

1. Die sorteneigene Triebstärke der Stammbildner in den ersten beiden Entwicklungsjahren zeigt sehr starke Schwankungen. Diese Triebstärke ist nicht ohne weiteres ein Maßstab für das Ausmaß des Stammbildnereinflusses auf die Edelsorten. Während einzelne, in der Baumschule selbst sehr schwache Stammbildner ein starkes Triebwachstum der Edelsorte verursachen, bilden andere starke Wachser nur relativ schwache Edelkronen aus. Bei einer dritten Gruppe stimmen eigenes Jugendwachstum und beeinflußte Triebstärke der Edelsorten weitgehend überein. Läßt man hochgradig unverträgliche Stammbildnersorten unberücksichtigt, so ist die Streubreite in der Wuchsstärke der Edelsorten zwar sehr beachtlich (die Unterschiede liegen zwischen 9—26 % der Wuchsleistungszahlen) aber im allgemeinen geringer als bei extrem sich verhaltenden Wurzelunterlagen von Apfel.

2. Neben Stammbildnern mit extremer physiologischer und mechanischer Unverträglichkeit in Baumschule und Obstpflanzung wie *Malus prunifolia* 26, Virginia crab und Transcedent crab gibt es Sorten, die infolge geringerer Affinitätschwierigkeiten nur mit bestimmten Sorten im Wuchs nicht befriedigen (z. B. Unseldapfel mit James Grieve).

3. In einigen Fällen zeigt sich ein gewisser Standorteinfluß. Ferner ließ sich eine unterschiedliche Wachstumsbreite der einzelnen Stammbildner feststellen.

4. Es besteht nicht ohne weiteres eine Beziehung zwischen geringer Triebstärke von Stammbildner und Edelsorte und frühem Ertragsbeginn. So bringen z. B. die einen starken Wuchs der Edelsorten verursachenden Stammbildner Anoka, Hibernal, Jakob Fischer und Maunzenapfel frühe und relativ reiche Anfangserträge wie die schwachen Triebe verursachenden Stammbildner Melba und Virginia crab. Umgekehrt sind die Anfangserträge in Verbindung mit den starken Trieb erzeugenden Sorten Fraas Sommerkalvill und St. Pauler Weinapfel bisher nicht befriedigend. Ähnlich verhalten sich Pomme d'or und Pfaffenhofer Schmelzling. Stammbildner, die am endgültigen Standort schwachen Trieb verursachen wie Président Déscur, Frickenapfel und Noir de Vitry stehen bei den Anfangserträgen auch am Ende der Wertskala. Die

Schwankungen zwischen den Anfangsernten bei gleichen Edelsorten auf verschiedenen Stammbildnern betragen in extremen Fällen 325 %.

5. Zwischen sortenspezifischer Frosthärtedeinerseits, sowie geradschäftigem und starkem Wuchs andererseits konnten keine Beziehungen beobachtet werden. Eine stark und geradschäftig wachsende Sorte kann sowohl sehr frosthart (*Malus prunifolia* I) als auch frostempfindlich sein (Pomme d'or). Eine schwachwachsende Sorte kann dagegen sowohl frosthart (Melba) als auch frostempfindlich sein (Président Descour).

Es gilt also, neben dem baumschulmäßigen einen eindeutigen obstbaulichen Standpunkt bei der Stammbildnerfrage zu vertreten. Dabei kann es erforderlich werden, andere Wertmaßstäbe für die Baumschulqualität eines Obstgehölzes als bisher anzulegen, wenn dies die Interessen des Obstbauern verlangen.

#### Literatur.

1. HANSEN, N. E.: Fruit stocks where the mercury freezes. Royal Hort. Soc. London 307—311 (1931). —
2. HILDEBRANDT, B. u. K. L. MAURER: Frostsicherer Obstbau, 5. Aufl. Hannover 1948. —
3. HILKENBÄUMER, F.: Die gegenseitige Beeinflussung von Unterlage und Edelkreis bei den Hauptobstarten im Jugendstadium unter Berücksichtigung verschiedener Standortverhältnisse. Kühn-Archiv 48, 1—261 (1942). —
4. HILKENBÄUMER, F.: Verhalten von Apfelstammbildnern in der Baumschule. Kühn-Archiv 62, 1—12 (1949). —
5. HILKENBÄUMER, F.: Rheinische Monatsschrift, 39. Jahrg., Heft 7, 95—96 (1951). —
6. HILKENBÄUMER, F., und I. KOVACEVIC: Zur Methodik des Feldversuchs mit Obstgehölzen. Z. Pflanzenzüchtung 28, Heft 2, S. 186—209 (1949). —
7. KOVACEVIC, IVAN: Die Abhängigkeit der generativen von der vegetativen Entwicklung des Apfels in bezug auf den Sorten-, Unterlagen- und Standorteinfluß. Kühn-Archiv 61, 1—107 (1944). —
8. MANEV, TH., H. H. PLAGGE u. PICKETT: Stock and scion effect in topworked apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32, 332—335 (1935). —
9. MAURER, K. J.: Durch Gerüstbildner ein krisenfester Tafelobstbau. Land, Wald und Garten, Heft 2, 4. Jahr (1949). —
10. MAURER, K. J.: Vorläufiger Bericht über einen Stamm- bzw. Gerüstbildnerversuch. Der Züchter 20, 346—352 (1950). —
11. MAURER, K. J.: Vorläufiger Bericht über einen Stamm- bzw. Gerüstbildnerversuch. (Zweites Baumschuljahr.) Der Züchter 21, 115—123. (1951). —
12. MAY, W.: Briefliche Mitteilung 1951. —
13. MAURER, K. J.: Die Bedeutung der Stammbildner. Gartenbauwirtschaft 58, 12 (1941).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg und der Agrarmeteorologischen Forschungsstation Quedlinburg.)

## Über den Einfluß von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* SCOP. und *Myzodes persicae* SULZ. sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* FRST\*.

Von H. J. MÜLLER und K. UNGER.

Mit 25 Textabbildungen.

### 1. Einleitung.

Die vorliegenden Untersuchungen dienen der näheren Aufklärung der Ökologie des Blattlausfluges als Grundlage von Arbeiten über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von Kulturpflanzen gegenüber Blattläusen.

Der Flug der Insekten hat als Mittel für die Verbreitung der Individuen wie für die Arealerweiterung

\* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 9.

der Arten gegenüber langsameren Ausbreitungsmechanismen erhöhte Bedeutung; nicht nur als allgemein biologisch interessantes Phänomen, sondern vor allem in praktischer Hinsicht. Im Brennpunkt des Interesses stehen dabei diejenigen Schadinsekten, die neben ihrer unmittelbaren Schadwirkung als Verbreiter (Vektoren) infektiöser Prinzipien (insbesondere von Viren) besonders unseren landwirtschaftlichen Kulturen in doppelter Weise gefährlich werden, namentlich also einige Blattläuse.

Der Flug der Blattläuse wird wie der der meisten anderen Kleininsekten aber dadurch besonders kompliziert, daß sie infolge ihrer bei großer Oberfläche geringen Masse häufig von Luftströmungen erfaßt und zusätzlich zu ihrer Eigenbewegung passiv über mehr oder weniger große Strecken verfrachtet werden (Drift). Die alljährliche Ausbreitung der Nachkommen der aus den überwinternden Eiern (seltener virginogenen Jungfern) entstehenden, zunächst kleinen Ausgangspopulationen auf größere Räume erhält dadurch einen schwer kontrollierbaren und stark vom Zufall abhängigen Charakter. Man hat bei ihrer Erforschung infolgedessen das Hauptaugenmerk auf diesen Windfaktor gerichtet und alle solchermaßen von Luftströmungen transportierten Insekten mit dem Sammelbegriff „Luftplankton“ belegt. JOHNSON hat kürzlich mit Recht nachdrücklich darauf hingewiesen, wie unberechtigt der Gebrauch dieses hydrobiologischen Begriffes ist; denn plankontische Organismen verbringen zumindesten den größten Teil, wenn nicht die Gesamtheit ihres Lebenszyklus in einem von Massenbewegungen erfaßbaren Schwebezustand, die Insekten und andere Lufttiere dagegen nur einen ganz geringen Bruchteil ihres Lebens in ähnlicher Weise im Raum. Ein „Luftplankton“ kann es deshalb nicht geben; denn auch die besten Flieger, Schweber und Segler bleiben in ihren wichtigsten Lebensphasen (Fortpflanzung, Ruhe) bodengebunden.

Man hat außerdem über der Beschäftigung mit der passiven Verbreitung der Blattläuse durch Windverfrachtung aber auch fast völlig versäumt, sich mit dem normalen aktiven Flug der Blattläuse zu befassen, beziehungsweise diesem eine vergleichsweise verschwindend geringe Bedeutung zugemessen. Erst in den letzten Jahren haben Beobachtungen von DAVIES, MOERICKE, BROADBENT, JOHNSON, H. J. MÜLLER, MÜLLER und UNGER, gezeigt, daß der aktive Flug der Blattläuse besonders in bodennahen Luftsichten eine ausschlaggebende Rolle spielt und dementsprechend auch passive Fernflüge jeweils von überwiegend aktivem Flug, bei Start und Landung, eingerahmt sind. Daraus erhellt ohne weiteres die ausschlaggebende Rolle des aktiven Fluges für das Problem der Wirtsfindung und Wirtswahl. Die vielfach noch verbreitete Vorstellung, daß der Neubefall eines Feldbestandes mit Blattläusen im wesentlichen dadurch zustande käme, daß die passiv mit dem Winde herbeigeführten Läuse förmlich in diesen hineingeblasen würden, muß deshalb zweifellos als im allgemeinen unzutreffend fallen gelassen werden. Sie beruht im wesentlichen auf Ergebnissen der Klebfallentechnik, die sich — (wie unten noch genauer zu erläutern sein wird) — als unzureichend für die Erfassung von Populationsdichten fliegender Insekten erwiesen hat (siehe u. a. JOHNSON). Die Blattläuse können nämlich unter wechselnden Flugbedingungen, beispielsweise bei verschiedener Windgeschwindigkeit, in verschiedenen Höhen, bei verschiedenen Temperaturen usw., aber auch in verschiedener Entwicklungsphase einmal tatsächlich passiv angeweht werden, ein anderes Mal den Klebeflächen sowohl aktiv ausweichen, wie auch absichtlich sich auf ihnen niederlassen. Die Fänge derartiger Klebfallen sind deshalb nur sehr bedingt und jedenfalls nicht quantitativ auswertbar und keinesfalls als alleiniges Ergebnis passiver Verfrachtung anzusehen.

Die bisherigen Beobachtungen über den aktiven Flug einiger landwirtschaftlich wichtiger Blattlausarten (*Doralis fabae* Scop., *Myzodes persicae* Sulz.) haben auch schon ein Licht auf die Bedingungen geworfen, unter denen er stattfindet. Erwartungsgemäß spielt dabei als begrenzender Faktor der Wind eine entscheidende Rolle. In guter Übereinstimmung hat sich bei direkter Beobachtung im Freien (MOERICKE, MÜLLER und UNGER, KENNEDY) wie bei Laborversuchen (BROADBENT, DAVIES) ergeben, daß bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 2—3 Beaufort-Graden keine aktiven Abflüge mehr stattfinden. In diesem Zusammenhang muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß freilich auch bei der passiven Verfrachtung durch Luftströmungen der aktive Flügelschlag in gleicher Intensität anhält, also der passive Flug in Wahrheit — sowohl hinsichtlich Richtung wie Geschwindigkeit — stets nur eine Resultante aus „aktiver“ Flug- und „passiver“ Windkomponente darstellt, genau so wie der Kurs eines Motorflugzeuges in einer Windströmung. Abflüge und Landungen finden nur statt, wenn die Werte der Windkomponente unter denen der Flugkomponente bleiben, die Laus also Richtung und Geschwindigkeit des Fluges weitgehend beherrscht. Nur dann sprechen wir von aktivem Flug in engerem Sinne, während beim passiven Flug die Windkraft weitgehend vorherrscht.

Die bisher vorliegenden Beobachtungen über den aktiven Blattlausflug haben ferner schon Hinweise dafür erbracht, daß auch Temperatur und Luftfeuchtigkeit einen erheblichen Einfluß auf seine Intensität besitzen. So konnten MÜLLER und UNGER bei den sommerlichen Schwärmen von virginogenen *Doralis*-Geflügelten bestimmte Optimalbereiche für diese beiden Witterungsfaktoren nachweisen und mittels strahlungsfreier Thermoelemente als Schwellenwert für Abflüge von Blattoberflächen eine Temperatur von 17° C auf der Startfläche ermitteln.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist es, an einem größeren, im Verlaufe einiger entscheidender Wochen des Blattlausfluges 1951 gewonnenen Material in Gelbschalen gefangener Blattläuse und Psylliden und den gleichzeitig fortlaufend ermittelten mikroklimatischen Faktoren zu prüfen, ob Korrelationen zwischen aktivem Blattlausflug und den mikroklimatischen Elementen bestehen, welcher Art sie sind und ob dabei Unterschiede zwischen den einzelnen untersuchten Homopteren-Arten bestehen. Dabei interessiert vor allem der Intensitätsverlauf des Blattlausfluges im Verlaufe des Tages und in verschiedenen Höhen bis zu 2 m über dem Boden, da in diesen bodennahen Luftsichten der Blattlausflug bisher unseres Wissens noch kaum genauer untersucht wurde, jedoch von entscheidender Bedeutung für Befall und Wirtswahl ist.

Zuvor sei die Aufmerksamkeit aber noch auf einen wichtigen Umstand gelenkt, der bei Untersuchungen über die Abhängigkeit biologischer Objekte von physikalischen oder chemischen Faktoren häufig nicht in gebührender Weise berücksichtigt wird: nämlich den physiologischen Entwicklungszustand und den damit mehr oder weniger eng verknüpften „psychischen“ Zustand der Tiere und ihr daraus resultierendes verschiedene Verhalten unter den gleichen äußeren Bedingungen. So fliegt eine erst kürzlich flugfähig gewordene Bohnenlaus nach dem Abflug von ihrer bis-

herigen Wirtspflanze unter den gleichen mikroklimatischen Bedingungen steil aufwärts weit fort, — ohne sich um daneben aufgestellte neue Wirtspflanzen zu kümmern —, unter denen sie später nach einem Fluge, für dessen Dauer und Weite wir leider bisher nur wenige Anhaltspunkte haben, niedrig über dem Boden hinfliegt und offensichtlich nun nach diesen neuen Wirtspflanzen sucht. Vermutlich ist es nur ihr physiologischer Zustand, wahrscheinlich der verschieden hohe Energiespiegel, Überschuß oder Mangel an Muskelkraft, trivial ausgedrückt zunehmende Ermüdung und Hunger, der ein so verschiedenes Verhalten auslöst. Man darf also nicht von einem Blattlausflug schlechthin sprechen, sondern muß scharf zwischen einzelnen Phasen unterscheiden, die am besten durch die sie beherrschenden Strebungen der Läuse, die ihr Verhalten bestimmenden Triebe charakterisiert werden.

Zunächst, nach der Häutung zur Imago, werden die Läuse vom Flugtrieb, der Flugstimmung beherrscht, die sie zum Abflug veranlaßt, sobald ihnen die äußeren Bedingungen (Temperatur, Licht, Windgeschwindigkeit usw.) den Start gestatten und die sie unbekümmert um andere Reize (neue Nahrungsquellen usw.) zum Flug in die Weite und Höhe treibt. MOERICKE hat diese Flugphase als Schwärmpphase bezeichnet, die zur Ausbreitung der Läuse über große Entfernungen führt (Distanzflug). Wahrscheinlich wird der Flug in der Flugphase zunächst vom Licht gesteuert, da verschiedene Beobachtungen zeigten, daß die Abflüge stets in Richtung der größten Helligkeit führen. Im Freien geraten die Läuse, abgesehen von der Wirkung von Konvektion und Turbulenz, dadurch zwangsläufig alsbald in höhere Luftsichten, wo sie dann sehr häufig von den dort fast stets herrschenden höheren Windgeschwindigkeiten erfaßt werden dürften, die dann weitgehend die Richtung ihrer Reise auf Distanz bestimmen. JOHNSON hat nachgewiesen, daß der passive Aphidenflug bis in größeren Höhen (bis 600 m) stets eine abhängige Funktion der am Boden entstehenden und aktiv abfliegenden Blattlauspopulation darstellt, und wahrscheinlich gemacht, daß der Eintritt der Tagesmaxima nach oben zeitlich nachhinkt und daß sich die Luft im Verlauf der ersten Nachhälfte mehr oder weniger vollständig von Blattläusen reinigt.

Daraus lassen sich gewisse Hinweise über Dauer und maximale Weite der Verfrachtungsflüge gewinnen, die also nicht über die Tageslänge hinaus anhalten und entsprechend der Windgeschwindigkeit nur eine begrenzte Entfernung erreichen können.

