. Die große Bedeutung einer solchen Entdeckung für die Züchtung, deren Bestätigung man den Forschern als Lohn für ihre langjährigen Mühen herzlich wünschen möchte, liegt auf der Hand. Sie würde auch unsere schon früher ausgesprochene Vermutung stützen, daß die von KLEBAHN und LIESE bei Anlageprüfungen mit *Pinus silvestris* ermittelten Werte nur mit Vorsicht zu verwenden sind. Man infizierte damals z. T. unter künstlicher Verletzung, und wir sagten angesichts der ungeheuren Diskrepanz zwischen Versuchsergebnis und Freilandbefahrung: „Eine bestimmte Infektionstechnik könnte gerade solche Faktoren ausschalten oder schwächen, welche die

Immunität bedingen (8, S. 383)<sup>3)</sup>. Verbindet man die Entdeckung STRUCKMEYERS und RIKERS mit unseren Freilandbeobachtungen, so darf wohl auch vermutet werden, daß die Herdzahlen auf den Wirten den Grad jener Fähigkeit der Abriegelung ausdrücken: Ist sie sehr groß, kommt es selten oder gar nicht zu Herdbildungen. Ist sie sehr gering, so glückt die Infektion auf einer Strobe sehr oft; es entstehen viele Herde.

Widersprüche ergeben sich jedoch, wenn in der beobachteten Fähigkeit zur Abriegelung im mikroskopischen Frühstadium ohne ähnlich exakte Versuche eine generelle Fähigkeit des Widerstandes gegen den Parasiten *auch im Stadium nach der Krebsbildung* gesehen werden soll (14). Wenn die individuell verschiedene Fähigkeit der Abriegelung im Frühstadium die Ursache der so markanten Unterschiede in der Häufigkeit der Herde auf den einzelnen Kiefern ist, und wenn jene Fähigkeit dergestalt weiter wirkt, daß auf den entsprechend veranlagten Wirten dem Myzel auch nach festem Fußfassen immer weiter ein wirklich durchschlagender Widerstand geleistet wird, so müßten die Herde eines Wirtes um so stoßkräftiger sein, je zahlreicher sie sind. Umgekehrt müßte deutlich sein, daß andere Wirte mit wenigen Herden deren Vordringen besonders großen Widerstand entgegensetzen. Nach unseren Beobachtungen ist dem jedoch nicht so!

Nähere Mitteilungen über einzelne Stroben, die in auffallender Weise ihre Herde überlebten, macht HIRT (5). Auch er arbeitete mit jungen Pflanzen. Eintausend 3- bis 4jähr. Stroben wurden 1927 der Infektion ausgesetzt. Die danach entstandenen Herde verhielten sich auf ihren Wirten nicht ganz gleich: Teils starben die Wirte schnell ab, teils langsam; auf einzelnen Wirten starben aber die Herde ab, und zwar aus Gründen, die HIRT in der Konstitution der Wirte vermutet. Auf einzelnen jungen Stroben, wo der Pilz schon sehr langsam in den Hauptstamm gewachsen war, dauerte dessen Abschnürung auffallend lange. In einem Kamp blieben von 20 erkrankten Stroben 2 Individuen trotz vieler Herde am Leben.

Auch wir trafen, vor allem in jüngeren, geschlossenen Beständen, häufiger Stroben an, die mehrere tote Herde hatten, meinten jedoch regelmäßig, dies mit der Konstellation ihres Sitzes (vor allem Sitz an unteren, abgestorbenen Zweigen) erklären zu können, so daß Unterschiede in der Anlage nicht angenommen zu werden brauchten. In älteren, vor allem weitständigeren Beständen, wo nicht mehr soviel Zweige durch Beschattung absterben, fanden wir nur äußerst selten tote Herde! Es bleiben hier also Fragen offen, deren baldige Klärung erwünscht ist.

Aber auch HIRTS Beobachtungen können uns nur in der Ansicht bestärken, daß etwaige Unterschiede im Verhalten der Herde auf den Wirten, oder der Wirte gegen ihre Herde, mit den Ergebnissen von STRUCKMEYER und RIKER kausal kaum zusammenhängen können. Die oben erwähnten 20 Kamp-Pflanzen HIRTS hatten 7 bis 36 Herde, davon die beiden Stroben mit dem auffälligen Verhalten 15 und 29. Die letztere gehörte also zu den für eine erfolgreiche Infektion anfälligsten des Kollektivs überhaupt! Wie kann es da sein, daß die Fähigkeit zur Abriegelung, die doch Infektionen sehr erschweren muß, zunächst extrem viele Infektionen zuläßt, diesen dann aber extrem stark entgegenwirkt? Sollten sich die Beobachtungen über unterschiedliches Verhalten der Herde bestätigen, so sprechen

<sup>3)</sup> Im Freiland bleiben die Kiefernulturen auch in unmittelbarer Nachbarschaft stärkstens verseuchter älterer Bestände völlig gesund, während im Versuch ein hoher Prozentsatz junger Kiefern infiziert werden konnte.

gerade diese beiden Kamp-Pflanzen gegen kausale Zusammenhänge mit der Fähigkeit der frühen Abriegelung.

Soweit wir Unterschiede im Erscheinungsbild und im Verhalten der Herde fanden, sind sie offenbar für unser Problem nicht besonders wichtig. Es besteht z. B. ein deutlicher Unterschied im Grad des Harzflusses. Auf einigen wenigen Individuen ist er so stark, daß eine Azidienbildung unmöglich wird. Den Wirten selbst nützt dies aber offensichtlich nichts; denn das Myzel dringt wie gewöhnlich weiter vor.

Einen neueren Bericht über ein umfassendes Programm der Auslese und Züchtung, auf deren Ergebnis man sehr gespannt sein muß, verdanken wir BINGHAM u. a. (1). Der Bericht enthält ein Bild eines vom Blasenrost wie durch eine Feuersbrunst verwüsteten Bestandes, wie wir es in Europa im Walde kaum kennen<sup>4)</sup>. Über 1000 Herde kamen auf einzelnen Stroben vor. Im Mittelpunkt des Interesses standen Bäume von etwa 5 m Höhe: „alt genug, Krebse zu tragen, jedoch klein genug, um vollständig auf Krebsstellen abgesucht werden zu können“. Bis 66jährige Bäume wurden in die Beobachtung einbezogen. Änderungen der individuellen Anfälligkeit mit dem Alter scheinen auch hier nicht erwogen worden zu sein.

Für die Zwecke der Züchtung kann es vorteilhaft sein, in so stark befallenen Beständen auswählen zu können, weil die dort gesund bleibenden Stroben stärkster Belastung standgehalten, also sehr hohe Resistenzgrade bewiesen haben. Für eine längere Beobachtung größerer Kollektive ist so starker, die Bestände schon früh verwührender Befall aber weniger günstig. Wir möchten daher für Untersuchungen, die nicht so sehr praktischen Nahzielen als der Verbesserung der theoretischen Grundlagen dienen, die drei Forderungen (a), (b), (c) von Seite 90 noch ergänzen: Der Befall soll stark genug sein, um die unterschiedliche Resistenz der Individuen untersuchter Bestände deutlich genug hervortreten zu lassen, im Interesse längerer Beobachtungsmöglichkeit aber nicht so stark, daß zu viele Individuen frühzeitig ausfallen (d).

Das Operieren mit den Worten *gesund*, *krank* und *Krankheit* sowie den damit zusammengesetzten Begriffen, wie vor allem *Krankheitsgrad*, führt zu so vielen Mißverständnissen, daß man sie ganz vermeiden sollte.

Eine Strobe mit einem Herd, der unglücklich saß und den Stamm erreichte, ist in aller Regel totgeweiht, während eine andere mit vielen Herden, welche ihres entfernten Sitzes wegen der Hauptachse nicht oder noch nicht gefährlich sind, so gut wie ungeschmälert wuchskräftig sein kann. Solchen Individuen ist u. U. im Bestandsschluß vom Boden aus viele Jahre lang kaum etwas anzusehen. Ebenso mißverständlich wird oft von einer *Überwindung* oder *Ausheilung der Krankheit* gesprochen. Wir fanden die Herde so gut wie immer dann lebend, wenn sie eine Verbindung zu lebenden Zweigteilen hatten; sie sind aber tot, wenn sie an abgestorbenen Ästen sitzen. Die Äste sterben im Zuge des Höherrückens der Krone an deren Unterrand aus Lichtmangel ab. Als echter Parasit geht damit auch der Pilz zugrunde. Mit einer Abwehrleistung des Baumes hat dieser Vorgang nichts zu tun.

## II. Bericht über ein Naturexperiment

Um Grundlagen für die Individualauslese zu gewinnen, seien nunmehr folgende Fragen erörtert:

1. Wie stark sind unsere Strobenbestände in den verschiedenen Altersperioden befallen?
2. Welche individuellen Befallsgrade kommen vor, und wie sind sie auf die Populationen verteilt?
3. Wie weit beeinflusst die Umwelt die Anfälligkeit und den Befall?

<sup>4)</sup> Eine 22jährige Strobe in einem Garten im südlichen Schwarzwald hatte mit 180 Herden den stärksten von uns jemals gefundenen Befall. Sie war gerade abgestorben. Ihre 3 m daneben stehende Nachbarin hatte 2 Herde.

4. Wie verläuft die Anfälligkeit einer einzelnen Strobe während ihres Lebens?

Antworten auf diese Fragen wurden unter entsprechender Versuchsanstellung in Strobenbeständen des Hessischen Forstamtes Waldmichelbach im Odenwald gesucht (10). Unter den vielen Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit sich die Bestände für derartige Untersuchungen eignen, sei nur die wichtigste genannt: Ausfälle durch Hallimasch darf es nicht geben! Auf eine Beschreibung des Standortes kann verzichtet werden, da es hier auf Vergleiche mit anderen noch nicht ankommt.