Auf noch nicht völlig geklärte Weise gelangen später die meisten windverfrachteten Läuse, bei Nachlassen von Wind und Konvektion aktiv fliegend oder bei Aufhören des Flügelschlages infolge ihrer Schwere passiv absinkend, wieder in niedere Luftsichten. Inzwischen ist ihr Flugtrieb weitgehend abreakt und sie werden nun — ermattet und hungrig — vom Suchtrieb nach neuen Nahrungsquellen beherrscht. In dieser Landestimmung sind sie bestrebt, den Flug zu beenden und reagieren nun auf die von den Wirtspflanzen ausgehenden Reize, die sie zum Befall derselben führen. MOERICKE hat diesen Teil des Fluges, der also auf eine Besiedlung neuer Nahrungsquellen abzielt, treffend als Befallsphase bezeichnet; der Einfachheit halber sei hier von Befallsflug gesprochen.

Seit kurzem wissen wir (BROADBENDT, MOERICKE), daß unter den Reizen, die die vom Suchtrieb beherrschte Laus zur Landung verlassen, auch bestimmte farbige Flächen gehören, vor allem das Gelb, das förmlich suggestiv zu wirken scheint und deshalb in Form der von MOERICKE konstruierten Gelbschalen als Falle verwendet werden kann.

Zwar wissen wir noch wenig über Reichweite und spezifische Wirkung der Gelbschalenfallen. Sicher ist aber, zumindesten für die hier in Rede stehenden wirtschaftlich wichtigen Arten, daß Gelbschalenfallen nur die in Landestimmung befindlichen, aktiv fliegenden Geflügelten erfassen, die sich absichtlich auf den gelben Flächen niederlassen. Es scheint auch wenig wahrscheinlich, daß etwa mit dem Winde horizontal über die Schalen transportierte Läuse in größerer Anzahl in diese geraten. Schon aus diesem Grunde eignen sich zur Erfassung des aktiven Fluges horizontale Fangflächen, wie sie die Gelbschalenfallen darstellen, besser als vertikale. Bei dem zu schildernden Versuch waren neben den Schalen mit gelb gestrichener Grundfläche auch Schalen mit grauer Grundfläche angebracht. In diesen Grauschalen wurden bei normalen Anflugtagen 2—3% der in Gelbschalen gefangenen Läuse gefunden. Nur an Tagen mit sehr geringen Fangergebnissen war der prozentuale Anteil der Grauschalenfänge höher. Ein Korrelationsvergleich der Grau- und Gelbschalenfänge zeigte keinen statistisch zu erfassenden Zusammenhang. Aus diesem Grunde können die in Grauschalen gefangenen Läuse nicht in dem Sinne der Gelbschalenfangergebnisse als „angelockt“ bezeichnet werden, und es ist naheliegend, die Grauschalenfangergebnisse nur durch hereingewehrte Läuse zu erklären. Dann stellt aber die geringe Anzahl der hereingewehrten Läuse einen zu vernachlässigenden Fehler dar, der sich im relativen Verlauf der Gelbschalenfänge nicht bemerkbar machen dürfte. Startende Läuse in Flugstimmung kümmern sich nach eigenen orientierenden Versuchen nicht um die Gelbschalen. Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich deshalb — das sei ausdrücklich betont — nur auf die Befallsphase des Aphidenfluges, der im Zusammenhang mit Arbeiten über Resistenzerscheinungen der Wirtspflanzen und Wahlvermögen der Aphiden unser besonderes Interesse erweckt hat. Dazu ist freilich einschränkend zu bemerken, daß, wie bei allen psychischen Regungen, auch Flug- und Landestimmung der Aphiden einander nicht übergangslos ablösen, d.h. auch eine gelandete Laus kann — früher oder später, wenn die beflogene Pflanze ihren Ansprüchen nicht oder nicht mehr genügt, — wieder abfliegen, weil der Flugtrieb dann wenigstens momentan den Suchtrieb überwindet. Sie bleibt aber dennoch in der Befallsphase, fliegt niemals weit und hoch, sondern sucht alsbald auf einer neuen Pflanze zu landen. Erst wenn sie die richtige gefunden hat, erlischt. — wenigstens für eine Zeit, die zur Absetzung einiger Junglarven genügt — der Kampf der einander widerstrebenden Stimmungen.

## 2. Methode (Durchführung der Untersuchungen).

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden vier Gelbschalen ( $\varnothing 22$  cm) benutzt, die wir der Freundlichkeit von Herrn Dr. MOERICKE, Bonn verdanken. Hinsichtlich Bau und Benutzung derselben genügt des-

halb ein Hinweis auf die einschlägige Schrift MOERICKEs.

Die vier Schalen waren in verschiedener Höhe im Stumpfsburger Garten des Instituts für Pflanzenzüchtung Quedlinburg nahe dem Meßfeld der Agrarmeteorologischen Forschungsstation Quedlinburg aufgestellt.

Nr. I.a: auf dem nackten Erdboden, im Mittel 5—10 m von den nächsten Versuchspflanzen entfernt;

Nr. I: in einer *Vicia faba*-Doppelkontrollreihe, bei einem Pflanzenabstand von 50 × 50 cm, und zwar stets in Gipfelhöhe der Pflanzen, im Durchschnitt in 22 cm Höhe, nie tiefer als 15 und nicht höher als 30 cm;

Nr. II: auf einem Pfahl in 1,72 m Höhe über freiem Boden, im Mittel 5—10 m von anderen Pflanzen (*Vicia faba*) entfernt;

Nr. III: auf einem Pfahl in 1,20 m Höhe in einem größeren *Vicia faba*-Bestand (7—10 m vom Rand entfernt) annähernd in Gipfelhöhe der Pflanzen.

Da sich in anderen Versuchen gezeigt hat, daß es — zumindesten bei kleineren Beständen — für das Fangergebnis gleichgültig ist, ob die Schalen in Gipfelhöhe zwischen locker stehenden Pflanzen oder frei auf vegetationsfreien Flächen aufgestellt sind, spielen die angeführten Unterschiede hinsichtlich der Nähe von Wirtspflanzen keine wesentliche Rolle. Lediglich die in einem größeren, dichteren Bestand stehende Schale III weist teilweise veränderte Bedingungen auf und ist deshalb in den Auswertungen nur mit Vorbehalt berücksichtigt worden.

Gewiß wäre es besser gewesen, für die einzelnen Höhenstufen von 0, 20, 120 und 172 cm jeweils mehrere Schalen aufzustellen, doch war das aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich. Jedoch bilden die täglich mehrmals wiederholten Ablesungen über einen größeren Zeitraum eine hinreichende Gewähr für die Realität der erhaltenen Werte. Zudem hat sich in anderen, in entfernt liegenden Gärten aufgestellten Schalen stets die gleiche Tendenz in der Größenordnung und Periodizität der Werte — auch gegenüber anderen Versuchen — ergeben.

Die Schalen wurden in der Zeit vom 23. Juli bis 31. August 1951 täglich jeweils in zweistündigen Intervallen zu den geradzahligen Tagesstunden (MEZ) entleert und die Fänge gesondert ausgezählt. Dabei wurden die Nachtstunden ausgelassen, nachdem sich herausgestellt hatte, daß nach Eintritt der Dunkelheit kein Aphidenflug mehr stattfindet. So wurde die erste Kontrolle stets um 06<sup>h</sup> morgens, die letzte um 22<sup>h</sup>, bzw. nach dem 12. 8. um 20<sup>h</sup> durchgeführt. Die Tatsache, daß bei der 22<sup>h</sup>-, bzw. 06<sup>h</sup>-Kontrolle in der Beobachtungsperiode nur selten einzelne Läuse in den Schalen gefunden wurden, beweist, daß die Kontrollen weder abends zu früh noch morgens zu spät lagen.

Die Fänge wurden im Labor sofort in 80 % Alkohol gebracht und noch am gleichen Tage, meist sofort anschließend, sortiert und ausgewertet. Diese sofortige Auslese hat gegenüber späterer Aufarbeitung den großen Vorteil, daß die Tiere noch kaum geschrumpft und entfärbt und infolgedessen viel leichter kenntlich sind als nach längerer Aufbewahrung.

Für die vorliegende Untersuchung wurde dabei ausgezählt:

1. die Summe aller Aphiden;

2. die Anzahl der Psyllide *Trioza nigricornis* Frst., die durch ihre Häufigkeit und besonderes Verhalten auffiel;

3. die Anzahl der Schwarzen Bohnenlaus *Aphis (Doralis) fabae* Scop., die allerdings hier als Großart im Sinne von HILLE RIS LAMBERS gewertet wurde, da

eine Untersuchung der einzelnen, von anderen nach chaetologischen Merkmalen unterschiedenen „Arten“ ohne Kenntnis der Wirte mit Sicherheit nicht möglich ist;

4. die Anzahl der Grünen Pfirsich- bzw. Kartoffellaus *Myzodes persicae* Sulz. Auch hierbei konnten die nahe verwandten und nur schwer unterscheidbaren Arten, wie sie C. BÖRNER kürzlich übersichtlich dargestellt hat, nicht berücksichtigt werden, so daß die Anzahl für *Myzodes* vielleicht etwas zu hoch ist und unter *Myzodes persicae* im Folgenden die ganze Mp.-Gruppe zu verstehen ist. Jedoch dürfte der Fehler bei der Seltenheit der anderen Arten praktisch nichts ins Gewicht fallen.

Das gesamte Material wird — ebenso wie die Einzelprotokolle der Fänge — im Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg weiter aufbewahrt; die Fänge allerdings, zwar nach Tagesdoppelstunden getrennt, aber aus allen vier Schalen und wochenweise vereinigt.

Insgesamt wurden während der 39 Tage der Versuchszeit (23. 7. bis 31. 8.) 10205 Aphiden und 17691 *Trioza nigricornis* gefangen. Unter den Aphiden wurden 1161 *Doralis fabae* und 6325 *Myzodes persicae* gezählt.

Die aus arbeitstechnischen Gründen nicht weiter verkürzbaren<sup>1</sup> Fangperioden der Gelbschalen von je 2 Stunden bedingen, daß alle Fangergebnisse im Tagesverlauf als Summe über je 2 Stunden vorliegen. Die zum Vergleich herangezogenen meteorologischen Elemente mußten infolgedessen ebenfalls zu Doppelstundenintervallen zusammengefaßt werden. Da die Flugtätigkeit der untersuchten Homopteren erst kurz nach Sonnenaufgang beginnt und bald nach Sonnenuntergang endet, konnten nur die Doppelstunden herangezogen werden, die als volle Doppelstunde nach Sonnenaufgang bzw. vor Sonnenuntergang auftraten. Wir benutzten daher in der Versuchszeit als erste Doppelstunde die Zeit von 06—08<sup>h</sup> und als letzte Doppelstunde die Zeit von 20—22<sup>h</sup> MEZ, mit Ausnahme der Darstellung des Lichteinflusses auf die Flugtätigkeit.

Da außer den Fängen zu verschiedenen Tageszeiten auch Fänge in verschiedenen Höhen vorgenommen wurden, sind jeweils die meteorologischen Elemente in diesen verschiedenen Höhen als Vergleichsgrößen herangezogen worden. Die Werte in 2 m Höhe stammen von den Messungen und Registrierungen in einer englischen Hütte und die Größen in 10 cm Höhe bzw. Bodennähe wurden in einer ALBRECHTSchen Meßanlage gemessen und registriert (ALBRECHT). Für die Vergleichswerte in 40 cm Höhe stand uns eine Sonderhütte mit Registrierungen in der gleichen Höhe zur Verfügung. Die Hüttenfehler und die Meßgrößenfehler der ALBRECHTSchen Meßanlage waren durch strahlungsfreie elektrische Meßinstrumente festgestellt worden. Die gefundenen Korrekturen sind bei der Auswertung der meteorologischen Meßreihen berücksichtigt worden.

Die Meßstellen mit den meteorologischen Instrumenten waren nur wenige Meter von den Gelbschalenfangplätzen entfernt, so daß die mikroklimatischen Verhältnisse der Fangplätze den gefundenen Größen der Meßreihen gut entsprechen.

<sup>1</sup> Eine mit Unterstützung anderer Mitglieder des Instituts für Pflanzenzüchtung konstruierte „Blattlausuhr“, in der automatische Stundenfänge registriert werden, konnte leider nicht eingesetzt werden, weil das erforderliche, den Witterungseinflüssen standhaltende Material nicht beschafft werden konnte.

Unseren Mitarbeiterinnen Fr. E. Simon, Fr. B. Wachsmuth und Frau G. von Wangelin danken wir auch an dieser Stelle herzlich für ihre getreuliche Hilfe bei den Kontrollen der Schalen und der Auswertung des anfallenden Materials.

### 3. Gelbschalengänge zu verschiedenen Tageszeiten und in verschiedenen Höhen.

Aus Angaben der modernen, ökologisch ausgerichteten Aphidenliteratur (HEINZE, BROADBENT, JOHNSON, KENNEDY u. a.) sowie eigenen Untersuchungen (MÜLLER und UNGER 1951) ist zu ersehen, daß der Aphidenflug saisonalen Schwankungen unterliegt, die im wesentlichen auf der unterschiedlichen Produktion von Geflügelten zu verschiedenen Jahreszeiten, sowie den Einflüssen der Witterungsfaktoren auf den Flug (Flugwetter) beruhen. Die vorliegende Beobachtungsreihe fällt in den Abschnitt der sommerlichen Ausbreitungsflüge der virginogenen Jungfern, der meist in der 2. Julihälfte sein Maximum erreicht und stets den Gipfel des Aphidenfluges überhaupt zu bringen pflegt. Da es sich im vorliegenden Falle vorwiegend um die Aufklärung der täglichen Flugverhältnisse handelt, wird auf den Ablauf des Gesamtanfluges während der Versuchszeit nicht eingegangen und die Auswertung in Form von Summen- bzw. Mittelwertskurven vorgenommen, in denen die oben erwähnten Einflüsse nicht zum Ausdruck kommen.

Betrachtet man die Verteilung des Gesamtanges von *Doralis fabae* (Df.), *Myzodes persicae* (Mp.), der Psyllide *Trioza nigricornis* (Tn.) und der Summe aller Aphiden ( $\Sigma A$ ) auf die einzelnen Tagesstunden (Tagesgang) ohne Berücksichtigung der Höhe, d.h. die Summen der Fänge aller vier Schalen für die gesamte Versuchsdauer nach Arten und Tageszeiten getrennt, so ergibt sich ein sehr charakteristisches Bild (Abb. 1). Für die Aphiden als Gesamtheit wie auch für die beiden näher geprüften Arten *Doralis fabae* und *Myzodes persicae* entsteht eine zweigipflige Kurve mit einem ersten geringeren, aber breiteren Maximum des Zufluges in den frühen Vormittagsstunden (zwischen 06 und 10<sup>h</sup>) und einem zweiten, viel höheren und schärferen Gipfel in den Abendstunden (zwischen 18 und 20<sup>h</sup>), zwischen die sich ein starkes Absinken der Flugintensität in den Mittags- und Nachmittagsstunden und ein absolutes Aufhören des Zufluges während

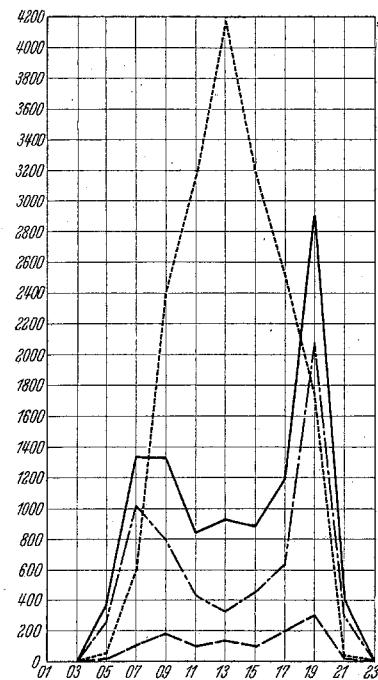


Abb. 1. Verteilung des Gesamtanges (vom 23. 7. bis 31. 8. 1951) von *Doralis fabae* (— — — —), *Myzodes persicae* (— · — · — · —), *Trioza nigricornis* (····), und der Summe aller Aphiden (— — — —) auf die einzelnen Doppelstunden des Tages (absolute Werte aus vier Gelbschalen).

der Nachtstunden (22—04<sup>h</sup>) einschieben. Bei der Darstellung der Höhe der absoluten Anflugzahlen in Abb. 1, die die zahlenmäßige Stärke der anfliegenden Populationen der einzelnen Arten zum Ausdruck bringen soll, scheinen diese Gipfel und Sättel bei *Doralis* nicht so deutlich ausgeprägt wie bei *Myzodes* und den anderen Aphiden, weil sie in relativ geringer Anzahl erscheint. Bei einer Betrachtung der prozentualen Verteilung des Tagesgesamtanfluges auf die einzelnen Doppelstunden des Tages (Abb. 2) zeigt sich jedoch mit aller Deutlichkeit eine völlige Übereinstimmung bei allen Aphiden, auch bei *Doralis*, in dem bereits geschilderten Zuge einer doppelgipfligen Kurve. Es ist als Beweis für die Richtigkeit der Annahme anzusehen, daß die Gelbschalen tatsächlich nur den

der Nachtstunden (22—04<sup>h</sup>) einschieben. Bei der Darstellung der Höhe der absoluten Anflugzahlen in Abb. 1, die die zahlenmäßige Stärke der anfliegenden Populationen der einzelnen Arten zum Ausdruck bringen soll, scheinen diese Gipfel und Sättel bei *Doralis* nicht so deutlich ausgeprägt wie bei *Myzodes* und den anderen Aphiden, weil sie in relativ geringer Anzahl erscheint. Bei einer Betrachtung der prozentualen Verteilung des Tagesgesamtanfluges auf die einzelnen Doppelstunden des Tages (Abb. 2) zeigt sich jedoch mit aller Deutlichkeit eine völlige Übereinstimmung bei allen Aphiden, auch bei *Doralis*, in dem bereits geschilderten Zuge einer doppelgipfligen Kurve. Es ist als Beweis für die Richtigkeit der Annahme anzusehen, daß die Gelbschalen tatsächlich nur den

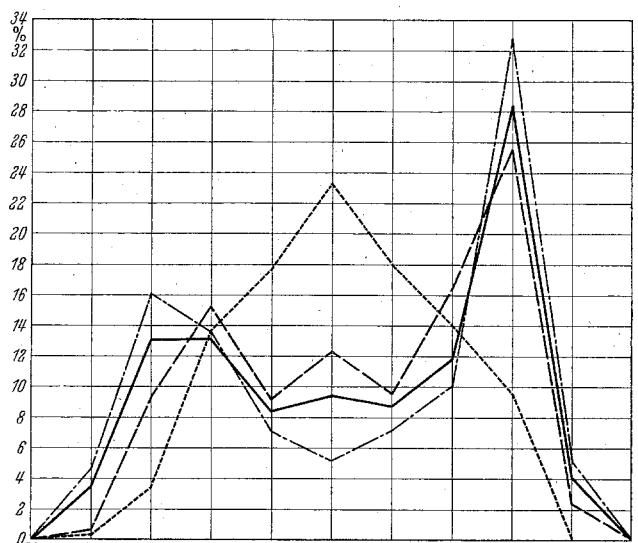


Abb. 2. Prozentuale Verteilung des Gesamtanges (vom 23. 7. bis 31. 8. 1951) von *Doralis fabae*, *Myzodes persicae*, *Trioza nigricornis* sowie der Summe aller Aphiden auf die einzelnen Doppelstunden des Tages (Signaturen wie Abb. 1).

Befallsflug erfassen, daß sich eine ebensolche zweigipflige Verteilung des Aphidenfluges bei direkten Beobachtungen an Pflanzen im Juli 1949 ergab (MÜLLER und UNGER 1951 b), wobei genaue Auszählungen der Zu- und Abflüge an einem Strahlungstage ganz den gleichen Häufigkeitsverlauf erbrachten! Da JOHNSON andererseits mit einer Saugfalle über einem *Vicia faba*-Bestand ganz ähnliche Kurven für Df. erhielt, kann als sicher gelten, daß die Gelbschalen nicht nur die primär aktiv landenden sondern alle überhin fliegenden Läuse, also den gesamten Befallsflug erfassen.

Völlig anders verhält sich der Zuflug der Psyllide *Trioza*, die ebenfalls in den Nachtstunden nicht fliegt, aber tagsüber nur ein Maximum des Zufluges in den Mittagsstunden zwischen 12 und 14<sup>h</sup> aufweist, zu dem sich die Kurve während des Vormittags ebenso gleichmäßig erhebt wie sie am Nachmittag wieder absinkt. Während der Tageshelligkeit verhält sich *Trioza* also praktisch umgekehrt wie die Aphiden.

Bevor auf die vermutlichen Ursachen des eigenartigen Verlaufs der Kurven eingegangen wird, erscheint es angebracht, wenigstens über einen längeren Zeitraum von Tagen den Verlauf des Kurvenzuges einmal im einzelnen zu betrachten, um zu erkennen, in welchem Maße der Anflugverlauf an einzelnen Tagen schon den Charakter der Mittelwertskurven der Gesamtbeobachtungszeit aufweist. Abb. 3 zeigt das für

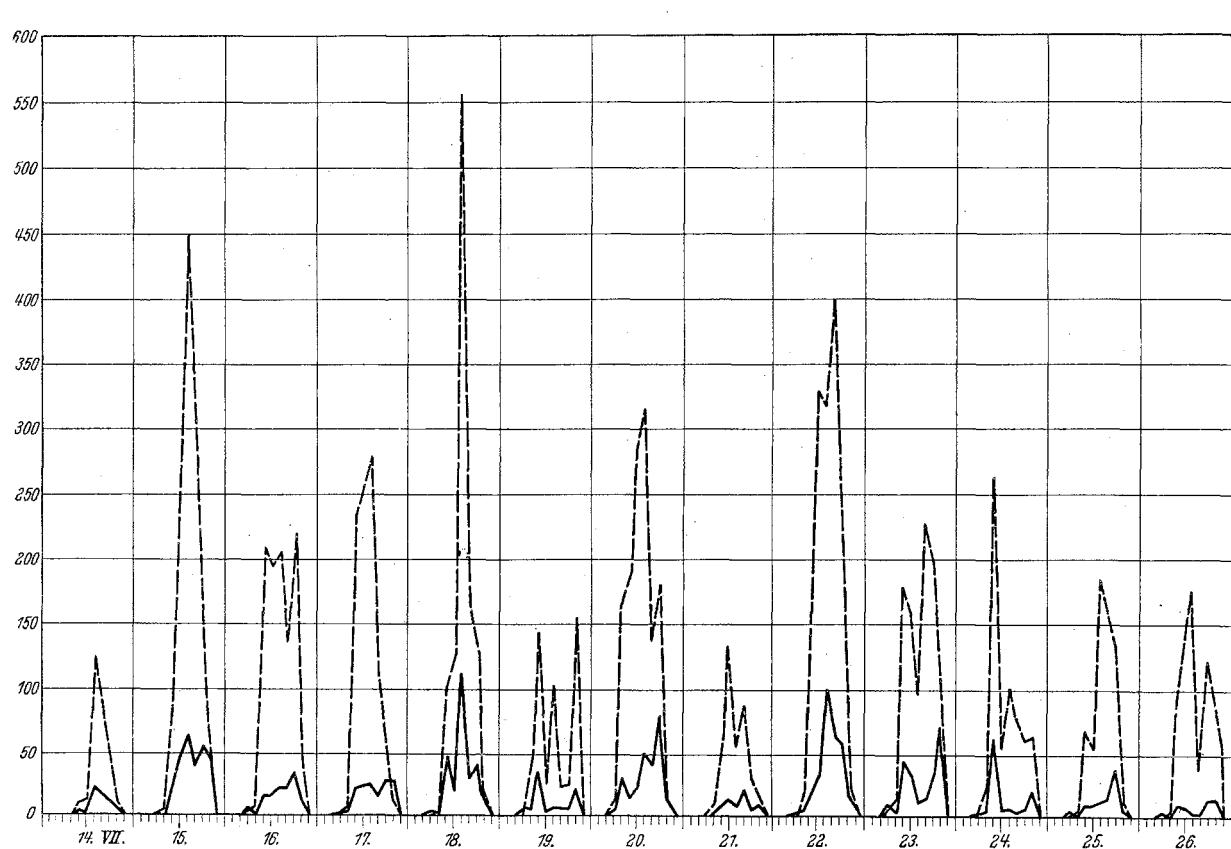
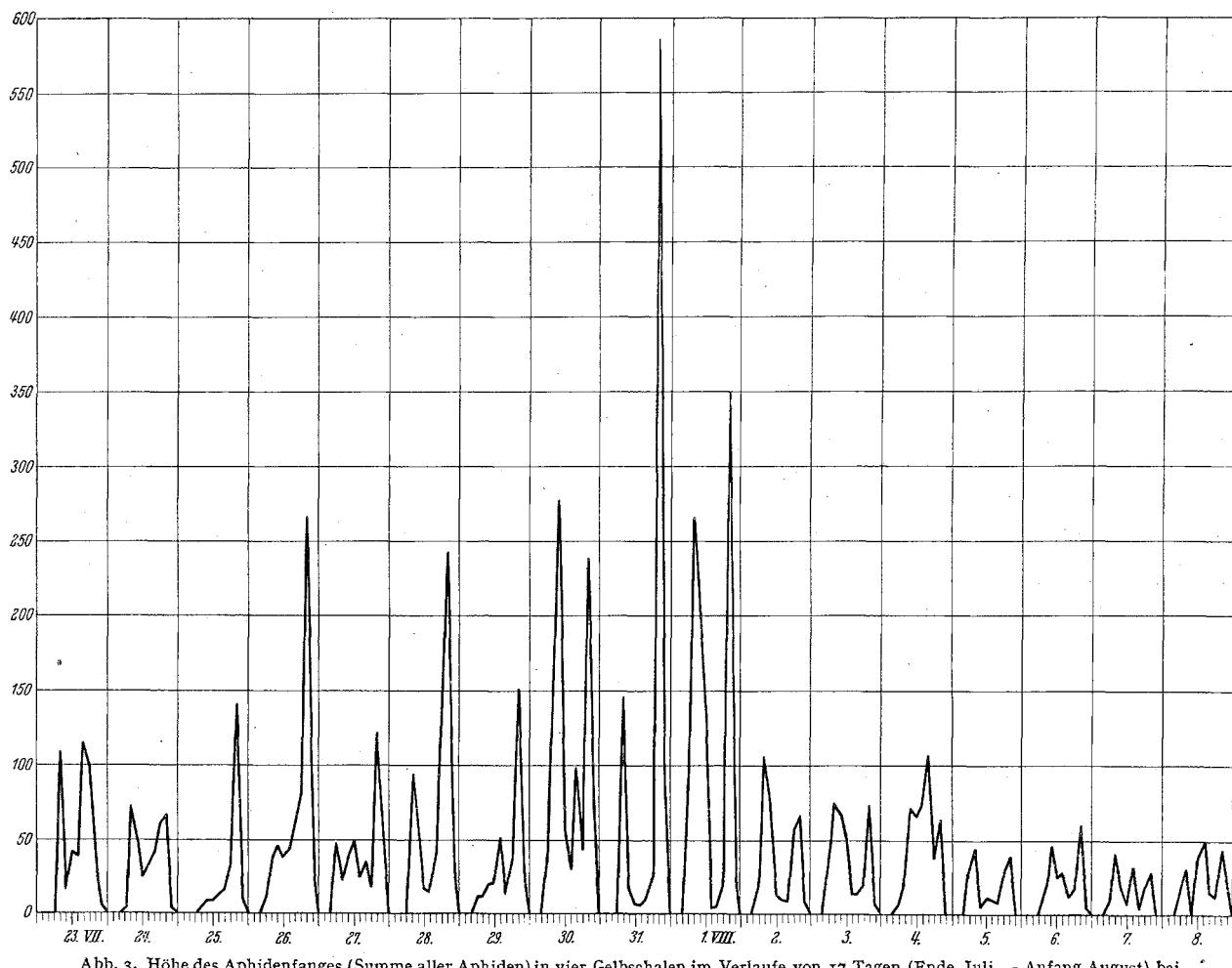


Abb. 4. Höhe des Gesamtaphidenfanges (Summe aller Aphiden) (—) und des *Triozia nigricornis*-Fanges (— — — —) in vier Gelbschalen im Verlaufe von 13 Tagen der zweiten Augusthälfte 1951 bei zweistündiger Kontrolle.

den Gesamtaphidenflug während der Zeit vom 23. 7. bis 8. 8., Abb. 4 für den *Trioza*-Anflug und den Aphiden-Gesamt-Anflug für die Zeit vom 14.—26. 8. Aus diesen Einzelkurven lassen sich schon ohne weiteres die in den Mittelwertskurven festgestellten Tendenzen der Zweigipfligkeit des Aphiden- und der Eingipfligkeit des Psyllidenanfluges ablesen. Zugleich ist aber festzustellen, daß an vielen Tagen ein anderer, gleichsam geglätteter Kurvenverlauf vorliegt, während er an anderen Tagen viel schärfer in Erscheinung tritt als in den Mittelwertskurven.

Es liegt auf der Hand, den Einfluß von Witterungs faktoren auf den Homopterenflug für den Kurven verlauf verantwortlich zu machen und zu vermuten, daß an heiteren Tagen mit einer normalen Entwicklung der Größenänderung dieser Faktoren die Anflug kurven in reinster und charakteristischster Ausprägung entstehen, während sie bei den Mittelwertskurven für den Gesamtzeitraum des Versuchs vom ausgeglichenen Verlauf dieser Faktoren an jenen Tagen nivelliert werden, an denen der normale Witterungsverlauf gestört ist. In der Tat erhält man viel schärfer ausgeprägte Kurven für den Anflug, wenn man — wie in Abb. 5 geschehen ist — bei der Mittelwertbildung nur die

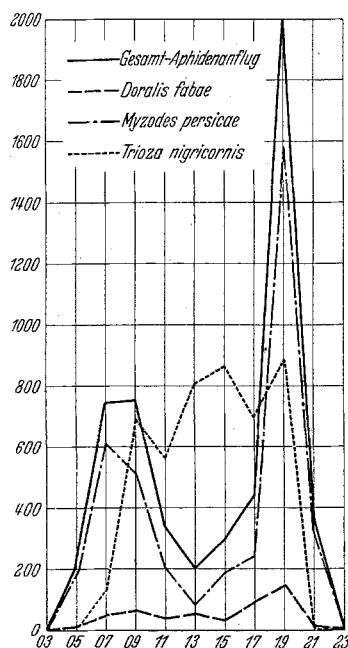


Abb. 5. Verteilung des Gesamtfanges von *Doralis fabae*, *Myzodes persicae*, *Trioza nigricornis* und der Summe aller Aphiden auf die verschiedenen Tagesdoppelstunden an 12 wolfig bis heiteren Tagen zwischen dem 23. 7. und 31. 8. 1951 (Signaturen wie in Abb. 1).

eines *Vicia faba*-Feldes aufgestellt war. Da mit Ausnahme der Windgeschwindigkeit die meteorologischen Faktoren dabei jedoch nicht näher verfolgt wurden, konnten die Ursachen der Einzelheiten des Kurvenverlaufs nicht genauer analysiert werden. Sie beweisen aber, daß die Gelbschalen in den von uns untersuchten Höhenlagen praktisch ebenso zuverlässig arbeiten wie die Saugfallen, die z.Zt. als die besten Instrumente zur Erfassung fliegender Kleininsektenpopulationen gelten.

Die Verteilung der Gesamtänge auf vier verschiedene Höhenstufen (Schalen) ergibt folgendes Bild (Tab. 1): Weit über die Hälfte (50—66%) aller angeflogenen Blattläuse und Psylliden wurden in der

am Boden stehenden Schale erbeutet, von der Kartoffelaus sogar  $\frac{2}{3}$  (bei *Doralis* die Hälfte) des Gesamtfanges.

Tabelle 1. Prozentuale Verteilung des Gesamtanges vom 23. 7. bis 31. 8. 52 auf die verschiedenen Höhenstufen.

cm	Df	Mp	Tn	$\Sigma A$	
0	50	66,2	57,1	61,5	
20	25,6	28,3	39,2	29	
120	(11,2)	(0,3)	(0,25)	(2,3)	
172	12,8	5	3,6	6,9	im Bestand!

Schon in 22 cm Höhe ist der Fang der Aphiden etwa nur noch halb so stark wie unmittelbar über dem Boden (25—29%), während er bei *Trioza* weitere 40% beträgt. Der Rest verteilt sich auf die über 1 m hoch stehenden Schalen, wobei der Fang in der zwar niedriger, aber im Bestand stehenden, noch niedriger ist als der frei und höher (172 cm) aufgestellten Schale. Am geringsten ist er in diesen Hochschalen bei *Trioza*, relativ am stärksten bei *Doralis* (jeweils  $\frac{1}{8}$  des Gesamtangeflungen).