Zu 1: Wie stark sind unsere Strobenbestände in den verschiedenen Altersperioden befallen?

Nach allgemeiner Erfahrung macht man sich bei der Strobe in allen Beständen von vornherein auf einen hohen Befallsgrad gefaßt. Trotz weitreichender Umfragen, z. B. für Tagungen des Deutschen Forstvereins in den 20er und 30er Jahren und für neuere ertragskundliche Untersuchungen, konnten in Deutschland sichere Unterschiede bisher nicht festgestellt, geschweige denn bestimmten Herkünften oder Standorten zugeordnet werden<sup>5)</sup>).

Die Unterschiede dürften also mindestens nicht sehr groß sein. Dem Einfluß klimatischer Faktoren auf den Befall ist in den USA vor allem HARR nachgegangen (4). Auf die methodisch sehr schwierige Anwendung seiner Ergebnisse auf Freilandverhältnisse muß man sehr gespannt sein.

Auch kleine Unterschiede, mögen sie nun mit der Herkunft oder dem Standort zusammenhängen, müssen uns gewiß interessieren, doch werden sie sich erst auffinden lassen, wenn man für zwei zu vergleichende Bestände die Streubreite der individuellen Befallsgrade nebeneinanderstellen kann. Die üblichen, gutachtlichen Vergleiche von Beständen werden u. E. nicht zum Ziele führen, weil die Befallsprozesse dafür zu verborgen und schleichend verlaufen.

Wissenschaftlich verwertbare Befunde sind nur durch genaue Untersuchung ganzer Bestände Baum für Baum und Zweig für Zweig zu gewinnen, in Dickungen vom Boden aus, in älteren Beständen nach Niederlegung. Die dafür entwickelte Methode wurde früher näher beschrieben (8 und 9). Wir fanden so einen Befallsgrad zwischen etwa 30 und 75% des jeweiligen „verbliebenen Bestandes“.

Der Blasenrostbefall von *Pinus strobus* wird in Deutschland wohl als *Jugendkrankheit* bezeichnet. Tatsache ist zunächst, daß — im scharfen Gegensatz zu *Pinus sylvestris* — auch Jungbestände stark befallen werden. Schon Pflanzensendungen aus Baumschulen sind oft stark verseucht.

Wir fanden in drei Versuchsbeständen folgenden Befall (Tab. 1).

Tabelle 1

1	2	3	4	5
Alter Jahre	Befalls- %	Herde je 0,25 ha	höchste individuelle Herdzahlen	mittlere Herdzahl der Wirte
18	31	870	3, 4, 7	1,7
46	43	540	11, 15, 23	3,1
55	73	380	19, 20, 23	5,5

<sup>5)</sup> Auch für die USA ist uns dies nicht bekannt, doch können uns Angaben darüber entgangen sein.

<sup>6)</sup> Obwohl der Rindenblasenrost der Kiefer seit Jahrzehnten bekannt ist, wußte man hier bislang auch nur einiges über die individuelle Disposition. Das Verdienst erster positiver Feststellungen hierzu kommt, wenigstens für Deutschland, zweifellos dem zu selten genannten, 1914 gefallenen Schüler A. MÖLLERS, F. HAACK, zu. Mit unserer Methode der Durcharbeitung größerer Kollektive gelang es dann, Provenienzunterschiede im Befall von Kiefernbeständen nachzuweisen (9, S. 27–28).

Die Masse der befallenen 18-jährigen Stoben wird dem Parasiten bis zum Alter 45 erlegen sein; etwa 75% haben jetzt schon Stammherde, von denen diese jungen Bäumchen schnell abgewürgt werden. Es kommt aber zu so vielen Befalls-Zugängen, daß mit dem Alter nicht nur keine relative Anreicherung der Herdfreien erfolgt, das Befallsprozent vielmehr sogar noch ansteigt. Dasselbe ist beim Vergleich der Zahlen für das Alter 45 und 55 zu bedenken.

Das Urteil „Jugendkrankheit“ dürfte sich davon herleiten, daß man in der Jugend Ursache und Wirkung ganz nahe und durch die hohe Stammzahl und die relativ schnelle Abwürgung vieler Befallener sehr viel eindrucksvoller vor Augen hat als später. Da der 18jährige Bestand ganz unberührt war, konnten die bisherigen Opfer des Parasiten noch weitgehend mit erfaßt werden. So erklärt sich die hohe Herdzahl von insgesamt 870 je 0,25 ha. Rechnet man die Herde auf den toten Stoben ab, so ergibt sich ziemlich genau die Herdzahl des 46-jährigen Bestandes. Für den 55jährigen, stark durchlöchernten Bestand kommt man ebenfalls etwa auf diese Zahl, wenn man auf vollen Schluß umrechnet.

Aus dem Ansteigen der Zahlen (in Spalte 4 und 5 der Tabelle 1) mit dem Alter darf nicht auf ein entsprechendes Ansteigen der individuellen Anfälligkeitsgrade geschlossen werden. Vielmehr sind 4 oder gar 7 Herde auf den Bäumchen des 18jährigen Bestandes ein weit stärkerer Befall als 20 oder 23 in den besonders großen Kronen des 55jährigen Bestandes.

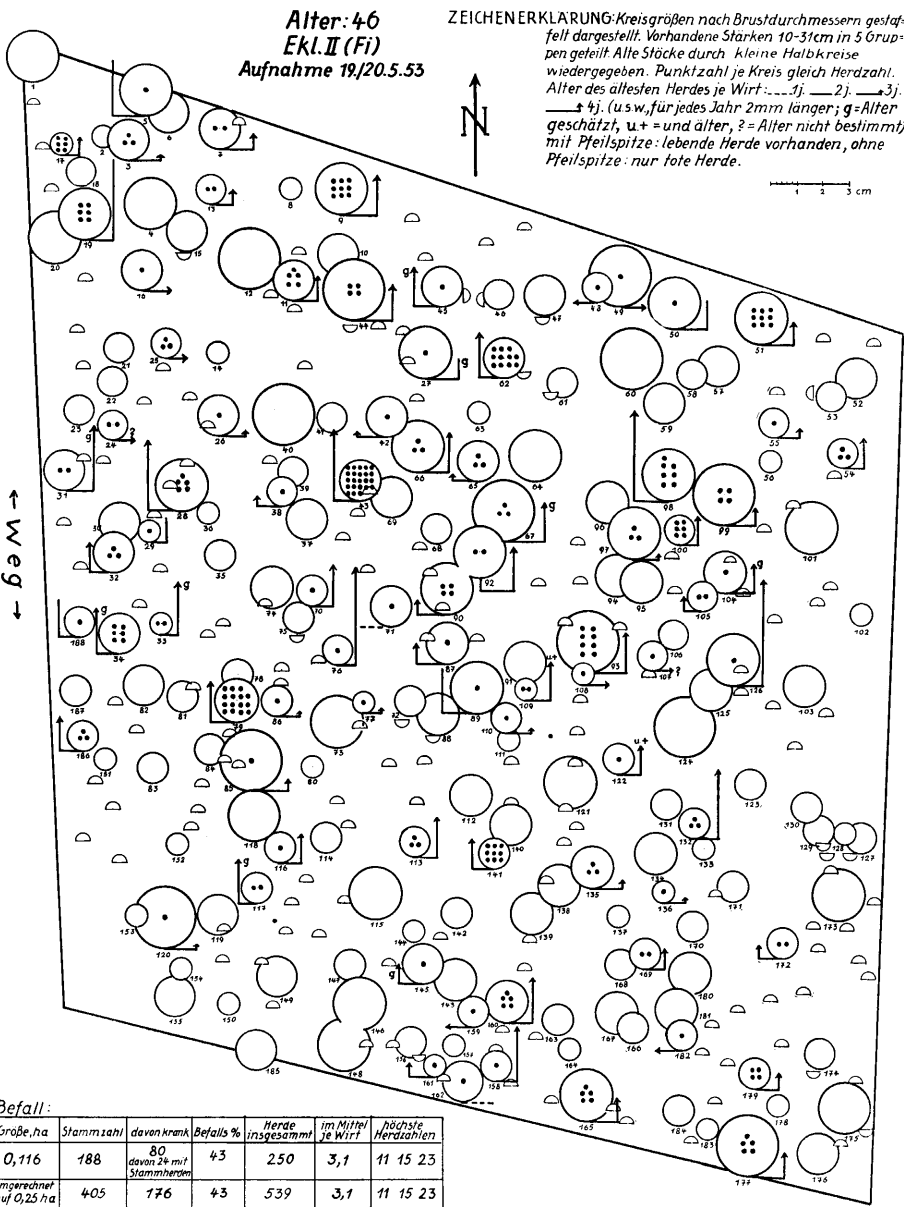
Zu 2: Welche individuellen Befallsgrade kommen vor und wie sind sie auf die Kollektive verteilt?

Die so markante Differenzierung der individuellen Befallsgrade darf gewiß nicht ohne weiteres als Widerspiegelung entsprechender Dispositionsgrade gewertet werden. Stellt man sich vor, daß ein Stobenbestand einmalig oder doch nur wenige Male von einer Sporenwolke getroffen würde, wobei (durch Unterschiede in der Luftbewegung und in der Benetzung des Zweigwerks) platzweise die Sporen verschieden absinken und die Infektionsbedingungen verschieden sind, so würden auch bei gleich starker Anfälligkeit aller Individuen eines Bestandes beträchtliche Unterschiede in der Befallsstärke möglich sein.

Die Zusammenhänge sind ja nun aber durchaus andere! Sporen werden Jahr für Jahr wochenlang herangetragen, einmal mehr, ein andermal weniger. Und nun gibt es, wie die nähere Altersanalyse der Herde lehrt, Stoben, die jahrzehntelang immer wieder und im ganzen sehr häufig mit Erfolg getroffen werden, während ihre Nachbarn nur

**FORSTAMT WALDMICHELBACH**  
Forstwarei Gadern, Forstort Salzburg  
Abt. 91e (alt 6c)

**WEY-KI-BLASEN ROST=**  
**VERSUCHSFLÄCHE**  
0,116 ha



Bisherige forstliche Maßnahmen: Aushieb von toten und absterbenden Weyki.

Lageplan 1

sehr wenige Herde erhalten oder auch ganz gesund bleiben. Ein derartiger Ablauf schien uns von vornherein die Hereinnahme einer Dispositions-Auswirkung in die Rechnung zwingend zu verlangen. Als Beispiel sei auf Stamm-Nr. 77 des 55jährigen Bestandes (s. Lageplan 2, oben links) verwiesen: Im Laufe von 22 Jahren haben sich nach und nach 19 Herde gebildet, während der rechte Nachbar Nr. 78 ganz frei von Herden geblieben ist. Inzwischen konnte auch mit den Methoden der mathematischen Statistik der exakte Beweis erbracht werden, daß die Befallsverteilung dispositionsbedingt ist. Dabei ließ sich sogar der Unterschied zwischen den O-Bäumen und den 1-Herd-Bäumen noch mathematisch erfassen.

Die Kollektive aller Altersklassen gliedern sich so auf, daß es nicht befallene bis stark befallene Stoben gibt (Tabelle 2 und 3).

**FORSTAMT WALDMICHELBACH**  
 Forsterei Lannert, Forstort Boxberg  
 Abt 201 b (alt 4a)  
 Alter 55-59  
 EKL I/II (FI)  
 Aufnahme 12.-16.5.53

**WEYKI-BLASEN ROST=**  
**VERSUCHSFLÄCHE**  
 0,25 ha

ZEICHENERKLÄRUNG: Kreisgrößen nach den Brustdurchmessern gestaffelt dargestellt. Vorhandene Stämme 20-40 cm in 5 Gruppen geteilt. Alle Stämme durch Halbkreise in 5 Stücken wiedergegeben. Punktzahl je Kreis = Herdzahl. Alter des ältesten Herdes je Wirt: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000-1001-1002-1003-1004-1005-1006-1007-1008-1009-1010-1011-1012-1013-1014-1015-1016-1017-1018-1019-1020-1021-1022-1023-1024-1025-1026-1027-1028-1029-1030-1031-1032-1033-1034-1035-1036-1037-1038-1039-1040-1041-1042-1043-1044-1045-1046-1047-1048-1049-1050-1051-1052-1053-1054-1055-1056-1057-1058-1059-1060-1061-1062-1063-1064-1065-1066-1067-1068-1069-1070-1071-1072-1073-1074-1075-1076-1077-1078-1079-1080-1081-1082-1083-1084-1085-1086-1087-1088-1089-1090-1091-1092-1093-1094-1095-1096-1097-1098-1099-1100-1101-1102-1103-1104-1105-1106-1107-1108-1109-1110-1111-1112-1113-1114-1115-1116-1117-1118-1119-1120-1121-1122-1123-1124-1125-1126-1127-1128-1129-1130-1131-1132-1133-1134-1135-1136-1137-1138-1139-1140-1141-1142-1143-1144-1145-1146-1147-1148-1149-1150-1151-1152-1153-1154-1155-1156-1157-1158-1159-1160-1161-1162-1163-1164-1165-1166-1167-1168-1169-1170-1171-1172-1173-1174-1175-1176-1177-1178-1179-1180-1181-1182-1183-1184-1185-1186-1187-1188-1189-1190-1191-1192-1193-1194-1195-1196-1197-1198-1199-1200-1201-1202-1203-1204-1205-1206-1207-1208-1209-1210-1211-1212-1213-1214-1215-1216-1217-1218-1219-1220-1221-1222-1223-1224-1225-1226-1227-1228-1229-1230-1231-1232-1233-1234-1235-1236-1237-1238-1239-1240-1241-1242-1243-1244-1245-1246-1247-1248-1249-1250-1251-1252-1253-1254-1255-1256-1257-1258-1259-1260-1261-1262-1263-1264-1265-1266-1267-1268-1269-1270-1271-1272-1273-1274-1275-1276-1277-1278-1279-1280-1281-1282-1283-1284-1285-1286-1287-1288-1289-1290-1291-1292-1293-1294-1295-1296-1297-1298-1299-1300-1301-1302-1303-1304-1305-1306-1307-1308-1309-1310-1311-1312-1313-1314-1315-1316-1317-1318-1319-1320-1321-1322-1323-1324-1325-1326-1327-1328-1329-1330-1331-1332-1333-1334-1335-1336-1337-1338-1339-1340-1341-1342-1343-1344-1345-1346-1347-1348-1349-1350-1351-1352-1353-1354-1355-1356-1357-1358-1359-1360-1361-1362-1363-1364-1365-1366-1367-1368-1369-1370-1371-1372-1373-1374-1375-1376-1377-1378-1379-1380-1381-1382-1383-1384-1385-1386-1387-1388-1389-1390-1391-1392-1393-1394-1395-1396-1397-1398-1399-1400-1401-1402-1403-1404-1405-1406-1407-1408-1409-1410-1411-1412-1413-1414-1415-1416-1417-1418-1419-1420-1421-1422-1423-1424-1425-1426-1427-1428-1429-1430-1431-1432-1433-1434-1435-1436-1437-1438-1439-1440-1441-1442-1443-1444-1445-1446-1447-1448-1449-1450-1451-1452-1453-1454-1455-1456-1457-1458-1459-1460-1461-1462-1463-1464-1465-1466-1467-1468-1469-1470-1471-1472-1473-1474-1475-1476-1477-1478-1479-1480-1481-1482-1483-1484-1485-1486-1487-1488-1489-1490-1491-1492-1493-1494-1495-1496-1497-1498-1499-1500-1501-1502-1503-1504-1505-1506-1507-1508-1509-1510-1511-1512-1513-1514-1515-1516-1517-1518-1519-1520-1521-1522-1523-1524-1525-1526-1527-1528-1529-1530-1531-1532-1533-1534-1535-1536-1537-1538-1539-1540-1541-1542-1543-1544-1545-1546-1547-1548-1549-1550-1551-1552-1553-1554-1555-1556-1557-1558-1559-1560-1561-1562-1563-1564-1565-1566-1567-1568-1569-1570-1571-1572-1573-1574-1575-1576-1577-1578-1579-1580-1581-1582-1583-1584-1585-1586-1587-1588-1589-1590-1591-1592-1593-1594-1595-1596-1597-1598-1599-1600-1601-1602-1603-1604-1605-1606-1607-1608-1609-1610-1611-1612-1613-1614-1615-1616-1617-1618-1619-1620-1621-1622-1623-1624-1625-1626-1627-1628-1629-1630-1631-1632-1633-1634-1635-1636-1637-1638-1639-1640-1641-1642-1643-1644-1645-1646-1647-1648-1649-1650-1651-1652-1653-1654-1655-1656-1657-1658-1659-1660-1661-1662-1663-1664-1665-1666-1667-1668-1669-1670-1671-1672-1673-1674-1675-1676-1677-1678-1679-1680-1681-1682-1683-1684-1685-1686-1687-1688-1689-1690-1691-1692-1693-1694-1695-1696-1697-1698-1699-1700-1701-1702-1703-1704-1705-1706-1707-1708-1709-1710-1711-1712-1713-1714-1715-1716-1717-1718-1719-1720-1721-1722-1723-1724-1725-1726-1727-1728-1729-1730-1731-1732-1733-1734-1735-1736-1737-1738-1739-1740-1741-1742-1743-1744-1745-1746-1747-1748-1749-1750-1751-1752-1753-1754-1755-1756-1757-1758-1759-1760-1761-1762-1763-1764-1765-1766-1767-1768-1769-1770-1771-1772-1773-1774-1775-1776-1777-1778-1779-1780-1781-1782-1783-1784-1785-1786-1787-1788-1789-1790-1791-1792-1793-1794-1795-1796-1797-1798-1799-1800-1801-1802-1803-1804-1805-1806-1807-1808-1809-1810-1811-1812-1813-1814-1815-1816-1817-1818-1819-1820-1821-1822-1823-1824-1825-1826-1827-1828-1829-1830-1831-1832-1833-1834-1835-1836-1837-1838-1839-1840-1841-1842-1843-1844-1845-1846-1847-1848-1849-1850-1851-1852-1853-1854-1855-1856-1857-1858-1859-1860-1861-1862-1863-1864-1865-1866-1867-1868-1869-1870-1871-1872-1873-1874-1875-1876-1877-1878-1879-1880-1881-1882-1883-1884-1885-1886-1887-1888-1889-1890-1891-1892-1893-1894-1895-1896-1897-1898-1899-1900-1901-1902-1903-1904-1905-1906-1907-1908-1909-1910-1911-1912-1913-1914-1915-1916-1917-1918-1919-1920-1921-1922-1923-1924-1925-1926-1927-1928-1929-1930-1931-1932-1933-1934-1935-1936-1937-1938-1939-1940-1941-1942-1943-1944-1945-1946-1947-1948-1949-1950-1951-1952-1953-1954-1955-1956-1957-1958-1959-1960-1961-1962-1963-1964-1965-1966-1967-1968-1969-1970-1971-1972-1973-1974-1975-1976-1977-1978-1979-1980-1981-1982-1983-1984-1985-1986-1987-1988-1989-1990-1991-1992-1993-1994-1995-1996-1997-1998-1999-2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006-2007-2008-2009-2010-2011-2012-2013-2014-2015-2016-2017-2018-2019-2020-2021-2022-2023-2024-2025-2026-2027-2028-2029-2030-2031-2032-2033-2034-2035-2036-2037-2038-2039-2040-2041-2042-2043-2044-2045-2046-2047-2048-2049-2050-2051-2052-2053-2054-2055-2056-2057-2058-2059-2060-2061-2062-2063-2064-2065-2066-2067-2068-2069-2070-2071-2072-2073-2074-2075-2076-2077-2078-2079-2080-2081-2082-2083-2084-2085-2086-2087-2088-2089-2090-2091-2092-2093-2094-2095-2096-2097-2098-2099-2100-2101-2102-2103-2104-2105-2106-2107-2108-2109-2110-2111-2112-2113-2114-2115-2116-2117-2118-2119-2120-2121-2122-2123-2124-2125-2126-2127-2128-2129-2130-2131-2132-2133-2134-2135-2136-2137-2138-2139-2140-2141-2142-2143-2144-2145-2146-2147-2148-2149-2150-2151-2152-2153-2154-2155-2156-2157-2158-2159-2160-2161-2162-2163-2164-2165-2166-2167-2168-2169-2170-2171-2172-2173-2174-2175-2176-2177-2178-2179-2180-2181-2182-2183-2184-2185-2186-2187-2188-2189-2190-2191-2192-2193-2194-2195-2196-2197-2198-2199-2200-2201-2202-2203-2204-2205-2206-2207-2208-2209-2210-2211-2212-2213-2214-2215-2216-2217-2218-2219-2220-2221-2222-2223-2224-2225-2226-2227-2228-2229-2230-2231-2232-2233-2234-2235-2236-2237-2238-2239-2240-2241-2242-2243-2244-2245-2246-2247-2248-2249-2250-2251-2252-2253-2254-2255-2256-2257-2258-2259-2260-2261-2262-2263-2264-2265-2266-2267-2268-2269-2270-2271-2272-2273-2274-2275-2276-2277-2278-2279-2280-2281-2282-2283-2284-2285-2286-2287-2288-2289-2290-2291-2292-2293-2294-2295-2296-2297-2298-2299-2300-2301-2302-2303-2304-2305-2306-2307-2308-2309-2310-2311-2312-2313-2314-2315-2316-2317-2318-2319-2320-2321-2322-2323-2324-2325-2326-2327-2328-2329-2330-2331-2332-2333-2334-2335-2336-2337-2338-2339-2340-2341-2342-2343-2344-2345-2346-2347-2348-2349-2350-2351-2352-2353-2354-2355-2356-2357-2358-2359-2360-2361-2362-2363-2364-2365-2366-2367-2368-2369-2370-2371-2372-2373-2374-2375-2376-2377-2378-2379-2380-2381-2382-2383-2384-2385-2386-2387-2388-2389-2390-2391-2392-2393-2394-2395-2396-2397-2398-2399-2400-2401-2402-2403-2404-2405-2406-2407-2408-2409-2410-2411-2412-2413-2414-2415-2416-2417-2418-2419-2420-2421-2422-2423-2424-2425-2426-2427-2428-2429-2430-2431-2432-2433-2434-2435-2436-2437-2438-2439-2440-2441-2442-2443-2444-2445-2446-2447-2448-2449-2450-2451-2452-2453-2454-2455-2456-2457-2458-2459-2460-2461-2462-2463-2464-2465-2466-2467-2468-2469-2470-2471-2472-2473-2474-2475-2476-2477-2478-2479-2480-2481-2482-2483-2484-2485-2486-2487-2488-2489-2490-2491-2492-2493-2494-2495-2496-2497-2498-2499-2500-2501-2502-2503-2504-2505-2506-2507-2508-2509-2510-2511-2512-2513-2514-2515-2516-2517-2518-2519-2520-2521-2522-2523-2524-2525-2526-2527-2528-2529-2530-2531-2532-2533-2534-2535-2536-2537-2538-2539-2540-2541-2542-2543-2544-2545-2546-2547-2548-2549-2550-2551-2552-2553-2554-2555-2556-2557-2558-2559-2560-2561-2562-2563-2564-2565-2566-2567-2568-2569-2570-2571-2572-2573-2574-2575-2576-2577-2578-2579-2580-2581-2582-2583-2584-2585-2586-2587-2588-2589-2590-2591-2592-2593-2594-2595-2596-2597-2598-2599-2600-2601-2602-2603-2604-2605-2606-2607-2608-2609-2610-2611-2612-2613-2614-2615-2616-2617-2618-2619-2620-2621-2622-2623-2624-2625-2626-2627-2628-2629-2630-2631-2632-2633-2634-2635-2636-2637-26