Die Fangergebnisse in einer bestimmten Höhe sagen nun aber auf keinen Fall aus, daß die gefangenen Insekten auch nur in dieser Höhenschicht geflogen sind. Vielmehr wirken die Gelbschalen ja nur auf die Insekten, welche „über“ den Gelbschalen fliegen. Wie hoch und weit diese Fangwirkung reicht, ist mit Sicherheit nicht abzuschätzen und wird wahrscheinlich auch bei den einzelnen gefangenen Homopterenarten verschieden sein. Der Fang in Bodennähe gibt also ein Bild über die über dieser Schicht in der Fangzeit fliegenden Insekten so weit die Fangwirkung der Gelbschale reicht, ebenso die Fangergebnisse in 20, 120 und 172 cm Höhe. Unter diesen Voraussetzungen sind alle Fangergebnisse in den verschiedenen Schalen untereinander vergleichbar. Würde man die Differenzen der Fangergebnisse von Schale zu Schale bilden, so wäre infolge der unterschiedlichen Höhe der Zwischenschichten ein vergleichbares Ergebnis nicht mehr vorhanden. Als vergleichbares statistisches Material lassen sich also nur die Gesamtangefangenebenen benutzen. Um ein möglichst stark gegensätzliche Bild der Fänge in den verschiedenen Höhen zu erhalten, wurden deshalb auch bei den statistischen Analysen immer nur die beiden Fangergebnisse am Boden und in 172 cm Höhe verglichen. Da diese Fänge aber die fliegenden Insekten in der darüber liegenden Schicht erfaßten, war es auch notwendig, bei den meteorologischen Vergleichsmessungen die Schicht „über“ diesen beiden Fangplätzen aufzusuchen. Aus diesem Grunde wurden die Fangergebnisse der Schale am Boden und in 172 cm Höhe mit den Meßergebnissen in 10 cm und 200 Höhe verglichen. Durch diese Verlagerung der Vergleichsschicht dicht über die Fangschalenhöhe erfassen wir wahrscheinlich gerade die Schicht, in der die Insekten flogen, die sich in den betreffenden Schalen am Boden bzw. in 172 cm Höhe fingen.

Der Homopteren-Befallsflug ist demnach am Boden am dichtesten und nimmt nach oben sehr rasch ab, so daß in Höhen über 1 m kaum noch  $\frac{1}{10}$  der Population fliegt, wobei bei *Doralis* offenbar die Tendenz besteht etwas leichter auch höher zu fliegen, während *Myzodes* und *Trioza* sich dicht über dem Boden halten. Dieser Befund stimmt sehr gut mit den direkten Beobachtungen überein, die man bei starkem

Zuflug an Schwärmflugtagen zu machen Gelegenheit hat und wie wir sie früher (MÜLLER und UNGER 1951 b, z. B. p. 84) bereits mitgeteilt haben.

Über den vermutlichen ursächlichen Einfluß der Witterungsfaktoren auf dieses Verhalten wird in den folgenden Kapiteln näher einzugehen sein. Hier sei nur sogleich auf eine Folge dieser Erscheinung hingewiesen, die ein Problem berührt, das sowohl von wissenschaftlicher wie praktischer Seite stets starkes Interesse erweckt hat: Die Erscheinung des verstärkten Randbefalls landwirtschaftlicher Kulturen. Man hat zur Erklärung dieses Phänomens gerade in den letzten Jahren umfangreiche Betrachtungen und Versuche angestellt und ist zu teilweise recht komplizierten Erklärungen gekommen, ohne jedoch experimentelle Nachweise darüber erbringen zu können. Vor allem schreibt man natürlich — im Anschluß an die oben erwähnte Theorie des passiven Einblasens der Läuse in den Bestand durch den Wind — der vorherrschenden Windrichtung einen maßgebenden Einfluß zu (JOHNSON, ZIEGLER). Plausibler sind schon die Vorstellungen KENNEDYS und ZIEGLERS, die den aktiven Anflug beim Befall wenigstens teilweise anerkennen und den Randbefall weitgehend aerodynamisch zu erklären suchen, weil er sich vorwiegend im Windschutz vorgelagerter Hecken, Zäune, Gebäude usw. entwickelt, wo die von raschen Luftströmungen mitgeförderten Läuse absinken können. Zweifellos sind ähnliche Umstände oft verwirklicht, so etwa auch wenn der Befall inmitten der Bestände an Wegen und großen Lücken hoch ist (s. JOHNSON 1950), doch kann der erhöhte Randbefall freiliegender Bestandsränder damit nicht erklärt werden. In eigenen noch weiter auszubauenden Versuchen zu diesem Fragenkomplex ergab sich, daß sich selbst in kleinen, kreisförmigen Parzellen von 32 *Vicia faba*-Pflanzen mit einem maximalen Durchmesser von nur 2—3 m ein statistisch gut gesichertes Überwiegen des Befalls der Randpflanzen entwickelt (unveröffentlicht). Das dürfte aerodynamisch kaum zu erklären sein. Die Erklärung liegt aber sofort auf der Hand, wenn man die oben dargestellten Ergebnisse der Gelbschalengänge in Erwägung zieht. Der Strom der dicht über dem Boden dahinfließenden Blattläuse (und Psylliden) muß ja zwangsläufig zuerst auf die Randreihen treffen und sich hier stauen. Da Flüge im Bestande nur eine geringe Rolle spielen, wie dort aufgestellte Gelbschalen beweisen, bleibt dieser Unterschied auch bei Nachlassen des Zustromes erhalten und verstärkt sich dann später durch das geometrische Anwachsen der Befallszahlen bei einsetzender Vermehrung der hier abgesetzten Jungläuse. Die einfache Vorstellung, daß der Bestandsrand die Aphiden wie eine Reuse förmlich auffange, ist also weitgehend richtig, nur mit dem Unterschied, daß er sie nicht aus dem Windfluß herauskämmt, sondern daß sie aktiv anfliegen und gewissermaßen gegen die Phalanx der Pflanzen stoßen. Neuerdings haben BLENCOWE & TINSLEY und STEUDEL damit übereinstimmend festgestellt, daß der Beflugsfluß stärker ist, je lockerer und vereinzelter die Pflanzen im Bestand stehen; wohl weil sie dann von allen Seiten zugänglich sind! Die Windrichtung wird dabei in umgekehrtem Sinne eine Rolle spielen wie man bisher annahm; denn die Läuse fliegen in Landestimmung vorwiegend gegen den herrschenden Luftstrom. Die Leekanten des Feldes

werden also stärker befallen werden als die Luvseiten, nicht nur weil sich hier etwa Zonen geringer Windgeschwindigkeiten entwickeln, sondern vor allem, weil eben die Läuse dem Luftstrom entgegen fliegen. Es dürfte allerdings technisch nicht leicht sein, genügend fein reagierende, aufschreibende Anemometer in ausreichender Zahl rings um einen Bestand aufzustellen, um den Nachweis für diese Vorstellung zu erbringen.

Wie Abb. 6 verdeutlicht, verläuft innerhalb der verschiedenen untersuchten Höhenlagen die Intensität des Homopteren-Anfluges im Verlaufe des Tages über-

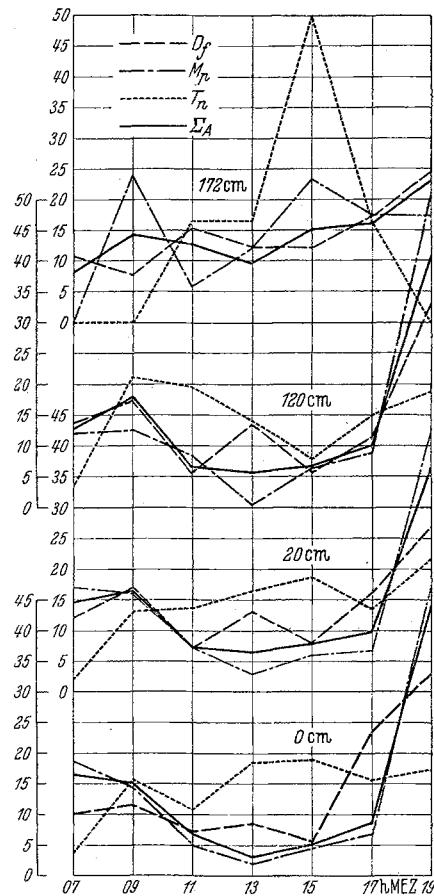


Abb. 6. Prozentuale Verteilung des Tagesgesamtfanges der untersuchten Homopterenarten auf die einzelnen Tagesdoppelstunden in verschiedenen Höhen über dem Boden (Signaturen wie in Abb. 1).

all annähernd in der gleichen Weise, wie sie oben zusammenfassend dargestellt wurde, d.h. die Zweigipfligkeit ist in allen Höhen ausgeprägt. Sie tritt in der Höhe allerdings infolge der zu geringen Anflugzahlen und deren Streuung nicht so klar zutage wie in den tieferen Schichten. Erst in größeren Höhen (15—600 m) ändert sich nach den Ergebnissen JOHNSONS (1951) der Verlauf der Kurven. Abgesehen von der mit zunehmender Höhe rasch abnehmenden Dichte der Population (Anzahl Läuse pro Raumseinheit) vollzieht sich hier, erst in den späten Vormittagsstunden einsetzend, ein stetiger Anstieg der Dichtekurven, der ohne Unterbrechung bis in die späteren Nachmittagsstunden anhält. Während der Nacht, wahrscheinlich schon in den Abendstunden (keine Werte bei JOHNSON) sinkt der Aphidengehalt der höheren Luftsichten dann wieder auf Null ab. Die Ursachen dieses Unterschiedes sind zweifellos vor allem in der Tatsache zu suchen, daß es sich bei den

Fängen (JOHNSONS) in diesen Höhen um Läuse in Flugstimmung handelt, die zudem meist passiv transportiert werden, bei unseren Fängen in Bodennähe aber — wie betont — dagegen um den überwiegend aktiven Befallsflug. Auf die Verknüpfung beider Flugphasen soll erst in den abschließenden Kapiteln eingegangen werden.

#### 4. Mikroklimatische Unterschiede und der Witterungsablauf zu den Fangzeiten.

Die mikroklimatischen Unterschiede im Verlauf der Fangzeiten der angeführten Homopteren sind in Abb. 7 als Vergleich von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit in 200 cm und in 10 cm Höhe dar-

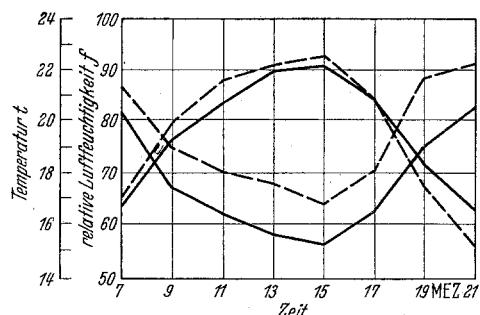


Abb. 7. Vergleich des mittleren Tagesgangs der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit vom 23. 7. bis zum 31. 8. 1951 in 10 und 200 cm Höhe.

— Temperatur in 200 cm Höhe  
— Temperatur in 10 cm Höhe (konvexe Kurven).  
— relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm Höhe (konkav)  
— relative Luftfeuchtigkeit in 10 cm Höhe (Kurven).

gestellt. Es handelt sich um die Doppelstundenmittelwerte vom 23. 7. bis zum 31. 8. 51. Die mittleren Temperaturen und die mittleren Luftfeuchtigkeiten zeigen die in der Mikroklimatologie allgemein bekannten Unterschiede im Tagesgang (GEIGER), doch ist in dieser Hoch- und Spätsommerperiode des Jahres 1951 durch die meist vorherrschende trübe Witterung der Unterschied im mittleren Tagesgang nicht be-

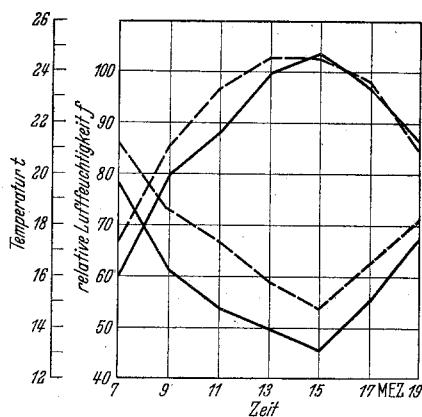


Abb. 8. Vergleich des mittleren Tagesgangs der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit von 12 wolkig bis heiteren Tagen 1951 in 10 und 200 cm Höhe.

— Temperatur in 200 cm Höhe  
— Temperatur in 10 cm Höhe (konvexe Kurven).  
— relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm Höhe (konkav)  
— relative Luftfeuchtigkeit in 10 cm Höhe (Kurven).

sonders ausgeprägt. Besser zeigen sich die Unterschiede bei einem Vergleich von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit in 200 und in 10 cm Höhe als Mittelwerte über 12 wolkig bis heiteren Tagen<sup>1</sup> in der oben angeführten Zeitperiode (Abb. 8). Die

<sup>1</sup> (Tage mit einem mittleren Wolkenbedeckungsgrad bis  $17/10$ ).

schnellere Erwärmung in Bodennähe bildet bis 14<sup>h</sup> in 10 cm Höhe eine um durchschnittlich ein Grad wärmere Temperatur aus, während am Nachmittag der Temperaturunterschied nur gering ist. Die relative Luftfeuchtigkeit ist durch das Dampfdruckgefälle in Bodennähe zu allen herangezogenen Tageszeiten

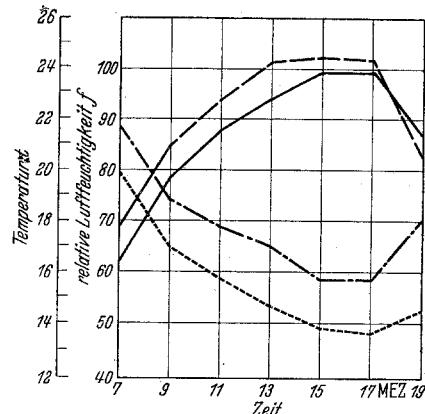


Abb. 9. Vergleich des Tagesgangs der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit an einem heiteren Tag (30. 7. 1951) in 10 und 200 cm Höhe.

— Temperatur in 200 cm Höhe.  
— Temperatur in 10 cm Höhe.  
— relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm Höhe.  
— relative Luftfeuchtigkeit in 10 cm Höhe.

um 10—20% relativer Luftfeuchtigkeit höher als in 200 cm Höhe. Ein wolkig bis heiterer Tag, der 30. 7. 51 mit einer Sonnenscheindauer von 8,8 Stunden, zeigt fast den gleichen Kurvenverlauf wie die Mittelwerte aus 12 wolkig bis heiteren Tagen (Abb. 9). Als Vergleich dazu ist in Abb. 10 der Verlauf von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit an einem trüben Tage (15. 8. 51) mit einer Sonnenscheindauer von

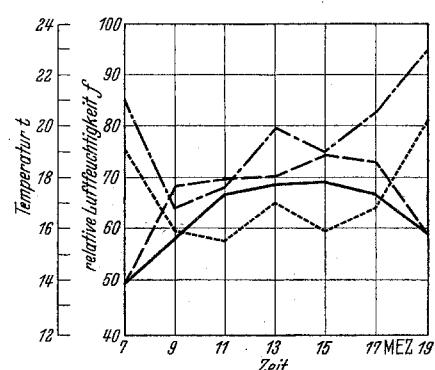


Abb. 10. Vergleich des Tagesgangs der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit an einem wolkigen Tag (15. 8. 51) in 10 und 200 cm Höhe.

— Temperatur in 200 cm Höhe,  
— Temperatur in 10 cm Höhe,  
— relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm Höhe,  
— relative Luftfeuchtigkeit in 10 cm Höhe.

0,6 Stunden dargestellt. Der Temperaturunterschied wird vor allem zur Zeit eines Luftmassenwechsels um 13<sup>h</sup> besonders gering, wo gleichzeitig die relative Luftfeuchtigkeit in 200 und 10 cm Höhe ansteigt. Außerdem ist ein ausgeprägter Tagesgang der Witterungsfaktoren am 15. 8. kaum noch zu erkennen.

Über den allgemeinen Witterungsverlauf in der Versuchszeit vom 23. 7. bis 31. 8. 51 wäre folgendes anzufügen:

Schon die am 23. 7. in Quedlinburg durchziehende Gewitterfront bringt gleich an den folgenden Tagen eine merkliche Abkühlung. Erst in den Hundestagen setzt am 27. 7. eine erhebliche Erwärmung ein, so daß die Tageshöchsttemperaturen bis zum Monatsende bis über 25°C ansteigen und das warme Hochsommerwetter auch bis zum 6. 8. anhält. Ab 7. 8. sinken die Tagestemperaturen

stark ab bei zeitweilig aufkommenden Gewittern oder gewittrigen Schauern. Der zyklonale Wettereinfluß hält bis zum 15. 8. an, und bis zum 20. 8. liegt der Witterungsablauf wieder unter schwachem antizyklonalen Einfluß. Der hohe Druck kommt aber vor allem durch Kaltluft einbrüche zustande, die am 16. und 17. 8. das Minimum der Nacht bis unter  $5^{\circ}\text{C}$  am Boden absinken lassen. Nach einer Niederschlagsperiode am 21. und 22. 8. setzt sich bis zum 25. langsam Erwärmung durch, so daß die Tagestemperaturen wieder  $25^{\circ}\text{C}$  erreichen. Die warme Witterung hält dann auch bis Ende August 1951 an.