Wir haben lange nach einfacheren Methoden gesucht, um zu ersten sicheren Erkenntnissen über den Einfluß der Umwelt auf den Befall zu kommen. Es besteht daran ja nicht nur theoretisches, sondern auch größtes praktisches Interesse: Forsttechnische Maßnahmen zielen weitgehend auf eine Variierung der Umweltfaktoren ab. Wie wollen wir diese in unserem Sinne beeinflussen, so lange wir über ihre Wirkung nichts wissen?

Für eine Eliminierung möglicherweise wirksamer edaphischer oder klimatischer Faktoren wurden folgende Überlegungen angestellt: Die Bestände der viel Schatten ertragenden Strobe sind soziologisch stark gegliedert, was mit beträchtlichen morphologischen und physiologischen Unterschieden zwischen den einzelnen Individuen verbunden ist. Wahrscheinlich geht die soziologische Stellung im Bestandesverband auch auf genotypische Unterschiede in der Wuchskraft zurück; ganz sicher aber spielen dafür externe Gründe, wie kleinere Bodenunterschiede und die Zufälligkeiten der Startbedingungen in der Jugend und des Ausfalls von Nachbarn, eine große Rolle. Wenn nun Umweltfaktoren, insbesondere edaphische, die sich auf die Wuchsenenergie der einzelnen Individuen auswirken, für den Befall eine beträchtliche Bedeutung haben, so werden sich Hinweise dafür vielleicht auch schon innerhalb der Bestände finden lassen. Zutreffendenfalls würde man es mit Modifizierungen der Disposition zu tun haben.

Ein Bestand erlebt in längeren Perioden stärkste Unterschiede in der Jahreswitterung. Sie sind so kraß, daß dagegen die Beeinflussung des Bestandesklimas durch die forstüblichen Eingriffe hinsichtlich vieler Werte oft kaum ins Gewicht fällt. Man denke insbesondere an extrem trockene oder nasse Jahre und an die großen jährlichen Temperaturschwankungen. Wenn regionale Klimaunterschiede für den Befall der Strobe eine beträchtliche Rolle spielen, so besteht einige Aussicht, daß das Ansprechen auf solche Unterschiede auch für den einzelnen Bestand nachweisbar ist. Hier könnte man es zutreffendenfalls mit beiden Möglichkeiten zu tun haben, also mit einer Wirkung auf die Disposition der Strobe, etwa durch eine Schwächung in trockenen Jahren, oder (und) mit Modifizierungen der externen Bedingungen, z. B. durch günstige Verhältnisse für die Sporenkeimung in feuchten Jahren.

Unser Naturexperiment, das entsprechend diesen Überlegungen durchgeführt wurde, hatte folgendes Ergebnis: *In den Strobenbeständen aller Altersklassen werden Angehörige aller soziologischen Klassen befallen.* Innerhalb eines Bestandes haben die Individuen einen um so stärkeren Befall, je wüchsiger sie sind. Es ist danach sicher nicht so, daß irgendwelche Schwächungen, welche den Wuchs beeinträchtigen, die Stroben anfällig machen. Andererseits darf aber auch nicht auf eine stärkere Anfälligkeit der führenden Klassen geschlossen werden; denn ceteris paribus müssen größere Kronen mit ihren größeren Auffangflächen für Sporen auch stärker befallen werden.

Zerlegt man die zu 73% mit i. M. 5,5 Herden befallene Population von insgesamt 93 Stroben im 55jährigen Bestand nach dem Brustdurchmesser in eine stärkere und eine schwächere Hälfte, so sind von der stärkeren 79% mit i. M. 7,6 Herden befallen, von der schwächeren 69% mit i. M. 3,6 Herden. Im 46jährigen Bestand belaufen sich die Zahlen, statt des durchschnittlichen Befalls von 43% mit 3,1 Herden, für die stärkere Hälfte auf 47,9% mit i. M. 3,9, für die schwächere auf 37,2% mit i. M. 2,1 Herden.

Zwischen den Werten besteht danach (gleichsinnig in beiden Beständen!) eine Diskrepanz insofern, als das Be-

fallsprozent an den schwachen Individuen nur um etwa 10 bis 20% geringer ist als an den starken, die mittlere Herdzahl jedoch um etwa 50%. Wir haben dafür noch keine sichere Erklärung, vermuten aber, daß an den geringeren Klassen bei gleicher Anfälligkeit durch das umfangreichere Absterben unterer Zweige relativ sehr viel mehr Herde nicht zur Entwicklung kommen.

Der Vergleich des Befalls der soziologischen Klassen hat also ergeben, daß die *verschiedenartigen Ursachen und Folgen der soziologischen Differenzierung ohne Einfluß auf die Empfänglichkeit* der Stroben für den Blasenrostbefall sind.

Diese mehr individuell ausgerichtete Prüfung ist durch eine mehr summarische für die ganzen Probestände zu ergänzen. Es wäre ja denkbar, daß unbeschadet der zuvor aufgezeigten Gesetzmäßigkeit doch teilweise innerhalb der Bestände Unterschiede des Befalls auftreten. Sie könnten auf Bodenunterschiede zurückgehen, so auch auf Geländeneigungen, und auf die klimatischen Besonderheiten an den verschiedenen Bestandesrändern. Nichts derartiges aber wurde gefunden. Die Lagepläne der Probestände zeigen einen in ihren einzelnen Zellen und im ganzen recht homogenen Befall, wie er wohl nur möglich ist, wenn die Disposition der Stroben durch die örtlich vorkommenden Umwelteinflüsse nicht stark variiert werden kann, i. w. also genotypisch bedingt ist.

Ergänzend verglichen wir noch Dickungen, welche sich durch hohe Heide hatten hindurchkämpfen müssen, mit normal erwachsenen, enge und weite Verbände, Nord- und Südneigungen. Deutliche Unterschiede wurden nicht gefunden. Auch Wollausbefall ist ohne Einfluß.

Es besteht wohl auch kein Anlaß, eine beträchtliche Modifizierung der Disposition durch die Umwelt zwingend zu erwarten; denn geht es tatsächlich um die von STRUCKMEYER und RIKER gefundene Fähigkeit der Abriegelung (14), so ist durchaus vorstellbar, daß diese weitgehend oder auch ganz von der Umwelt unabhängig sein könnte, zumal offenbar keine Beziehungen der Disposition zur individuellen Wuchsenenergie bestehen.

Im Zusammenhang unserer Überlegungen über den Einfluß der Umwelt bleibt nun noch folgendes Problem zu erörtern: Wenn auch die Befallsverteilung in den Strobenbeständen dafür spricht, daß der Befall in einer durch die Umwelt nur wenig modifizierten Art von der Anlage abhängt, so ist damit noch nichts zur Klärung der Frage gewonnen, wie sich das regionale Klima *quantitativ* auf den Befall auswirkt. Würden unsere Probe-Kollektive in einem anderen Klima, z. B. im humideren oder arideren, stärker oder schwächer befallen werden? Im nächsten Abschnitt wird versucht werden, darüber einige erste Aufschlüsse zu gewinnen.

#### Zu 4: *Wie verläuft die Anfälligkeit einer einzelnen Strobe während ihres Lebens?*

Schon in der Einleitung wurde gesagt, daß man sich nicht nur fragen muß, ob eine jetzt herdfreie 20jährige Strobe dies immer bleiben wird, sondern genau so sorgfältig prüfen, ob jetzt befallene Stroben später vielleicht herdfrei sein werden. Die Frage, ob es vielleicht sogar zu aktiven Immunisierungen kommt, muß immerhin auch gestellt werden.

Antworten auf diese und einige noch anzuschließende Fragen lassen sich mittels Rekonstruktion individueller Befallsgänge durch Analysen der Herdalter finden, wobei es zur Ausschaltung im Einzelfall möglicher Versuchsfehler jedoch auch hier wieder unerlässlich ist, größere Kollektive durchzuprüfen. Man sehe sich einmal eine stark

befallene ältere Strobe näher an, etwa die Nr. 4 unten links im Lageplan 2 mit 20 Herden. Hätten sich diese Herde alle in einem oder in wenigen Jahren, sagen wir um das Alter 40, gebildet, so würde es naheliegen, an folgende beiden Möglichkeiten zu denken: daß die Strobe, gerade in jenem Alter, also vorübergehend, besonders anfällig gewesen ist, oder daß man es mit der Auswirkung extremer Umweltbedingungen, etwa mit einigen sehr nassen Jahren, zu tun hat.

Tatsächlich findet man aber etwas ganz anderes: Soweit die Stroben mehrere Herde haben, sind diese *nach und nach* entstanden. Hohe Herdzahlen finden sich nur in Verbindung mit längerer, meistens sogar mit sehr langer Befallszeit. Dafür einige Beispiele:

Tabelle 4

Stamm-Nr.	Herdzahl	Strobe befallen seit ... Jahren
<i>Strobe 46j.</i>		
9	9	9
43	23	16
51	9	7
62	11	11
79	15	10
141	9	8
<i>Strobe 55j.</i>		
4	20	16
20	11	11
36	11	11
38	11	10
49	10	20
57	15	7 (schnellste beobachtete Zunahme)
77	19	22
85	23	10 (sehr schnelle Zunahme)
88	12	8

Für *Pinus silvestris* konnten wir ja schon früher nachweisen, daß niemals ein bislang gesundes Individuum plötzlich stark, also mit vielen Herden, befallen wird. Immer beginnt es mit 1 oder 2 Herden; erst allmählich kommt es zu höheren Werten und nur dann gelegentlich auch einmal plötzlich zu schnellen weiteren Steigerungen der Herdzahl (8), (9). So waren nun auch alle in unseren Probeflächen gefundenen Stroben mit starkem Befall schon länger befallen, und es streuen die Herdalter an den einzelnen Wirten in der Regel über das ganze Befallsalter.

An den Zugängen des Untersuchungsjahres 1953 fanden wir niemals mehr als 1 Herd. Bis zu 3jährigem Befallsalter wird die Herdzahl 3 nicht überschritten; dann erst kommen höhere Werte vor. Damit ist bewiesen, daß man es nicht mit einer an den einzelnen Stroben plötzlich stark hervorbrechenden Disposition zu tun hat, sondern mit einer *jeweils ganz schwach beginnenden*.

So gleichmäßig dieser Anfang und so deutlich auch eine bestimmte Entwicklungsrichtung des Befalls ganzer Populationen erkennbar ist, so markant treten aber unter den durch ihren Befall als anfällig ausgewiesenen Stroben nach längerer Befallszeit *individuelle Dispositions-Unterschiede* hervor.

Zunächst einige Beispiele für solche Stroben, bei denen es trotz hohen Alters des Befalls bei ganz wenigen Herden bleibt (Tabelle 5).

Andererseits gibt es Stroben, an denen sich die Herdzahl schnell vermehrt. Zwei extreme Fälle stellen die Stamm-Nr. 57 und 85 des 55jährigen Bestandes dar (s. Tabelle 4). Hier ist aber, gerade wegen der außerordentlichen Seltenheit solcher Fälle, noch an die Möglichkeit zu denken, daß der eine oder andere ältere Herd verloren gegangen ist, das wirkliche Befallsalter also höher liegt.

Tabelle 5

Stamm-Nr.	Herdzahl	Strobe befallen seit ... Jahren
<i>Strobe 46j.</i>		
5	1	13
31	2	15
76	1	21
126	1	23
158	1	12
<i>Strobe 55j.</i>		
40	3	15
48	1	10

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Frage gewidmet, ob es Stroben gibt, die viele ältere, aber keine jungen Herde haben, da man dann wohl einen Rückgang der Disposition solcher Individuen (möglicherweise durch aktive Immunisierung) annehmen müßte. Es wurde dafür kein Anhalt gefunden. Alles deutet vielmehr darauf hin, daß die Disposition, wenn sie an einzelnen Individuen auch offensichtlich schwach bleibt, doch fortbesteht. Bis auf diesen Umstand, daß nicht ein einziger sicherer Beleg für einen Rückgang der Disposition beigebracht werden kann, gleicht die Struktur des Befalls ganzer Populationen, wie sie aus der Art des Erstbefalls und der ± schnellen und starken Zunahme der Anfälligkeit bzw. des Befalls resultiert, bis in letzte Feinheiten dem Befund bei *Pinus silvestris*<sup>7)</sup>.

Würden sich an den Wirten und gleichsinnig in mehreren Beständen Häufungen bestimmter Herdalter finden, so läge es nahe, an Auswirkungen klimatischer Besonderheiten zu denken. Aber auch dafür wurde kein Anhalt gefunden. Die jährlichen Zugänge an Wirten beliefen sich in den letzten 10 Jahren im 46jährigen Bestand im Mittel auf 6,3, in den Grenzen 2 bis 10, im 55jährigen Bestand auf 4,0, in den Grenzen 1 bis 7. Die Schwankungen sind also recht beträchtlich. Da sie aber in den untersuchten Beständen nicht gleichsinnig verlaufen, und *da weitaus die meisten der 10 Jahreszugänge nahe am Mittelwert liegen*, braucht die Bedeutung der jährlichen Witterungsschwankungen für den Befall unter den Verhältnissen des Untersuchungsgebietes nicht besonders hoch veranschlagt zu werden.

Es soll nicht bezweifelt werden, daß auch verschiedenerlei Zufälligkeiten für die Befallverteilung eine gewisse Bedeutung haben. In der Gruppe der O-Bäume dürften sich einzelne Individuen befinden, die ähnlich veranlagt sind wie die gerade schon wirksam getroffenen 1- bis 2-Herdbäume, dem Befall aber gerade noch entgingen. Dies kann schon allein dadurch zustande kommen, daß die eine oder andere Infektion lediglich wegen vorzeitigen Absterbens der betroffenen Zweige nicht zum eigentlichen Herd führte.

Leider ist auch im 55jährigen Bestand noch kein Ende der Befallszunahme abzusehen. Laufend erscheinen auf bislang befallsfreien Stroben Herde. Nach den Zugängen der letzten Jahre gibt es keinen Anhalt dafür, daß sich dies jetzt verlangsamt. Wenn, wie anzunehmen, die weiteren Zugänge an Wirten dem Mittel der letzten 10 Jahre entsprechen, so wird im 55jährigen Bestand in 6 bis 7 Jahren keine Strobe mehr ohne Befall sein, im 46jährigen Bestand in etwa 17 Jahren.

Dies spricht für die auf Seite 93 geäußerte Vermutung, daß die 26 O-Bäume des 55jährigen Bestandes der Anfälligkeitsschwelle nahestehen, daß es also unter ihnen besonders resistente Individuen nicht mehr gibt.

Würde man diese 26 (noch) herdfreien Stroben in Tabelle 3 nach links hin entsprechend ihrem Resistenzgrad

<sup>7)</sup> Über die Besonderheiten der Befallsverteilung, die sich daraus ergeben, daß die Ansteckung bei *Peridermium pini* direkt, bei *Cronartium ribicola* aber vom Zwischenwirt her erfolgt, wird an anderer Stelle näheres mitgeteilt werden.



so ordnen können, wie es mit den 67 befallenen nach rechts hin entsprechend ihrem Anfälligkeitsgrad geschehen ist, so würde sich keineswegs eine GAUSS'sche Häufigkeits-Verteilung ergeben: Die linke Seite ist dafür viel zu schwach belegt, und es fehlen durchaus die starken Resistenzgrade.