### 5. Der Einfluß der Witterungsfaktoren auf die Flugtätigkeit der untersuchten Homopteren (*Doralis*, *Myzodes*, *Trioza*).

Es soll im folgenden nun versucht werden, den Einfluß zu analysieren, den die verschiedenen Witterungsfaktoren auf Verlauf und Intensität des aktiven Blattlaus- und Blattflohbefallsfluges haben, wie er an Hand der geschilderten Gelbschalengänge ermittelt wurde.

#### a) Der Lichteinfluß.

Es liegt von vornherein nahe, die nächtliche Unterbrechung des Befallfluges, wie sie in unseren Kurven mit absoluter Regelmäßigkeit auftrat und die auch in den Fängen JOHNSONS in größeren Höhen mit verschiedenen Methoden immer wieder festgestellt wurde, mit dem Mangel an Licht zu erklären. Kein anderer Faktor tritt mit solcher Regelmäßigkeit ein, um eine so absolut regelmäßige Erscheinung im Kurvenverlauf zu erzeugen. Tatsächlich hat BROADBENT experimentell nachgewiesen, daß bei Lichtstärken unter 100 f. c. die Abflugfrequenz stark nachläßt und bei Dunkelheit keine Starts mehr erfolgen. Fänge in Lichtfallen, die für einen nächtlichen Blattlausflug sprechen könnten (z.B. BROADBENT), haben sich zwangslos mit der flugstimulierenden Wirkung des Fanglichtes auf die im Umkreis ruhenden Blattläuse erklären lassen, die durch das Licht zum Auffliegen gebracht wurden. Deutliche Hinweise auf die Wirkung des Lichtmangels als zeitlich begrenzenden Faktor für den Blattlausflug lassen sich auch aus unseren vom 23. 7. bis 11. 11. 51 durchgeführten zweistündigen Gelbschalengangkontrollen entnehmen. Mit abnehmender Tageslänge fielen stufenweise die Anflüge während der ersten Früh- und der letzten Abendkontrollintervalle aus, so daß die Anzahl der Doppelstundenkontrollen von beiden Tagesenden her immer mehr vermindert werden konnte (s. oben und Tab. 2).

Tabelle 2.

Kontroll-Uhrzeit MEZ	06	08	.....	18	20	22
letzte Anflüge nachgewiesen	23. IX.	21. XI.	.....	11. XI.	27. IX.	8. VIII.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß, da sich die Tageslänge kontinuierlich und nicht sprungweise in 2-stündigen Intervallen verkürzt, die Fangergebnisse der ersten und letzten Tageskontrollen sich für die Auswertung gegenüber anderen mikroklimatischen Faktoren nicht verwerten lassen (s. S. 209). Infolge der während der vorausgehenden Doppelstunden je nach Jahreszeit schon kürzer oder länger herrschenden Dunkelheit, kann in diesen teilweise kein Flug stattfinden, so daß die Anflugwerte dann also unverhältnismäßig klein ausfallen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit ist die Flugpause während der Nachtstunden also auf den Mangel an

Licht zurückzuführen, das für den Homopterenflug zu den unerlässlichen Voraussetzungen gehört (— ebenso wie etwa die Produktion von geflügelten Formen usw. —).

#### b) Der Einfluß der Windstärke.

Leider fehlte bei unseren Untersuchungen ein registrierender Windmesser, so daß die Werte aus Windstärkeschätzungen und Einzelmessungen stammen. Da die Fähigkeit der Gelbschalen von der Windgeschwindigkeit unabhängig ist, denn sie erfaßt im wesentlichen nur aktiv fliegende Läuse, so wirkt sich dieser Mangel auf die Beurteilung der Größe der Fänge (Dichte) aber nicht aus. Der aus den Fangdaten ermittelte Windeinfluß ist vielmehr als ein direkter Einfluß auf das Flugverhalten der Läuse zu werten. MÜLLER und UNGER hatten den Einfluß der Windstärke auf die Schwärmlüge von *Doralis fabae* mit Hilfe eines Fadenpendelanemometers untersucht und festgestellt, daß der Wind als begrenzender Faktor auch im mikroklimatischen Bereich bei den Schwärmlügen von *Doralis fabae* auftritt. Bei einer genauen Auswertung von Einzelbeobachtungen wurde die begrenzende Windgeschwindigkeit von 4 km/h gefunden, d. h. daß bei anhaltender Windgeschwindigkeit über 4 km/h bei *Doralis* keine Schwärmlüge mehr eintreten.

Die viel gröbere Abschätzung der Windgeschwindigkeit (MÜLLER und UNGER 1951a) im Vergleich zwischen den täglichen Anflugwerten von *Doralis fabae* und der mittleren Windstärke in Beaufortgraden zeigt dagegen eine begrenzende mittlere Windstärke von 2–3 Beaufortgraden (= 1,6–5,4 km/h). Es ist notwendig zu betonen, daß es sich bei den ersten Beobachtungen um Einzelflüge mit direkt gleichzeitig gemessenen Windstärken handelte, während die mittlere Windstärke über einen ganzen Tag natürlich höhere Werte (bis 20 km/h) angibt, da während des gesamten Tagesanfluges „über“ oder „unter“ dem Mittelwert liegende Windgeschwindigkeiten herrschen, bei denen in Wahrheit gar keine Anflüge stattfanden. Bei den vorliegenden Betrachtungen der Doppelstundenmittelwerte muß als begrenzender

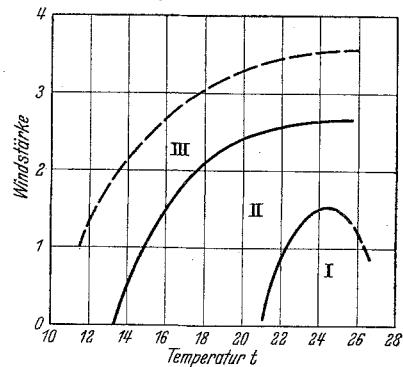


Abb. 11. Klimogramm zur Abhängigkeit der Aphidenbefallsflüge von der Windstärke (in Beaufortgraden) und der Temperatur. (Alle Werte pro Doppelstunde.)  
I = starker Anflug, II = mäßiger Anflug, III = schwacher Anflug.

Faktor zwangsläufig ebenfalls ein höherer Windgeschwindigkeitswert auftreten als bei Einzelbeobachtung, zumal die grobe Einteilung der geschätzten Beaufortgrade gleichzeitig noch zusätzlich eine höhere Streuung zur Folge hat. In der Abb. 11 ist die Summe aller Aphiden aus den Gelbschalengängen mit der Temperatur und der mittleren Windgeschwindigkeit

in Form eines Klimogramms in Beziehung gesetzt worden. Während für eine starke Flugtätigkeit schon die mittlere Windstärke von 2 Beaufortgraden einschränkt, ist die mittlere Windstärke von 3 Beaufortgraden ein endgültig begrenzender Faktor für die Flugtätigkeit der untersuchten Aphiden (*Doralis* und *Myzodes*).

*Trioza* dagegen ist auch bei mittleren Windstärken über 2 Beaufortgraden noch flugfähig, wie aus dem Klimogramm in Abb. 12 hervorgeht. Hier wirkt erst eine mittlere Windstärke ab 3 Beaufortgraden flughemmend.

Aus diesem Grunde ist der Wind als flugbegrenzender Faktor aufzufassen und bei der Diskussion des Einflusses der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Flugtätigkeit von *Doralis*, *Myzodes* und *Trioza* sind Zeiten mit einer mittleren Windgeschwindigkeit, die flughemmend wirkt, ausgelassen worden.

Abb. 12. Klimogramm zur Abhängigkeit der *Trioza*-Befallsflüge von der Windstärke (in Beaufortgraden) und der Temperatur. (Alle Werte pro Doppelstunde.)

I = starker Anflug,  
II = mäßiger Anflug,  
III = schwacher Anflug.

Nachdem nunmehr neben experimentellen Prüfungen im Windkanal (DAVIES), Einzelbeobachtungen und Messungen im Freien (MÜLLER und UNGER) und verschiedenen Reihen von Tagesmittelwerten (MÜLLER und UNGER) auch ein umfangreiches Material von 2-Stundenwerten vorliegt, kann an der einschränkenden Wirkung höherer Windgeschwindigkeit auf den Befallsflug der landwirtschaftlich wichtigen Blattläuse (*Myzodes*, *Doralis*) nicht mehr gezweifelt werden. Da der ermittelte Grenzwert bei 3 Beaufortgraden liegt und anderseits aktive Abflüge nur bis zu Windgeschwindigkeiten von höchstens 3—4 km/h beobachtet wurden, so geht auch daraus hervor, daß der Befallsflug im allgemeinen ein überwiegend aktiver Flug ist, wie ja ungezählte direkte Beobachtungen schon gezeigt haben. Selbstverständlich wird in der Praxis häufig die von KENNEDY skizzierte Situation eintreten, daß auf kleinem Raum und bei allgemein im Bereich des Grenzwertes liegenden Windverhältnisse aktiv in Landestimmung fliegende Läuse häufig vorübergehend von stärkeren Windstößen erfaßt und ein Stück weit verfrachtet werden, während sie in ruhigeren Augenblicken oder in geschützten Geländeabteilungen wieder aktiv fliegen können. Sind aber solche stärkeren Windstöße zu häufig, so vermindert sich nach unseren Erfahrungen die fliegende Population sehr rasch, da die in den Pausen gelandeten Läuse am erneuten Abfliegen gehindert werden. Die bekannte Tatsache, daß an der Bodenoberfläche infolge des Reibungswiderstandes die Windgeschwindigkeiten stets geringer sind als in den Schichten darüber — in 5 cm Höhe beträgt sie nach A. C. BEST (zit. bei GEIGER 1950) nur etwa 50% der Geschwindigkeit in 1 m —, erklärt die Tatsache, daß die Läuse im Befallsfluge so dicht wie

möglich über dem Boden dahinfliegen, wo sie eben vor stärkeren Windstößen relativ am besten geschützt sind und auch dann noch fliegen können, wenn die Windgeschwindigkeit in höheren Regionen schon über dem Grenzwert liegt. Daraus wird ebenso leicht verständlich, daß man bei Messung oder Schätzung der Windgeschwindigkeiten in zwei oder mehr Metern Höhe — wie das in den oben angeführten Fällen mit Ausnahme der direkten Messungen mit Fadenpendelanemometer stets geschah — höhere Grenzwerte für den Blattlausbefallsflug erhält — 3 Beaufortgrade entsprechen bekanntlich einer Geschwindigkeit von 3,4—5,4 m/sec — als bei unmittelbarer Messung der bodennahen Strömung. Jedoch wird mit Annäherung an die Bodenoberfläche auch die Häufigkeit der windstilleren Zeiträume größer. Die Verteilung der ruhigeren Stunden zeigt nach Beobachtungen von HELLMANN (s. bei GEIGER 1950, p. 106) in Bodennähe deutliche Anstiege in den Morgen- und Abendstunden, während es über Mittag am seltensten windstill ist. Es liegt daher nahe, zu vermuten, daß die zweigipflige Periodizität des Befallsfluges in untergeordnetem Maße auch hiervon beeinflußt wird.

Die absolute Lage des Grenzwertes für den Befallsflug ist als eine artspezifische biologische Konstante anzusehen, die bei den Blattläusen vom Format der *Doralis* und *Myzodes* etwa bei 3 km/h, bei der etwas robusteren Psyllide *Trioza* deutlich höher liegt. Man kann vermuten, daß bei höherem Druck die Flächenbelastung für die zarten Flügel zu groß wird bzw. die Muskelkraft nicht ausreicht, sie zu bewegen, so daß also die startlustige Blattlaus dann nicht abzufliegen vermag. Im Fluge selbst dürfte dagegen das Verhältnis Masse zur Oberfläche ausschlaggebender sein, wodurch eben von einer bestimmten Windgeschwindigkeit an das weiter aktiv flügelschlagende Insekt passiv mitgeführt wird. Wichtig ist dabei aber für die Beurteilung der Rolle des passiven Transports, daß der Wind niemals Blattläuse gewaltsam von ihren Startplätzen wegführen kann, weil sich die Läuse, wie DAVIES 1936 auch experimentell nachgewiesen hat, bei steigendem Winddruck an der Unterlage festzuklammern vermögen. Die Verfrachtungsflüge beginnen vielmehr stets mit rein aktivem Flug, und infolgedessen ist die Größe der passiv, namentlich in größeren Höhen, transportierten Blattlauspopulationen stets abhängig nicht nur von dem Nachschub an startfähigen Geflügelten überhaupt, sondern auch von den Witterungsverhältnissen, vor allem niederen Windgeschwindigkeiten, die einen aktiven Startflug gestatten. Wie wieder aus JOHNSONS Untersuchungen hervorgeht, wird der passive Transport selbst von wechselnden Windgeschwindigkeiten nicht begrenzt, sondern nur in seiner Geschwindigkeit und Weite beeinflußt.

Es gibt unseres Wissens keine exakten Beobachtungen darüber, ob Homopteren Unterschiede der Windgeschwindigkeiten mit besonderen Sinnesorganen direkt wahrnehmen können und ihr geschildertes Verhalten infolgedessen auf aktive Reizbeantwortung zurückgeht. Entsprechend funktionierende Sinneshaare kommen bei fast allen Insekten vor, und es ist anzunehmen, daß auch die Aphiden durch sie bis zu einem gewissen Grad über die Intensität der Windströmung orientiert sind.

## c) Der Temperatureinfluß.

Wie bei allen untersuchten Faktoren wurden jeweils die Fänge in der Schale in 1,70 m Höhe mit den Messungen der meteorologischen Elemente in der 2-m-Hütte und die in Bodennähe gefangenen Homopteren mit den Messungen in der ALBRECHTSchen Meßanlage verglichen. Bei einer statistischen Analyse liegt es nahe, zunächst mit Hilfe eines Korrelationsfaktors zu prüfen, ob zwischen den beiden Beziehungsgrößen eine lineare Korrelation in faßbaren Grenzen vorhanden ist. In Tab. 3 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Doppelstundenanflug bzw. dem Gelbschalenfangergebnis in je 2 Stunden und der mittleren

Tabelle 3. Korrelationsfaktoren zwischen Gelbschalenfängen einiger Homopteren und der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit.

Abkürzungen:

- $D_f$  = Anflüge von *Doralis fabae* Scop.  
 $M_p$  = Anflüge von *Myzodes persicae* Sulz.  
 $T_n$  = Anflüge von *Trioza nigricornis* Frst.  
 $T_{200}$  = Temperatur in 200 cm Höhe.  
 $T_{10}$  = Temperatur in 10 cm Höhe.  
 $F_{200}$  = Relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm Höhe.  
 $F_{10}$  = Relative Luftfeuchtigkeit in 10 cm Höhe.

In 2 m Höhe	In Bodennähe
$r_{D_f \cdot T_{200}} = -0,14$	$r_{D_f \cdot T_{10}} = -0,16$
$r_{D_f \cdot F_{200}} = +0,07$	$r_{D_f \cdot F_{10}} = +0,07$
$r_{M_p \cdot T_{200}} = -0,05$	$r_{M_p \cdot T_{10}} = -0,01$
$r_{M_p \cdot F_{200}} = +0,16$	$r_{M_p \cdot F_{10}} = +0,54$
$r_{T_n \cdot T_{200}} = +0,16$	$r_{T_n \cdot T_{10}} = +0,53$
$r_{T_n \cdot F_{200}} = -0,003$	$r_{T_n \cdot F_{10}} = -0,13$

Temperatur in der oben angegebenen Höhe pro Doppelstunde angegeben. Wie nach den Ergebnissen von MÜLLER und UNGER für *Doralis* nicht anders zu erwarten war, liegen die Korrelationskoeffizienten der Verhältnisse Temperatur und Fänge von *Doralis fabae* bzw. der biologisch ähnlichen *Myzodes persicae* im Zufallsbereich, d.h. die angegebenen Werte sind stati-

$$b_1 = \frac{\Sigma (x^2 - \bar{x}^2)^2 \cdot \Sigma (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y}) - \Sigma (x - \bar{x}) \cdot (x^2 - \bar{x}^2) \cdot \Sigma (x^2 - \bar{x}^2) \cdot (y - \bar{y})}{\Sigma (x - \bar{x})^2 \cdot \Sigma (x^2 - \bar{x}^2)^2 - [\Sigma (x - \bar{x}) \cdot (x^2 - \bar{x}^2)]^2}$$

$$b_2 = \frac{\Sigma (x - \bar{x})^2 \cdot \Sigma (x^2 - \bar{x}^2) \cdot (y - \bar{y}) - \Sigma (x - \bar{x}) \cdot (x^2 - \bar{x}^2) \cdot \Sigma (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\Sigma (x - \bar{x})^2 \cdot \Sigma (x^2 - \bar{x}^2)^2 - [\Sigma (x - \bar{x}) \cdot (x^2 - \bar{x}^2)]^2}.$$

stisch gesehen nicht von 0 verschieden. Nur der Korrelationsfaktor zwischen der Temperatur und der Flugtätigkeit von *Trioza* ergibt in Bodennähe den Wert für  $r_{T_n \cdot T_{10}} = +0,53$ . Dieser Wert ist statistisch gesichert und ist so mit seinem Zufallsbereich von 0 verschieden. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß in dem gegebenen Temperaturbereich die Flugfreudigkeit bei *Trioza* mit steigender Temperatur größer wird. In Abb. 13 ist die Regressionsgerade für die Temperaturabhängigkeit des *Trioza*-Fluges (dort berechnet aus der  $\Sigma$  je Doppelstunde der Versuchszeit) eingezeichnet. Die Werte in der Fangschale in 1,72 m Höhe sind dagegen infolge dieser starken Temperaturabhängigkeit des *Trioza*-Fluges äußerst gering, denn diese Psyllide bevorzugt die bodennahen Schichten, weil diese ja tagsüber stets höhere Temperaturen aufweisen als die darüber befindlichen Luftsichten. Die Fänge in der Schale in 1,72 m waren daher so gering, daß der Korrelationskoeffizient  $r_{T_n \cdot T_{200}}$  nicht von 0 verschieden ist.