Im 46jährigen Bestand dürfte das Gros der O-Bäume zur Zeit zwar noch erheblich resistenter sein, doch ist dies *keine Eigentümlichkeit einer deswegen nun Aufmerksamkeit verdienenden besseren Sorte, sondern eine Funktion des jüngeren Alters*. Die 46jährige Population wird in etwa 17 Jahren auch vollständig befallen sein und denselben Zustand erreicht haben wie die 55jährige in 6 bis 7 Jahren.

Dafür läßt sich folgende Rechnung aufmachen: Von den jetzt befallenen Individuen des 46jährigen Bestandes werden im Laufe der 9 Jahre, bis der Bestand auch 55jährig ist, viele eingehen. Man kann dies recht genau veranschlagen: Im 46jährigen Bestand haben von den 80 Wirten 24 Stammherde. Hiervon werden im Laufe der nächsten 10 Jahre 15 bis 20 eingehen, dazu noch einige, an denen sich in Kürze Zweigherde zu Stammherden auswachsen werden. So ist mit einem Abgang als Befallsfolge von etwa 20 Stroben zu rechnen. Es werden dann also von den 188 Stämmen (befallene und herdfreie) 20 weniger vorhanden sein, von den jetzt 80 Wirten nur 60. Trotzdem wird das Befallsprozent nicht fallen, sondern steigen. Unter der Voraussetzung, daß sich der Zugang an Wirten in Zukunft auf derselben Höhe halten, in den neun Jahren bis 1963 also  $9 \times 6,3 = 57$  betragen wird, werden dann von den 168 Stroben  $60 + 57 = 117$  befallen sein. Das entspricht einem Befall von 70%, der dem im 55jährigen Bestand tatsächlich gefundenen von 73% sehr nahe kommt. Dies dürfte zugleich für die Zulässigkeit einer solchen Rechnung sprechen.

Der hier hervortretende Unterschied zu den Verhältnissen der Resistenz von *Pinus silvestris* gegen den Parasiten *Peridermium pini* WILLD. verdient größtes theoretisches Interesse. Bei der Kiefer hat man es mit einem sehr viel breiteren Spektrum der Anfälligkeits- bzw. Resistenzgrade zu tun, wie die folgende Gegenüberstellung (Tabelle 6) zeigt.

Tabelle 6

Bestand Holzart - Alter	Befallsprozent	höchste individuelle Herdzahl
Strobe 55j.	73	23
Kiefer 42j. <sup>1)</sup>	28	91

<sup>1)</sup> Siehe MÜLDER (9), S. 31 und Lageplan 3.

Bei einem weit geringeren Befallsprozent finden sich also bei der Kiefer viel höhere individuelle Befallsgrade. Wie u. E. zwingend anzunehmen ist, müssen dem entsprechend hohe Resistenzgrade, zumal bei dem hohen Prozentsatz der O-Bäume, gegenüberstehen. Es ist bemerkenswert, daß auch CHILDS und BEDWELL (2) in ihrem Sortenversuch zu der Vermutung gelangten, daß *Pinus lambertiana* in der Anfälligkeit stärker differenziert ist als die anderen von ihnen getesteten Arten. In den extremen Verhältnissen bei der Kiefer kommt möglicherweise auch das Ergebnis eines uralten natürlichen Ausleseprozesses zum Ausdruck.

Im Rahmen unserer Bemühungen, Antworten auf Frage 4 nach dem Verlauf der individuellen Anfälligkeit zu erhalten, ergänzen wir die Rekonstruktion des Befallsganges mittels der Altersanalyse der Herde durch Weiterbeobachtung möglichst vieler, hinsichtlich ihres Befalls und dessen Stellung im Kollektiv genau bekannter Individuen. Dafür dient insbesondere der erwähnte 18jährige Bestand. Einzelne, uns besonders interessierende stark anfällige Stroben sollen z. B. laufend von gefährlichen Herden gereinigt werden, damit sie nicht eingehen, sondern als Versuchsobjekte erhalten bleiben.

Wir sind jetzt nach allem leidlich gerüstet, die im ersten Absatz dieses Kapitels wieder aufgenommene Frage der

Einleitung zu beantworten, ob nämlich eine herdfreie 20-jährige Strobe ohne Befall bleiben wird, oder ob eine ältere, jetzt herdfreie Strobe immer herdfrei gewesen ist. Die zweite Frage soll sich auch auf folgendes Problem beziehen: Kann eine früher befallene Strobe (deren Herde zufällig unwirksam blieben) durch Änderungen in der Anlage später von weiteren Herden verschont bleiben?

Unter den Verhältnissen unseres Naturexperimentes wird nach aller Wahrscheinlichkeit *keine Strobe frei von Befall bleiben*. Es kommen laufend so viele neue Wirte hinzu, daß ihr Anteil am Kollektiv — trotz Ausscheidens vieler Bestandesglieder als Befallsfolge — von 31 im Alter 18 auf 73 im Alter 55 ansteigt. Alles spricht dafür, daß in wenigen Jahren auch die letzten noch herdfreien Stroben befallen sein werden. Wer also jüngere Stroben ausliest, die neben befallenen bislang herdfrei geblieben sind, *hat keinerlei Gewähr, für die Resistenzzüchtung geeignete Individuen gewonnen zu haben*.

Im Einzelfall läßt sich nicht mit absoluter Sicherheit sagen, ob eine ältere, jetzt herdfreie Strobe nicht schon einmal den einen oder anderen Herd gehabt hat. Einzelne Herde können verloren gehen. Es kann also gelegentlich einmal vorkommen, daß eine Strobe, die mit 60 Jahren herdfrei gefunden wird, früher einmal einen, in seltenen Fällen vielleicht auch zwei Herde gehabt hat, die durch Zweigabfall der Nachweisbarkeit entgingen. Bei einer so schwachen Disposition, die es nur zu ganz wenigen Herden kommen läßt, muß mit der Möglichkeit solcher unechten Herdfreiheit gerechnet werden. Andererseits genügt solche Erklärung; denn wo Zufälligkeiten das Bild nicht mehr stören können, wie dies bei höheren Herdzahlen der Fall ist, wurde keinerlei Anhalt dafür gefunden, daß die Disposition auch zurückgehen kann.

### III. Auswertung der Ergebnisse für Züchtungsversuche

Wenn abschließend versucht wird, aus den Ergebnissen unseres Naturexperimentes einige Ratschläge für die weiteren Züchtungsarbeiten, insbesondere für die Individualauslese, abzuleiten, so geschieht dies in der Überzeugung, daß es zunächst vor allem auf eine Vertiefung der theoretischen Einsichten ankommt.

1. Es liegt tief im Lebensrhythmus der Stroben begründet, von welchem Alter an und wie stark sie anfällig werden. Diese innere Anlage wird nicht oder doch nur so wenig durch die Umwelt beeinflusst, daß der Züchter dies ganz vernachlässigen kann. Mit anderen Worten: Er darf sich darauf verlassen, daß die individuelle Anlage der Stroben für den jeweils angetroffenen Befall von ausschlaggebender Bedeutung ist. So weit das Ribesvorkommen und die klimatischen Infektionsbedingungen quantitative Unterschiede im Befall bewirken, handelt es sich um externe, die anlagebedingte Disposition der Stroben nicht berührende Vorgänge.

2. Die mehr oder weniger starke individuelle Veranlagung der Stroben für den Befall kommt in der Zahl der Herde zum Ausdruck. In jedem Kollektiv gibt es in immer wiederkehrender ähnlicher Abstufung schwach bis stark befallende Individuen. An Störungen der Verteilung durch Zufälligkeiten ist nur in Grenzfällen zu denken, indem etwa von zwei gleich veranlagten Individuen das eine 1 bis 2 Herde erhalten, das andere verschont bleiben könnte.

Zwischen der Zahl der Herde eines Wirtes und dem Verhalten der Herde, insbesondere ihrer Stoßkraft = Gefährlichkeit für den Wirt, konnte keine deutliche Beziehung gefunden werden. Die einmal gebildeten Herde verhalten



sich vielmehr im Prinzip alle gleich. Es wird daher geraten, sich bei der Auslese ganz auf die Herdzahl zu verlassen.

3. Die *innere Anlage* der Stoben für den Blasenrost-Befall *unterliegt Verschiebungen mit dem Alter*. Beobachtet wurden nur Bewegungen in Richtung auf eine *Zunahme* der Anfälligkeit *mit dem Alter*. In den Probeständen unseres Naturexperimentes wird schließlich, etwa um das Alter 60 bis 65, wohl keine Strobe mehr ohne Befall sein.

Das Zuchtziel können danach wohl nur Stoben sein, die erst möglichst spät in einen zu Befall führenden Dispositionsgrad hineinwachsen. Man würde aber auch damit viel, wenn nicht alles, erreicht haben: Wenn nämlich die Stoben eines Kollektivs erst mit etwa 60 Jahren anfällig werden, so kann das nicht mehr viel schaden, da es ja nur ganz allmählich zu stärkerem Befall kommt, und da mindestens 10 bis 20 Jahre bis zu den ersten Abgängen vergehen. Unter solchen Bedingungen lassen sich die starken Zieldurchmesser mit geschlossenen Beständen erreichen. Man würde dann auch eine intensivere Wirtschaft, z. B. mit Astung, treiben können. Ob es aussichtsreich und notwendig ist, sich im Wege der Kreuzung resistenter Individuen ein noch höheres Zuchtziel zu setzen, mag dahingestellt bleiben.

4. Der durch die Herdzahl erkennbaren Anlage-Differenzierung der befallenen Stoben entspricht *eine gewisse Differenzierung des Resistenzgrades der (noch) herdfreien*. Diese Differenzierung unter den Gesunden ist *wahrscheinlich um so stärker, je jünger der Bestand ist*. Im ältesten, 55jährigen Versuchsbestand stehen die noch gesunden Individuen der Schwelle, die Befall ermöglicht, nunmehr wohl alle so nahe, daß sie diese in wenigen Jahren überschritten haben werden. Selbstverständlich sind sie deshalb züchterisch nicht alle gleich zu bewerten. Es bleibt vielmehr von größtem Interesse, in wie starke Dispositionsgrade auch sie schließlich noch hineinwachsen.