Dieses Ergebnis kommt also nicht dadurch zustande, daß in 2 m Höhe keine lineare Abhängigkeit zur Tem-

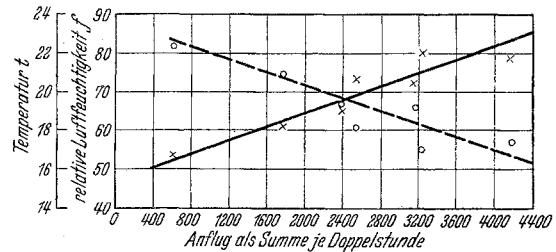


Abb. 13. Regressionslinie zwischen der Summe der Anflüge von *Trioza* (als Summe je Doppelstunde in der Versuchszeit) und der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit

peratur besteht, sondern weil durch die zu geringen Fänge die Beziehungen nicht erfaßt werden konnten.

Die Beziehungen zwischen der Flugtätigkeit und der Temperatur bei *Doralis* und *Myzodes* lassen sich nun auf dem Wege der Beziehungsgleichung lösen. Schon bei den ersten Abschätzungen des Anfluges von *Doralis fabae* durch MÜLLER und UNGER 1951 lag die Vermutung nahe, daß diese Abhängigkeitskurve auf einer Parabel liegen würde. Um die unterschiedliche Gesamtanflughöhe an den einzelnen Tagen auszuschalten, wurde bei den Anflügen immer der Tagesgang in Prozent des täglichen Gesamtanfluges dargestellt. Weiter ist bei dieser Rechnung zur Vereinfachung der Rechenarbeit die Beziehungsgleichung nur aus der mittleren Doppelstundensumme von zwölf wolkig bis heiteren Tagen berechnet worden.

Die allgemeine Form der Parabelgleichung lautet:

$$y = a + bx + cx^2$$

oder für normierte Beziehungswerte für die entsprechenden Mittelwerte:

$$y = \bar{y} + b_1 (x - \bar{x}) + b_2 (x^2 - \bar{x}^2).$$

Dabei sind die mit Querstrich versehenen Werte die Mittelwerte und  $b_1$  und  $b_2$  die multiplen Regressionskoeffizienten:

$$D_f = -62,56 + 8,075 T_{200} - 0,209 T_{200}^2$$

$$D_f = -93,29 + 11,193 T_{10} - 0,287 T_{10}^2.$$

In Abb. 14 sind beide Parabeln eingezeichnet, und es zeigt sich die gute Übereinstimmung der Ergebnisse in 2 m Höhe mit denen in Bodennähe.

Die Ermittlung der Bestimmtheit:

$$B = \frac{1}{\sum (y_i - \bar{y})^2} [b_1 \cdot \sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y}) + b_2 \cdot \sum (x^2 - \bar{x}^2) \cdot (y - \bar{y})]$$

ergab mit dem Wert  $B = 0,6$  und  $0,5$  eine gute Übereinstimmung der Einzelwerte mit den gefundenen Gleichungen. Es erscheint damit berechtigt, zu sagen, daß also die Abhängigkeitswerte zwischen Temperatur und Flugtätigkeit von *Doralis* auf einer Parabel liegen,

d.h. mit zunehmender Temperatur nimmt auch zunächst die Flugtätigkeit von *Doralis* zu bis zu einer optimalen Temperatur (hier als Doppelstundenmitteltemperatur) von  $20^\circ$ . MÜLLER und UNGER fanden unter Verwendung der Tagesmitteltemperaturen zahlreicher Flugtage ein Optimum von  $16-18^\circ$ , während sich aus Messungen der Oberflächentemperatur von

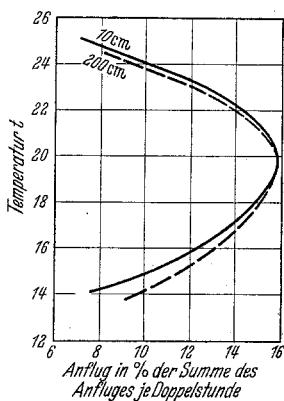


Abb. 14. Abhängigkeitsparabel zwischen dem Anflug von *Doralis* in Prozent der Summe des Anfluges je Doppelstunde und der Temperatur in 10 cm — und 200 cm Höhe ——.

Blättern, die als Startplatz für schwärmende Läuse dienten, ein Optimum von  $26^\circ$  ergab. Es ist als Bestätigung der bisher gefundenen Ergebnisse zu werten, daß bei Berechnung aus Doppelstundenmitteln ein Optimum von  $20^\circ$  erscheint, da dieser Mittelwert zwischen den Werten  $16$  bis  $18$  und  $26$  liegen müßte. Auf diese Verschiebung der Optimalbereiche durch die Berechnung aus Mittelwerten, die jeweils unterschiedliche Vergleichszeiträume umfassen, soll noch später eingegangen werden. Mit weiter ansteigender Temperatur sinkt die Flugtätigkeit wieder ab.

Für *Myzodes* ergeben die gleichen Rechnungen die Gleichungen:

$$M_p = -136,19 + 16,61 T_{200} - 0,45 T_{200}^2$$

$$M_p = -95,62 + 13,74 T_{10} - 0,40 T_{10}^2$$

Infolge der größeren Streuung der Einzelwerte erreicht die Bestimmtheit für diese Gleichung nicht die Übereinstimmung, die sich für *Doralis* ergab. Aus diesem Grunde stimmen auch die Kurven (Abb. 15) nicht so gut überein wie bei *Doralis*. Das Opti-

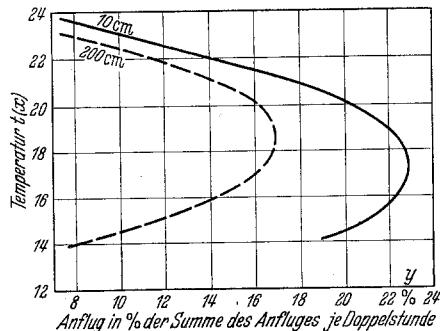


Abb. 15. Die Abhängigkeitsparabel zwischen dem Anflug von *Myzodes* in Prozent der Summe des Anfluges je Doppelstunde und der Temperatur in 10 cm — und 200 cm Höhe ——.

mum liegt etwas niedriger. Im übrigen gleichen sich die beiden Blattläuse in ihrer Flugreaktion auf den Temperaturgang weitgehend. Ein merkbarer Unterschied besteht dagegen zwischen den Aphiden und *Trioza*, da bei den vorhandenen Temperaturen *Trioza* eine lineare Abhängigkeit zeigt, und somit zu vermuten ist, daß die optimale Temperatur für *Trioza* wesentlich höher liegt als bei den Aphiden. Die aus den Zweistundenmittelwerten errechneten Beziehungen zwischen Blattlausflug und Temperatur bestätigen unsere früheren Feststellungen, die, da sie einerseits auf zu großen Zeitabschnitten (Tagesmitteln), andererseits auf Einzelmessungen von Blattoberflächentemperaturen — die bei Einstrahlung durch ihren Wärme-

umsatz immer höhere Temperaturen als die Lufttemperatur zeigen — an einem Tage beruhten, nur ungenaue Werte ergeben konnten. Der nun erhaltene Optimalwert von etwa  $20^\circ$  für den Befallsflug für *Doralis*, und einem etwas geringeren Wert ( $18-19^\circ$ ) für *Myzodes*, als Wendepunkt einer Parabel, macht die oben beschriebene Zweigipfligkeit des Blattlausfluges im Verlauf des Tages ohne weiteres verständlich. An normalen Sommertagen liegen die Lufttemperaturen in Bodennähe nur morgens und abends in der Nähe dieser Optimalpunkte, während sie über Mittag und am frühen Nachmittag so hoch ansteigen, daß sie aus dem Bereich des für die Aphiden Zuträglichen weit herausfallen und deshalb der Flug weitgehend unterbrochen wird. Wenn man die ermittelten Parabeln und ihre Optimalpunkte als biologische Konstanten der betreffenden Arten ansieht — wie man morphologische Eigenschaften zu betrachten längst gewohnt ist — dann wird der Verlauf der Anflugkurven zwangsläufig einleuchten, zumal wenn man ihn mit dem Verlauf der mittleren Temperatur der Beobachtungszeit in den Abb. 7 u. 8 vergleicht. Dann wird auch die gute Deckung der Parabeln für den Anflug in  $200$  und  $10$  cm Höhe verständlich, denn auch die Kurven der mittleren Temperaturen in diesen Schichten decken sich weitgehend, und es erklärt sich daraus auch die Gleichheit des Zuflugverlaufes in verschiedenen Höhen (s. Abb. 6). Die lineare Abhängigkeit des *Trioza*-Fluges von der Temperatur ist zweifellos so aufzufassen, daß in dem Bereich der vorkommenden Temperaturen die Flugtätigkeit immer noch zunimmt und ihr optimaler Punkt bei uns nie erreicht wurde. Es ist durchaus anzunehmen, daß in Wahrheit auch die Beziehung zwischen *Trioza*-Flug und Temperatur eine parabolartige Funktion darstellt, die jedoch aus unserem Material nicht ableitbar ist, weil die Werte alle noch im nahezu gestreckten Teil des ansteigenden Astes derselben liegen. Infolgedessen ist der Verlauf der Anflugdichte im Laufe des Tages eingipflig, wobei selbst die extremsten Mittagstemperaturen keine Minderung des Anfluges ergeben. Während der Befallsflug der Aphiden durch die Temperatur sowohl nach oben wie nach unten begrenzt wird, wird der der Psyllide nur durch zu niedere Temperaturen begrenzt. Der Schwellenwert ist allerdings nicht näher bekannt, doch dürfte er auf Grund von einigen direkten Beobachtungen noch unter dem der Blattläuse liegen. Die Tatsache, daß der Psyllidenflug mit zunehmender Höhe außerordentlich rasch abnimmt und im Vergleich mit den Aphiden besonders eng an die beiden untersten Schichten über dem Boden gebunden ist, wo 97% der erbeuteten Psylliden gefangen wurden, kann wohl nur in dem Sinne interpretiert werden, daß *Trioza* beim Fluge nicht nur sehr hohe Temperaturen erträgt, sondern sogar bevorzugt und erstrebt, insbesondere weil sie etwas flugtüchtiger ist als die Blattläuse und also durchaus etwas höher fliegen könnte. Die mehr kontinentale Verbreitung dieser Art, die von Südskandinavien bis Ungarn bekannt ist, aber in West-Frankreich und auf den britischen Inseln fehlt, und in der Schweiz selten über  $700$  m hinausgeht, macht dieses große Wärmebedürfnis gut verständlich.

#### d) Der Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit.

Zur Abschätzung der Zusammenhänge zwischen der Flugtätigkeit von *Doralis*, *Myzodes* und *Trioza* und

der relativen Luftfeuchtigkeit wurden zunächst die Korrelationsfaktoren (Tab. 3) berechnet, um die lineare Abhängigkeit erkennen zu können. Außer dem Korrelationsfaktor  $r_{M_p \cdot F_{10}} = 0,54$  sind alle anderen Faktoren zwischen den Gelbschalenfängen und der relativen Luftfeuchtigkeit nicht von 0 verschieden. Der Korrelationsfaktor  $r_{M_p \cdot F_{200}} = 0,54$  ist statistisch gesichert. Aus diesem Grunde ist also die Aussage zulässig, daß mit steigender Luftfeuchtigkeit bei *Myzodes* eine steigende Flugfreudigkeit eintritt. Ähnlich wie im Falle der Temperaturabhängigkeit des *Trioza*-Fluges durch die höhere Temperatur ist hier durch die höhere Luftfeuchtigkeit am Boden der Anflug von *Myzodes* in 2 m Höhe schon verhältnismäßig gering, so daß  $r_{M_p \cdot F_{200}}$  noch im Fehlerbereich von 0

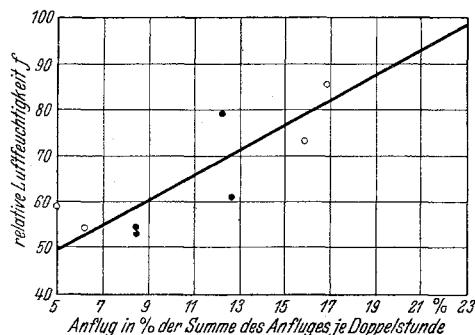


Abb. 16. Regressionslinie zwischen dem Anflug von *Myzodes* in Prozent der Summe des Anfluges und der relativen Luftfeuchtigkeit.

liegt. Die Regressionsgerade für die Summe der Doppelstundenfänge aller Versuchstage ist in Abb. 16 dargestellt.

Die Beziehungslinien zwischen der Flugtätigkeit von *Doralis* und *Trioza* und der relativen Luftfeuchtigkeit sind wieder Parabeln. Leider lassen sich aber infolge der großen Streuungen der Einzelwerte die Parabeln durch die sich ergebende sehr kleine Bestimmtheit  $B$  nicht statistisch festlegen. Es sei an dieser Stelle daher auch von einer Wiedergabe der Parabelgleichungen abgesehen. Für eine Abschätzung des Optimalbereiches ergibt sich für *Doralis* eine Zunahme der Flugtätigkeit bis zu einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60% und eine Abnahme der Flugtätigkeit mit weiter ansteigender Luftfeuchtigkeit.

Bei *Trioza* liegt der Optimalbereich bei 65%, so daß bis zu dieser Luftfeuchtigkeit ansteigende und über 65% abfallende Werte der Flugtätigkeit zu beobachten sind.

Bei der Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit weisen *Doralis* und *Trioza* mit der höchsten Flugtätigkeit zwischen 60 und 70% relativer Luftfeuchtigkeit etwa gleiche Abhängigkeiten auf, im Gegensatz zu *Myzodes*, die ihre höchste Flugfreudigkeit bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit zeigt.

Dieses Ergebnis ist überraschend, da aus dem reinen Verlauf der Fangzahlen eine solche Beziehung unmittelbar nicht abzulesen ist. Die Vorliebe für höhere Luftfeuchtigkeit drückt sich insofern nur in den reinen Fangzahlen aus, als *Myzodes* gegenüber *Doralis* und der Gesamtheit der Aphiden strenger an die untersten Bodenschichten gebunden scheint. Wir weisen darauf hin, daß  $\frac{2}{3}$  des Gesamtfanges am Boden und über 28% in der Schicht darüber (22 cm-Schale), insgesamt also in den beiden untersuchten Schichten über 95% aller erbeuteten Pfirsichläuse festgestellt wurden, während

es bei *Doralis* nur 75% sind und 25% in über 1 m Höhe gefangen wurden. BROADBENT stellte bei *Myzodes* im Experiment fest, daß die relative Luftfeuchtigkeit beim Fluge zwischen 50 und 100% liegen kann, was offensichtlich bestens mit unseren Ergebnissen übereinstimmt. Leider hat er *Doralis* nicht ebenfalls untersucht, bei der wie bei *Trioza* zu hohe relative Luftfeuchtigkeit (über 60 bzw. 70%) nach den vorliegenden und unseren früheren Befunden eine einschränkende Wirkung auf den Flugtrieb hat.