5. Da große Kronen mehr Sporen auffangen und den Herden bessere Entwicklungsmöglichkeiten bieten, sie auch weniger leicht verlieren als die kleinen Kronen eingeklemmter Individuen, an denen die unteren Zweige schneller absterben und abbröckeln, verrät eine völlig herdfreie, große Krone einen besonders hohen Resistenzgrad. Umgekehrt läßt eine kleine Krone mit vielen Herden auf einen besonders hohen Anfälligkeitsgrad schließen.

6. Züchtungsversuche, gleich ob es sich um Maßnahmen der vegetativen oder generativen Analyse des ausgelesenen Materials handelt, sollten von vornherein so angelegt werden, daß sie zu möglichst großen theoretischen Aufschlüssen führen. Dazu gehört vor allem, daß *nicht nur mit resistenten Individuen gearbeitet wird, sondern in parallelen Reihen auch mit anfälligen*, und daß man aus Kollektiven auswählt, deren Befalls-Spektrum vorher ermittelt wurde.

Auch z. B. für den Versuch RIKERS u. a. (11) möchte man noch eine Ergänzung durch parallele Bearbeitung hochanfälliger Individuen, ausgelesen aus demselben Kollektiv, wünschen. Nur so kann die Möglichkeit von Fehlschlüssen, z. B. im Zusammenhang damit, daß sich die Pflöplinge gegenüber der Infektion durch eine gewisse Umstimmung vielleicht anders verhalten als ihre Mutterbäume, mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Das Verhalten der Pflöplinge von den als gesund ausgelesenen Mutterbäumen ist nämlich auch unter den extremen Belastungen des RIKERSchen Versuchs so extrem günstig, daß man etwas Sorge haben muß, es sei noch ein Faktor  $x$  im Spiel.

7. Kennt man den Befall ganzer Bestände und die strenge Gesetzmäßigkeit seines Werdeganges, so muß man fragen, ob nicht die *Möglichkeiten der vegetativen Analyse durch Testen von Pflöplingen und Stecklingen zur Zeit zu hoch eingeschätzt werden*. Wir haben in unseren Experimenten das Ergebnis eines 18, 46 und 73 Jahre

währenden natürlichen, in seinem Gang weitgehend rekonstruierbaren Ausleseprozesses vor uns, dem jedes Individuum mit einer riesigen verwundbaren Oberfläche ausgesetzt war. Ist es wahrscheinlich, daß gleich gute oder noch bessere Aufschlüsse zu gewinnen sind, wenn man nun von ausgelesenen Individuen vegetative Nachkommen zieht, um sie mit künstlichen Infektionen zu testen. Für eine Differenzierung des Befalls wie im Freiland sind die Versuchsobjekte viel zu klein. Deckt sich das Ergebnis im übrigen mit dem Freiland-Befund, so ist es ja gut. Deckt es sich nicht, ist dann das, was man nach groben Manipulationen in einem relativ kurzen Beobachtungszeitraum an einem kleinen Pflänzchen sieht, schlüssiger als das Ergebnis einer jahrzehntelangen natürlichen Auslese unter Objekten mit so viel größerer reagierender Oberfläche?

Bei den ausländischen Fachgenossen kehrt häufig der Gedanke wieder, daß man ausgelesene, gesunde Bäume deswegen noch im Versuchsgarten an Pflöplmaterial testen müsse, weil sie draußen zufällig dem Befall entgangen (escaped) sein könnten. Wir halten solche Zufälle nur in Grenzfällen zwischen gerade noch herdfrei gebliebenen und gerade schon befallenen Stoben für möglich. Schärfer als die Natur kann hier aber das Experiment aus den oben genannten Gründen wahrscheinlich auch nicht trennen.

8. Trotzdem bleiben für die vegetative Analyse noch so viele Aufgaben übrig, daß man ihre Weiterentwicklung nicht vernachlässigen sollte. Insbesondere erscheint es uns notwendig, wenigstens in einem Teil der Versuchsgärten das Material sehr viel größer werden zu lassen, damit es Platz für stärkeren Befall bietet, den es länger aushalten kann (der sich dann zum Schutz der wertvollen Testpflanzen ja auch laufend beseitigen ließe) und damit die *Beobachtungen über einen längeren Zeitraum* erstreckt werden können.

9. Ideal erscheint es uns, wenn man die *vegetative und die generative Analyse parallel schalten* würde. Dafür wäre an folgendes Vorgehen zu denken: Man wählt aus einem etwa nach unserer Methode analysierten Bestand mehrere gesunde Individuen aus (mehrere u. a. auch deshalb, um nicht zufällig nur schwächere Resistenzgrade zu erfassen) und mehrere befallene, darunter schwach, mittel und stark befallene. Die vegetative Nachkommenschaft läßt man so groß werden, daß ein gründlicher Test auch hinsichtlich des Verhaltens der Herde auf den Wirten, bzw. der Reaktion der Wirte gegen die Herde, durchführbar ist. Dann benutzt man diese in solcher Weise doppelt (zunächst im Freiland, dann im Versuchsgarten) getestete vegetative Nachkommenschaft zur generativen Analyse durch gelenkte Bestäubungen nach den bewährten Methoden der Züchter. Durch rechtzeitiges Entfernen gefährlich werdender Herde lassen sich die befallenen Versuchsbäume für eine praktisch unbegrenzte Zeit am Leben halten.

Für generative Analysen empfiehlt sich die Auslese in älteren Beständen, wo schon eine starke natürliche Auscheidung vorausgegangen ist. Für ausschließlich vegetative Analysen, z. B. auch zur Erweiterung der Arbeiten STRUCKMEYERS und RIKERS über die Natur der Resistenz (14), eignet sich auch Material aus jüngeren Beständen.

10. Eine Prüfung der qualitativen und quantitativen Verhältnisse des Befalls unserer Stobenbestände muß u. E. auch die Frage auslösen, ob und wo die praktische Resistenzzüchtung besser über eine Auslese einzelner resistenter Individuen oder über die Ausmerzungen eines bestimmten Anteils des Kollektivs zum Ziele kommt. Liest man z. B. von den 26 herdfreien Stoben des 55jährigen Bestandes (s. Tabelle 3) nur einzelne aus, so verzichtet

man ohne Not auf die Masse der Plusvarianten, und zwar bei sehr geringer Wahrscheinlichkeit, gerade die wertvollsten zu erfassen. Arbeitet man dagegen mit allen 26 herdfreien Stroben, so vermeidet man einerseits die unerwünschte Einengung des allgemeinen Genmaterials und macht sich andererseits das spezifische, für die Resistenz entscheidende Erbgut in maximalem Umfang dienstbar.

Es ist für unser Beispiel durchaus zu überlegen, ob man nicht auch die wüchsigsten 1-Herd-Stroben noch erhalten, also erst von 2 Herden an aufwärts die befallenen ausmerzen sollte. Man hätte dann eine größere Auswahlmöglichkeit, könnte z. B. in unserem Fall von den 26 O-Bäumen die geringwüchsigen, kleinkronigen Individuen noch ausscheiden. Es bliebe dann etwa ein Drittel des Kollektivs als Mutterbestand für die Saatgutgewinnung übrig. (In Gebieten stärkeren Befalls würde das beste Drittel unseres Kollektivs nach unserer Vorstellung bei gleichem genetischen Wert auch einen stärkeren Befall haben.)

Bei solcher Art des Vorgehens kann die praktische Züchtung, wenigstens in Europa mit den vielfach isoliert stehenden Strobenbeständen, weitgehend in den Wald verlegt werden, indem in geeigneten Kollektiven die beschriebene Auswahl getroffen wird. Auch bei älteren Stroben ist dies durch Ernte ohne Schwierigkeiten und ohne ins Gewicht fallende Beobachtungsfehler durchführbar. Stehen solche Bestände genügend weit von anderen Stroben entfernt, so hat man ausreichende Sicherheit, auch bei freiem Abblühen nur Kreuzungsprodukte der ausgesuchten, nach aller Wahrscheinlichkeit genotypisch resistenten Bäume zu erhalten. Für den Bestandeskomplex, aus dem die 0,25 ha große 55jährige Versuchsfläche herausgeschnitten wurde, ist die Maßnahme inzwischen durchgeführt. Auf ähnliche Pläne RIKERS u. a. (11) wird Bezug genommen. Der von RIKER vorgesehene zusätzliche Test im Versuchsgarten ist gerade hier u. E. ganz entbehrlich.

Man kann selbstverständlich auch in Samenplantagen eine ausreichende Anzahl ausgelesener Individuen zusammenführen und sollte darauf, trotz der aufgezeigten Möglichkeiten der Freiland-Samengewinnung, keinesfalls verzichten. In den Plantagen bestehen gerade für Forschungszwecke wieder zusätzliche Möglichkeiten, die es auszuschöpfen gilt. Sie sind u. a. auch der Ort für Neuschöpfungen durch Artenkreuzungen, also für die Züchtungen im eigentlichen Sinne.

Falls aber die Annahmen zutreffen, mit denen auf dem Gebiet der Blasenrost-Resistenzzüchtung mit *Pinus strobus* gearbeitet wird, dürfte die beschriebene Herrichtung geeigneter, dafür sofort in möglichst großem Umfang sicher zu stellender Strobenbestände gute Aussicht bieten, schnell und billig zu großen Mengen besseren Saatgutes zu gelangen. Damit soll nicht mehr gesagt werden, als daß die gewonnenen theoretischen Grundlagen ein solches Vorgehen nunmehr rechtfertigen. Welchen tatsächlichen Gewinn es bringen wird, kann nur die Zukunft lehren.