Jedenfalls wird auch noch so hohe Luftfeuchtigkeit praktisch niemals einschränkend, sondern nur fördernd auf den *Myzodes*-Befallsflug wirken. Vielleicht liegt darin sogar eine gewisse Erklärung für die bekannte Tatsache, daß viele der besten Hochzuchtanlagen des Kartoffelbaues, in denen die Abbauvirosen trotz — wenn auch vielleicht verminderter — Vorhandenseins von Pfirsichläusen eine verschwindend geringe Rolle spielen, in kontinentaleren Klimagebieten liegen. Dort dürfte jedenfalls die für den *Myzodes*-Flug erforderliche, sehr hohe relative Luftfeuchtigkeit seltener und weniger lange anhaltend verwirklicht sein, so daß die Befallsflüge stark vermindernd und nur auf die ausgesprochenen Niederungslagen beschränkt auftreten dürften. Auch die durch Winddrift immer wieder aus großer Entfernung in solche Gebiete verschleppten *Myzodes*-Populationen können hier weniger Gelegenheit zu Befallsflügen haben als in Gebieten mit ozeanisch beeinflußtem Klima, wo, wie in Holland und England, die Abbauerscheinungen allgemein eine ungleich größere Rolle spielen als im Osten.

Ohne Zweifel wird die Zweigipfligkeit des Tagesverlaufs des Aphiden-Befallfluges auch von den Ansprüchen der Läuse an die relative Luftfeuchtigkeit mit bedingt; denn bekanntlich weist diese nicht nur in Bodennähe, sondern vor allem morgens und abends höhere Werte auf als mittags. Typischerweise ist, wie die Abb. 2 zeigt, der diesen Umständen entsprechende Verlauf der Befallskurve bei *Myzodes* viel stärker ausgeprägt als bei *Doralis*, die eben so hohe Anforderungen an die relative Luftfeuchtigkeit nicht stellt, ja durch zu hohe Werte bereits in ihrer Fluglust beeinträchtigt ist. Infolgedessen ist der Kurvenverlauf bei ihr ausgeglichener.

Charakteristisch für das Verhalten von *Trioza*, für die von der relativen Luftfeuchtigkeit aus ein ähnlicher Anflug-Kurvenverlauf erwartet werden müßte, bei der aber im Gesamtbild die starke Beeinflussung durch die Temperatur den Ausschlag gibt. Betrachtet man den Kurvenverlauf aber in den einzelnen Höhen gesondert (Abb. 6), so zeigt sich, daß besonders in den bodennächsten Schichten für den *Trioza*-Anflug eigentlich eine Dreigipfligkeit vorliegt, wobei die schwächeren Morgen- und Abendgipfel auf der stimulierenden Wirkung der erhöhten Luftfeuchtigkeit, der mittägliche Hauptgipfel aber auf dem Einfluß der hohen Temperaturen beruht. Doch gehören solche Betrachtungen eigentlich schon in das folgende Kapitel, wo das Zusammenwirken der Faktoren auf den Befallsflug untersucht werden soll.

#### e) Das Zusammenwirken aller Witterungsfaktoren.

Bisher wurden die verschiedenen Witterungsfaktoren Licht, Windstärke, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit einzeln zu den Betrachtungen herange-

zogen. Da aber im Witterungsablauf kein Faktor ohne den anderen auftritt, ist es notwendig, auch das Zusammenwirken aller dieser meteorologischen Elemente zu diskutieren. Dabei sei zuvor erwähnt, daß natürlich die vier ausgewählten Komponenten des Wettergeschehens nur eine willkürliche Auswahl darstellen, die beliebig durch andere Größen, vor allem durch komplexe Werte, ergänzt oder geändert werden könnten. Wir hoffen aber doch die hauptsächlichsten Faktoren mit diesen Größen erfaßt zu haben.

Bei der Einwirkung von Licht, Windstärke, Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit muß man zwi-

grenzenden Bereich des Lichteinflusses und der Windstärke mit betrachtet werden

Am einfachsten wäre eine solche Analyse bei nur linearen Abhängigkeiten, die leider bei keiner der drei Homopteren vorliegen. Aber durch einen kleinen Kunstgriff ist es bei *Trioza* möglich, annähernd lineare Bedingungen zu schaffen. Bildet man nämlich die mittleren relativen Luftfeuchtigkeiten aller Doppelstunden, so treten keine Werte unter dem Optimalbereich auf. Bis zum Optimalbereich ist aber dann eine negative lineare Korrelation mit der Summe der Anflüge pro Doppelstunde vorhanden. Die Regressionsgerade ist dafür in Abb. 13 eingezeichnet. Aus diesen Größen läßt sich nun der „multiple correlative coefficient“ oder die totale Korrelation nach

$$R^2 = r_{xy}^2 + r_{xz}^2 + r_{yz}^2 \\ - 2r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}$$

berechnen. Dafür ist

$$R = 0,742.$$

Das heißt bei steigender Lufttemperatur und gleichzeitig fallender relativer Luftfeuchtigkeit (aber nur bis zu einem Bereich von 60—70 % relativer Luftfeuchtigkeit) ist ein ansteigender und bei umgekehrten Verhältnissen ein fallender Anflug zu beobachten. Diese Zusammenhänge sind durch  $R = 0,742$  als relativ enger Zusammenhang gekennzeichnet.

Zeichnet man die gesamten Fangergebnisse in ein Klimogramm zur Abhängigkeit der Flugtätigkeit von *Trioza* von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit ein (Abb. 17), so finden wir alle schon beschriebenen Abhängigkeiten wieder. Es muß aber betont werden, daß die Klimogramme niemals den

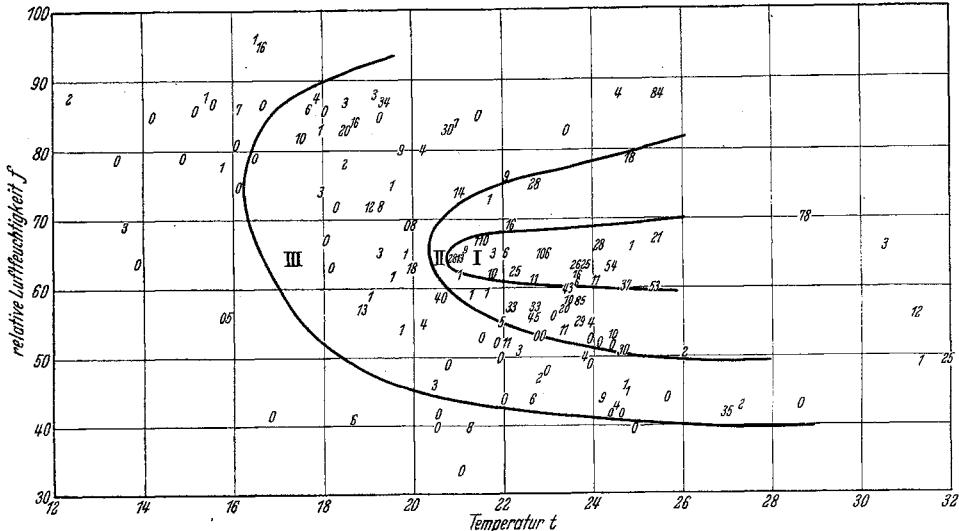


Abb. 17. Klimogramm zur Abhängigkeit der Befallsflüge von *Trioza* (pro Doppelstunde) von der Mitteltemperatur und der mittleren relativen Luftfeuchtigkeit (pro Doppelstunde).

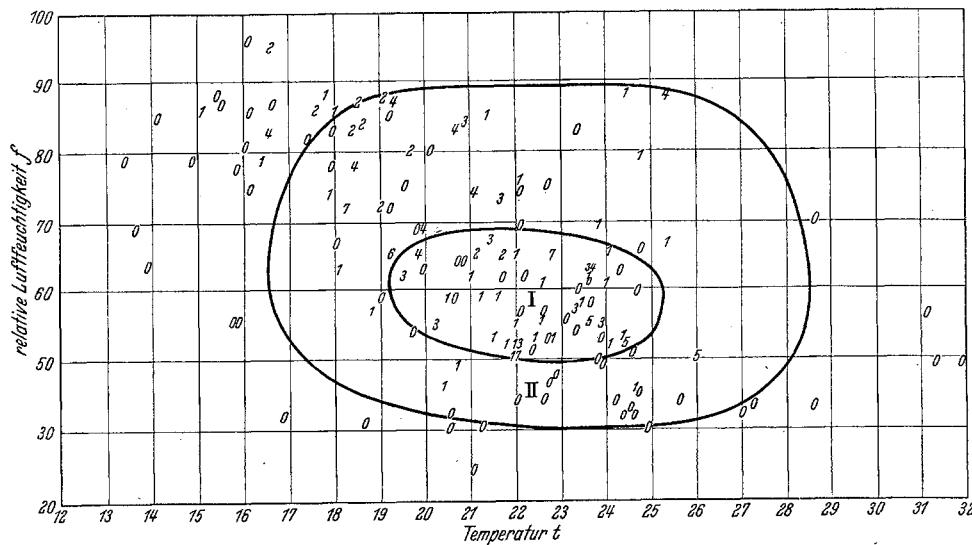


Abb. 18. Klimogramm zur Abhängigkeit der Befallsflüge von *Doralis* (pro Doppelstunde) von der Mitteltemperatur und der mittleren relativen Luftfeuchtigkeit (pro Doppelstunde).

schen den beiden die Flugtätigkeit begrenzenden Faktoren Licht und Windstärke und den beiden die Flugtätigkeit beeinflussenden Faktoren Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit unterscheiden. Aber auch Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit werden unter bestimmten Schwellenwerten zu begrenzenden Faktoren. Die beiden begrenzenden Faktoren sind im Abschnitt a und b besprochen und es ist nun für eine weitere Diskussion wichtig, bei dem Zusammenwirken von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit streng darauf zu achten, daß keine Werte in dem be-

statistischen Wert der Abhängigkeiten wiedergeben, sondern immer nur als grobe Abschätzung zu werten sind. (Außerdem sind nur die Anflugzahlen der wolfig bis heiteren Tage in den Zeichnungen eingetragen, da in dem vorhandenen Maßstab nicht noch mehr Einzelwerte darstellbar sind.) Im Klimogramm mit gleichen Koordinaten sind die davon abhängigen Fangergebnisse von *Doralis* (Abb. 18) und *Myzodes* (Abb. 19) eingezeichnet. Dabei kann man bei dem Vergleich der Optimalbereiche von *Doralis*, *Myzodes* und *Trioza* folgendes unterscheiden:

1. bestehen bei *Myzodes* und *Doralis* Temperaturoptima für den Befallsflug, die sich kaum voneinander unterscheiden;

2. haben *Doralis* und *Trioza* mit 60—70 % relativer Luftfeuchtigkeit etwa die gleichen Optimalbereiche der Abhängigkeit ihrer Flugtätigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit;

3. ist bei *Trioza* mit ansteigender Temperatur, bei den in unseren Versuchen festgestellten Temperaturbereichen, eine immer ansteigende Flugtätigkeit zu verzeichnen; dasselbe gilt für *Myzodes* bei ansteigender relativer Luftfeuchtigkeit.

Die drei untersuchten Homopteren verkörpern demnach hinsichtlich ihrer Ansprüche an Temperatur und Luftfeuchtigkeit beim Befallsflug drei verschiedene Reaktionstypen und zwar:

1. *Trioza nigricornis* den Wärmetypr., bei dem im Bereich unserer Klimaverhältnisse steigende Temperatur auch stets mit steigender Flugtätigkeit gekoppelt ist, während für die relative Luftfeuchtigkeit ein Optimalbereich besteht, über und unter dem die Flugtätigkeit sinkt;

2. *Myzodes persicae* den Feuchtigkeitstyp, bei dem unbegrenzt mit steigender relativer Luftfeuchtigkeit stets auch die Flugtätigkeit zunimmt, während für die Temperatur ein Optimalbereich besteht, unter und über dem die Flugtätigkeit abnimmt; und

3. *Doralis fabae* den gemäßigten Typ, bei dem sowohl für die relative Luftfeuchtigkeit wie für die Temperatur Optimalbereiche (als Wendepunkte von Parabeln) bestehen, über und unter denen die Flugtätigkeit abnimmt.

Wichtig ist der Unterschied zwischen der Klimagrammdarstellung der Einzeldoppelstunden und der Summe der Fänge pro Doppelstunde, nach denen die Parabelgleichungen berechnet sind. Bei diesen Werten muß sich der Optimalbereich durch die Mittelwertbildung natürlich einengen!

Vergleicht man die Optimalbereiche von *Doralis fabae*, die von MÜLLER und UNGER veröffentlicht wurden, so ergibt sich das in Abb. 20 dargestellte Bild. Die meteorologischen Elemente sind 1. durch Mittelwerte über einen ganzen Tag, 2. durch Mittelwerte über 2 Stunden und 3. als Blattoberflächentemperatur- und Feuchtigkeitswerte mit der Flugtätigkeit von *Doralis* in Beziehung gebracht. Je größer der Zeitbereich ist, über den ein Mittelwert gebildet wird, je größer sind auch die Streuungen. Vor allem wurden bei den Tagesmitteln die tiefen Nachttemperaturen, die gar keinen Einfluß auf die Flugtätigkeit haben, mit erfaßt, und dadurch verschieben sich die Bereiche zu tiefen Temperaturen und höheren Luftfeuchtigkeiten, die die Mittelwerte mitbelasten. Bei der Blattoberflächentemperatur ist eine Verschiebung zu höheren Temperaturen ersichtlich, weil der

Wärmeumsatz der Oberfläche hierbei mit zum Ausdruck kommt. Daraus ist klar zu erkennen, wie wichtig eine genaue Definition der Vergleichswerte bei der Behandlung solcher Untersuchungen ist.

Aus den vorhandenen Tagesgängen seien nun 2 Tage und zwar der 30. 7. 51 und der 15. 8. 51 herausge-

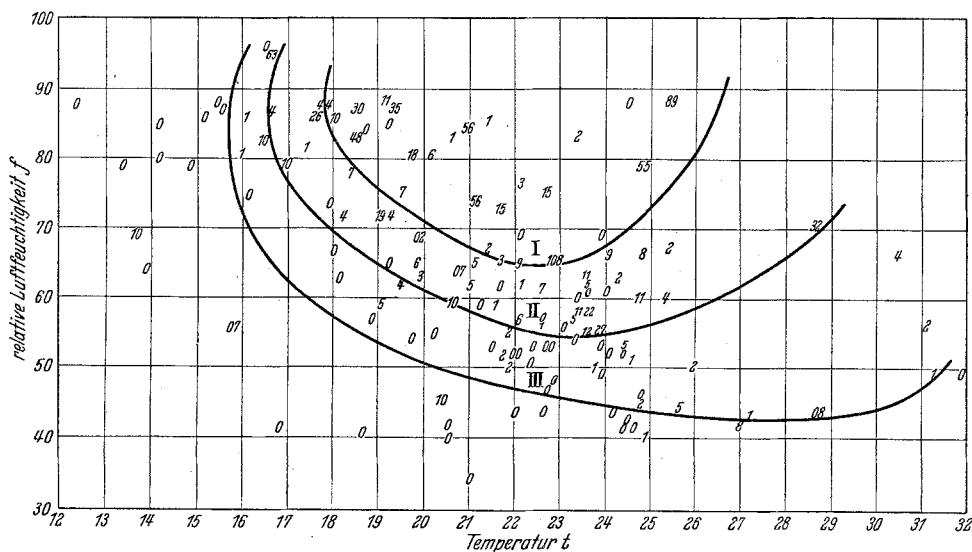


Abb. 19. Klimogramm zur Abhängigkeit der Befallsflüge von *Myzodes* (pro Doppelstunde) von der Mitteltemperatur und der mittleren relativen Luftfeuchtigkeit (pro Doppelstunde).

griffen, um die gefundenen Abhängigkeiten an diesen Tage im einzelnen zu beschreiben.

Es ist notwendig, darauf hinzuweisen, daß die Einzelwerte durch die Beeinflussung vor allem von den nur grob geschätzten Windstärkewerten, die ja im Laufe der Doppelstunde starke Schwankungen durchmachen können, erheblich belastet sind. In den zu den statistischen Untersuchungen herangezogenen Mittelwerten wirken sich diese Fehler nicht in dem Umfang aus wie bei den Einzelwerten.

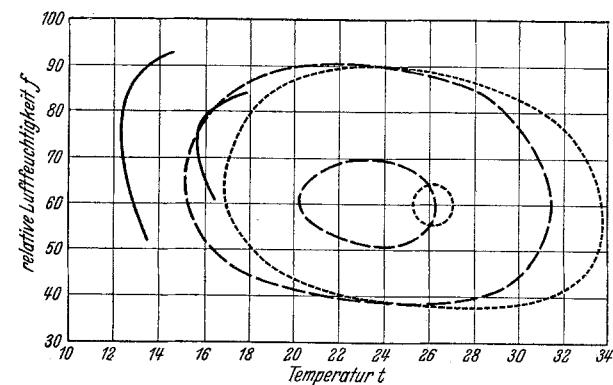


Abb. 20. Klimogramme zur Abhängigkeit der Anflüge von *Doralis fabae* von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit bei verschiedenen Mittelwertbildungen und Bezugswerten.