### Zusammenfassung

Im Kampf gegen *Cronartium ribicola* werden große Hoffnungen auf die Züchtung gesetzt. Die theoretischen Grundlagen bedürfen noch der Verbesserung. Mit der vorliegenden Arbeit wurde versucht, einen Beitrag für die Vertiefung der Einsichten zu liefern, die für die Individualauslese benötigt werden.

Im Rahmen eines Naturexperiments wurde der Befall verschiedenaltiger Bestände von *P. strobus* auf Probeflächen genau erfaßt und analysiert. Um sonstige Einflüsse

auszuschalten, wurden die Erhebungen in einem Revier und auf gleichen Standorten durchgeführt. Folgende Fragen sollten Antworten finden:

1. Wie stark sind unsere Strobenbestände in den verschiedenen Altersperioden befallen?
2. Welche individuellen Befallsgrade kommen vor und wie sind sie auf die Populationen verteilt?
3. Wie weit beeinflußt die Umwelt die Anfälligkeit und den Befall?
4. Wie verläuft die Anfälligkeit einer einzelnen Strobe während ihres Lebens?

Obwohl laufend viele Stroben dem Parasiten erliegen, steigt das Krankenprozent in den Populationen mit dem Alter immer mehr an, so daß im Versuchsrevier etwa ab Alter 65 keine Strobe mehr ganz ohne Befall sein wird. Es bleiben aber auch dann starke Unterschiede im Befallsgrad, der nach Herdzahlen gemessen wird, bestehen. Ordnet man die Stroben danach, so ergibt sich eine immer wieder ähnliche Verteilung von ganz schwach bis zu stark befallenen Individuen. Es ist mathematisch gesichert, daß es sich bei der Staffelung der Herdzahlen nicht um Zufallsverteilungen handeln kann. Die Befallszahlen spiegeln die Anfälligkeitsgrade wider. Ihre Differenzierung ist bei der Strobe allerdings weit geringer als bei der Kiefer gegen *Peridermium pini*.

Es konnte kein Anhalt für die Beeinflussung der Befallsverteilung durch externe Faktoren gefunden werden. Dies gilt auch für die verschiedenartigen Umweltbedingungen, welche (neben anlagebedingten Unterschieden der Wuchsenenergie) die starke soziologische Differenzierung herbeigeführt haben und nun seit langem für die soziologischen Klassen bestehen.

Die Disposition jeder einzelnen Strobe ist tief in ihrem Lebensrhythmus verankert, vor allem weitgehend eine Funktion des Alters. Zunächst gesunde Stroben können später stark anfällig werden. Im Versuchsgebiet werden schließlich alle anfällig. Die Disposition beginnt (genau wie bei der Kiefer) immer schwach. Änderungen wurden nur als Zunahme der Disposition beobachtet. Anhaltspunkte für einen Rückgang, geschweige denn für ein mehrfaches Hin und Her, wurden bei keinem Individuum gefunden.

Die Auswertung der Ergebnisse für Züchtungsversuche findet sich im letzten Abschnitt.

### Summary

Title: *Contribution to Individual Selection of Blister Rust Resistance of Pinus strobus.* —

Much hope is set on breeding in the fight against *Cronartium ribicola*. The theoretical foundation still needs improvement. In this paper it is tried to give a contribution for a deeper understanding of individual selection.

Within the scope of a natural experiment the infection of differently aged stands of *P. strobus* on trial fields was exactly seized and analysed. To eliminate any other influences the notations were made in one district and at the same locations.

The following questions should be answered:

1. How severe are our stands of *P. strobus* attacked in the different stages of age?
2. What individual degree of infection does occur and how are they divided among the population?
3. How great does the environment take influence on the susceptibility and on the infection?
4. What course does the infection take during the lifetime of one *P. strobus*?

Eventhough many *P. strobus* succumb the parasite, the percentage of infected trees in the population rises more and more with age. There will be no *P. strobus* without infection at the age of 65 in the trial district. Yet even then great differences are to notice in the degree of infection, which is measured according to the places infected. Does one arrange the *P. strobus* accordingly the result is a similar division of very small to highly infected individuals. It is mathematically guaranteed that the differentiation of the places infected does not occur incidentally. The frequency of infection give a picture of the degree of infection. The differentiation on *P. strobus* is by far less than on the common Pine against *Peridermium pini*.

There was no external factor to be found influencing the division of infection. This is also true for the environmental conditions, having brought about strong sociological differentiation (besides hereditary differences of the growth energy) and now since a long time exist for sociological classes.

The disposition of every single *P. strobus* is deeply anchored in her rhythm of life, foremost a function of age. At first healthy *P. strobus* can later be infected heavily. In the trial district finally all become infected. The disposition (as in the common Pine) always begins slightly. Changes were only noticed as an increase of disposition. Evidence for a retrogression or for a movement to and fro was not found at any individual.

Evaluation of the results for breeding experiments will be found in the last section of the paper.

### Résumé

Titre: Contribution à la sélection individuelle de *Pinus strobus* résistants à la Rouille vésiculeuse. —

On fonde beaucoup d'espoirs, dans la lutte contre *Cronartium ribicola*, sur l'amélioration par sélection. Les bases théoriques de ce travail demandent encore à être précisées. Cet article essaie de donner une compréhension plus exacte de la sélection individuelle.

Dans le cadre de cette expérience, on a mesuré et analysé le degré d'infection de peuplements de *P. strobus* de divers âges. Afin d'éliminer tous les autres facteurs les observations furent toujours faites dans un seul district et dans des stations analogues. On a essayé de répondre aux questions suivantes:

1. Quel est le degré de sévérité de l'attaque, aux différents âges, de nos peuplements de *P. strobus*?
2. Quelle est la variabilité individuelle de l'infection et comment est-elle répartie dans la population?
3. Dans quelle mesure les facteurs du milieu agissent-ils sur la sensibilité des arbres et sur la gravité de l'infection?
4. Comment évolue l'infection au cours de la vie d'un *P. strobus*?

Bien que beaucoup de *P. strobus* soient tués par le pa-

rasite, le pourcentage d'arbres atteints s'accroît de plus en plus avec l'âge. Dans le district où a lieu l'expérience, il n'y aura plus aucun *P. strobus* indemne à partir de 65 ans. Pourtant on peut noter, même à cet âge, de grandes différences dans la gravité de l'attaque, mesurée d'après le nombre des foyers d'infection. Si on répartit les individus en fonction de la gravité de l'attaque, on retrouve toujours la même distribution, depuis les plus faiblement atteints jusqu'aux plus gravement infectés.

Il est prouvé mathématiquement que les différences constatées suivant le nombre des foyers d'infection ne sont pas dues au hasard. La fréquence de l'infection est liée à la sévérité. Les différences constatées pour *P. strobus* sont beaucoup plus faibles que celles observées pour le pin sylvestre en ce qui concerne les attaques de *Peridermium pini*. Ni les facteurs externes ni la composition ou la densité du peuplement ne semblent intervenir dans la répartition de l'infection.

La sensibilité de chaque individu est liée intimement à son rythme de vie, et en premier lieu à son âge. Un jeune pin indemne peut être plus tard sévèrement attaqué. Dans le district, tous les pins sont finalement atteints. La sensibilité, comme chez le pin sylvestre, paraît toujours faible au début. On n'a observé qu'une progression, jamais une régression de la sensibilité.

Dans la dernière partie de l'article, on discute de l'application de ces résultats aux expériences d'amélioration.

### Literatur

1. BINGHAM, R. T., SQUILLACE, A. E., and DUFFIELD, J. W.: Breeding blister-rust-resistant western white pine. *J. Forestry* 51, 163—168 (1953). — 2. CHILDS, T. W., and BEDWELL, I. L.: Susceptibility of some white pine species to *Cronartium ribicola* in the Pacific northwest. *J. Forestry* 46, 595 (1948). — 3. GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Basel 1945. — 4. HIRT, R. R.: The relation of certain meteorological factors to the infection of eastern white pine by the blister rust fungus. Bull. New York State College Forestry, Syracuse University, Technical Publ. Nr. 59, 1942. — 5. HIRT, R. R.: Evidence of resistance to blister rust by eastern white pine growing in the northeast. *J. Forestry* 46, 811—913 (1948). — 6. LEHMANN, E.: Zur Frage der Resistenzzüchtung der Weymouthskiefer gegen Blasenrost. *Allg. Forst- u. Jagdzeitung* 122, 206—213 (1951). — 7. MEYER, H.: Zur Blasenrostresistenzzüchtung mit *Pinus strobus*. *Z. Forstgenetik* 3, 101—104 (1954). — 8. MÜLDER, D.: Neue Grundlagen für eine rationelle Abwehr des Kienzopfs (*Peridermium pini*). *Forstwiss. Cbl.* 70, 369—395 (1951). — 9. MÜLDER, D.: Die Disposition der Kiefer für den Kienzopfbefall als Kernproblem waldbau-technischer Abwehr. Schriftenreihe Forstl. Fakultät Hann. Münden, Heft 10, 1954. — 10. MÜLDER, D.: Der Strobenblasenrost und die Waldbautechnik. *Jahresbericht 1954* (Lindenfels) des Hess. Forstvereins, p. 36—47. — 11. RIKER, A. I., KOUBA, T. F., BRENNER, W. H., and BYAM, L. F.: White pine selections tested for resistance to blister rust. *J. Forestry* 1943, 753—760. — 12. ROHMEDER, E.: Erreichtes und Erreichbares in der forstlichen Resistenzzüchtung. *Allg. Forstzeitschrift* 9, 529—536 (1954). — 13. SPAULDING, P.: White pine blister rust: a comparison of European with North American conditions. *U. S. Dept. Agric. Bull.* 87, 59 pp. (1929). — 14. STRUCKMEYER, B. E., and RIKER, A. I.: Wound-periderm formation in white pine trees resistant to blister rust. *Phytopathology* 1951, 276—281.