- a) — Mittelwert pro Tag und als Vergleichswerte Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.
- b) - - - Mittelwerte pro 2 Stunden und als Vergleichswerte Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.
- c) ..... Mittelwerte pro 10 Minuten und als Vergleichswerte Blattoberflächentemperatur und Oberflächenfeuchtigkeit.

Der 30. 7. 51 war ein wolkig bis heiterer Tag mit einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 1 Beaufortgrad. In dem Tagesgang der Gelbschalenfänge (Abb. 21) von *Doralis*, *Myzodes*, *Trioza* und der  $\Sigma_A$  (Summe der Aphiden) sind in den Höhen von 0 cm und 172 cm die Anflüge in Prozent des Gesamtanfluges in den beiden Höhen und zwar nur

in den Stunden, die nicht durch den begrenzenden Faktor des Lichtes (durch die Tageslänge) gestört worden sind, aufgetragen. Während *Trioza*, dem Tagesgang der Temperatur folgend, um 15<sup>h</sup> am Boden und in 172 cm Höhe das Maximum des Anfluges zeigt, ist um 9<sup>h</sup> und 11<sup>h</sup> ein sekundäres Maximum vor allem in 172 cm Höhe zu erkennen. Zu dieser Zeit entspricht die relative Luftfeuchtigkeit in 2 m Höhe mit 60—70 % dem optimalen Feuchtigkeitsbereich des *Trioza*-Fluges.

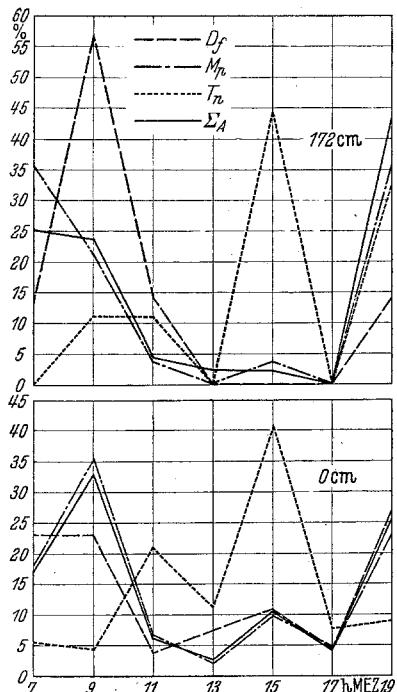


Abb. 21. Prozentuale Verteilung des Gesamtfanges der untersuchten Homopteren-Arten auf die Doppelstunden des 30. 7. 1951, eines wollig-heiteren Tages, in 0 und 170 cm Höhe.

Um 13<sup>h</sup> sinkt aber in 2 m Höhe die relative Luftfeuchtigkeit unter diese optimalen Werte ab, so daß hier ein Nachlassen des Anfluges eintritt. Erst die weiter ansteigende Temperatur kann trotz niedriger Feuchtigkeit wieder einen höheren Anflug bewirken. Die Anflugkurve der Aphiden zeigt um 9 und 19<sup>h</sup> je einen Gipfel des Anfluges, da zu dieser Zeit die optimalen Temperaturen erreicht werden. Nur der Anflug von *Myzodes* bildet um 9<sup>h</sup> keinen Gipfel mehr aus, weil die stark absinkende Luftfeuchtigkeit den Temperatureinfluß hemmend überlagert.

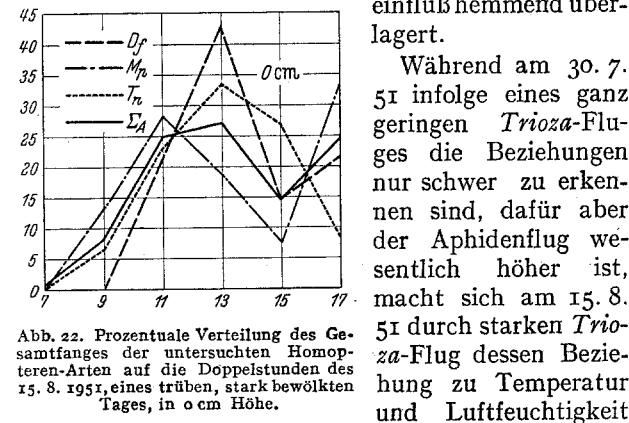


Abb. 22. Prozentuale Verteilung des Gesamtfanges der untersuchten Homopteren-Arten auf die Doppelstunden des 15. 8. 1951, eines trüben, stark bewölkten Tages, in 0 cm Höhe.

wesentlich deutlicher bemerkbar als die des Aphidenfluges, der zu dieser Zeit schon wesentlich abgenommen hat (Abb. 22).

Am 15. 8. 51 war ein trüber Tag, aber wie der 30. 7. ebenfalls ohne höhere Windgeschwindigkeit am Tage.

Während *Trioza* wieder einen Anflugverlauf zeigt, der dem Tagesgang der Lufttemperatur folgt, geht diesmal auch der Anflug der Aphiden dem Temperaturgang parallel, weil infolge der unter dem Optimalbereiche bleibenden Temperaturwerte die Beziehungen fast im linearen Aste der ansteigenden Parabel liegen. Auf die Werte in 172 cm Höhe soll wegen der geringen Anflüge verzichtet werden.

In einer schematischen Gegenüberstellung der Anflüge der Aphiden und der Psyllide *Trioza* an einem Strahlungstag und einem trüben Tag (Abb. 23) soll nochmals auf die Doppelgipfligkeit der Aphidenanflug-

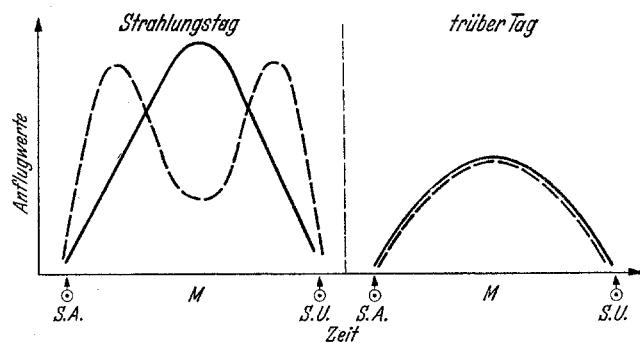


Abb. 23. Idealer Anflugverlauf an einem Strahlungstag und an einem trüben Tag.  
(— — — Aphidenanflug, ······ *Trioza*-Anflug.)

kurve durch die überschrittenen optimalen Temperaturen zur Zeit des Temperaturmaximums gegenüber der eingipfligen Kurve von *Trioza*, die in unseren Breiten ihr Temperaturoptimum nicht erreicht, hingewiesen werden. Da an einem trüben Tage bei den Aphiden und *Trioza* das Temperaturoptimum nicht überschritten wird, sind beide Kurven eingipflig.

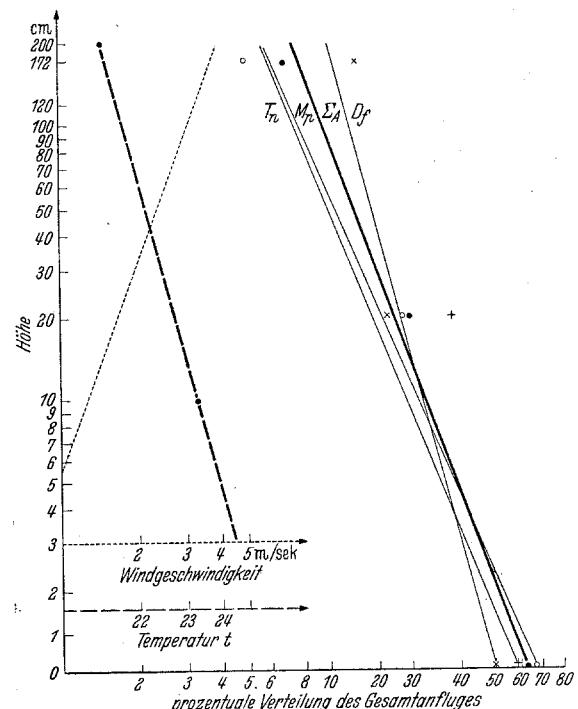


Abb. 24. Abnahme der Anflugwerte mit der Höhe bei  $D_f$  = *Doralis fabae*,  $M_p$  = *Myzodes persicae*,  $T_n$  = *Trioza nigricornis* und der  $\Sigma_A$  = Summe der Aphiden im Vergleich zu der mittleren Zunahme der Windstärke --- und der Abnahme der Mittagstemperatur ..... der heiteren Tage der Versuchszeit mit der Höhe.

Die Abnahme der Flugtätigkeit mit der Entfernung von der Bodenoberfläche dürfte verschiedene Gründe

haben. Zunächst gibt die mittlere Verteilung in einem doppeltlogarithmischen Koordinatennetz annähernd eine Gerade (Abb. 24). Ähnliche Verteilungen finden wir auch bei den Temperaturgradienten; in Abb. 24 ist als Vergleich der Temperaturgradient der Mittagsstunde der heiteren Tage in der Versuchszeit eingetragen. Das Aufsuchen temperaturmäßig günstiger Schichten in Bodennähe ist aber sicher nicht die einzige Ursache der Verteilung der Homopteren auf verschiedenen Höhen. Wesentlich wird vor allem die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit steigender Höhe sein, die wir in den vorhergehenden Kapiteln als begrenzenden Faktor für die Flugtätigkeit kennen gelernt haben. Auch die Zunahme der Windgeschwindigkeit läßt sich in dem doppeltlogarithmischen Koordinatenpapier annähernd als Gerade eintragen. Die Zunahme der Windgeschwindigkeit wird den Gradienten der Verteilung der fliegenden Homopteren mit der Höhe noch vergrößern. Nicht außer acht lassen darf man aber bei dieser Verteilung, daß durch den Massenaustausch vom Startpunkt der Insekten aus eine Verteilung der fliegenden Tiere eintritt, auf die bereits weiter oben hingewiesen wurde.

abhängig ist, die nach oben rasch abnimmt. Bei *Doralis* dagegen, deren Optimum für relative Luftfeuchtigkeit bei 60% liegt, ist infolgedessen der Kurvenverlauf etwas gedämpfter.

Es fällt auf, daß sich das morgendliche Maximum mit zunehmender Höhe von 07<sup>h</sup> auf 09<sup>h</sup>, z.T. sogar auf 11<sup>h</sup> verschiebt, was man wohl nur damit erklären kann, daß die Erwärmung auf optimale Werte in Bodennähe für den Aphidenflug früher eintritt als in den Luftsichten darüber. Ähnliches gilt für den in 172 cm Höhe verspätet einsetzenden *Trioza*-Anflug.

Noch klarer werden die Wirkungen der einzelnen Witterungsfaktoren auf den Anflugverlauf in verschiedenen Höhen, wenn man die prozentuale Verteilung der Arten auf die einzelnen Höhenstufen nicht auf die Tagesgesamtfänge, sondern auf die einzelnen Doppelstunden bezieht (Abb. 25a-d). Für den Gesamtaphidenfang (Abb. 25a) zeigt sich, daß sich an der prozentualen Verteilung im Laufe des Tages kaum etwas ändert. Zu allen Tageszeiten fliegen ~60% dicht über dem Boden, ~30% in 22 cm und 2–8% in den Höhen über 1 m. (Vergleiche hierzu die kritischen Bemerkungen auf S. 212).

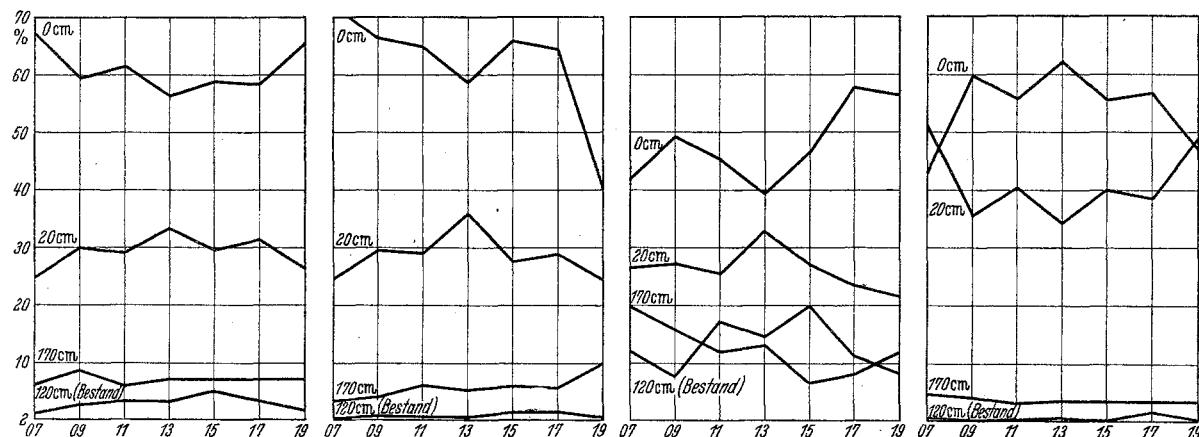


Abb. 25. Prozentuale Verteilung des Gesamtfanges auf die verschiedenen Höhen über dem Boden in den einzelnen Tagesdoppelstunden bei  
a) dem Aphiden-Gesamtfang, b) *Myzodes persicae*, c) *Doralis fabae* und d) *Trioza nigricornis*.

Mit Hilfe der gefundenen Beziehungen zwischen dem Befallsflug der in Rede stehenden Homopteren und den untersuchten Witterungsfaktoren muß nun noch einmal die festgestellte Verteilung des Anfluges auf verschiedene Höhen einer Analyse unterzogen werden, nachdem diese oben nur kurz und summarisch behandelt worden ist.

Betrachtet man den in Abb. 6 dargestellten Verlauf der prozentualen Verteilung des Anfluges der einzelnen Arten in den verschiedenen Fanghöhen, so zeigt sich (mit Ausnahme der 1,72 m Stufe, bei der die vorhandenen Fänge infolge der Weite der Streuung zahlenmäßig ein zu geringes Material darstellen, um verlässliche Kurven zu ergeben) annähernd überall der gleiche Kurvenverlauf. Das bedeutet, daß das Zusammenspiel der Faktoren in dem untersuchten Höhenbereich etwa die gleichen Resultanten ergibt. Stets sind die Aphiden-Kurven zweigipflig mit einem niedrigeren, breiteren Vormittags- und einem höheren, steilen Abendgipfel, stets tritt die Mittagspause deutlich in Erscheinung. Daß dieser Verlauf bei den *Myzodes*-Kurven stets die extremsten Ausschläge aufweist und zwar mit zunehmender Höhe in stärkerem Maße, beruht offenbar darauf, daß diese Art, wie wir schon sahen, am meisten von hoher Luftfeuchtigkeit

Auffällig ist eine geringe Gegenläufigkeit der Kurven in 0 und 22 cm Höhe, wo die Masse der Läuse fliegt, indem morgens die Dichte der Anflüge am Boden relativ hoch, in 22 cm Höhe relativ geringer ist, dann gegen Mittag am Boden fällt und dafür in 22 cm Höhe steigt, um am Abend wieder in Bodennähe anzusteigen in 22 cm Höhe aber relativ abzufallen. Die Ursache dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, daß sich der Boden morgens schneller erwärmt und abends langsamer abkühlt als die darüber liegende Luftsicht in 22 cm Höhe, daß am Boden also morgens und abends schon eher bzw. später noch optimale Flugtemperaturen herrschen als 22 cm höher, während mittags der Boden sich so erhitzt, daß er aus dem optimalen Bereich herauskommt, die fliegenden Läuse dann die weniger warmen Luftsichten darüber bevorzugen.

Diese Verhältnisse bestehen allerdings nur für die Summe aller gefangenen Blattläuse und stellen also eine Durchschnittsbildung dar. Die einzelnen Arten verhalten sich z.T. ganz verschieden. Am Morgen und über Mittag ist das Verhalten von *Myzodes* (Abb. 25b zunächst ganz ähnlich. Der Flug führt infolge der raschen Erwärmung des Bodens und der hier herrschenden hohen relativen Luftfeuchtigkeit dicht über

dem Boden hin und erhebt sich mit zunehmender Erwärmung des Bodens gegen Mittag z.T. mehr in die höheren Luftsichten (22 cm), weil am Boden die optimale Flugtemperatur überschritten wird. Eine entsprechend rückläufige Verlagerung setzt in den (frühen) Nachmittagsstunden mit weiter anhaltender Austrocknung der Luft in 22 cm Höhe ein. Am Abend jedoch sinkt der Zuflug am Boden zugunsten der 22 cm-Schicht so stark ab, daß er dort zuletzt sogar absolut etwas stärker ist als am Boden. Bei der außergewöhnlich starken Abhängigkeit des *Myzodes*-Befallsfluges von einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit, die sich sehr deutlich in der minimalen Flugdichte in den höheren Luftsichten (über 1 m) ausdrückt, ist das wohl so zu interpretieren, daß am Abend die hohe relative Luftfeuchtigkeit sich auch auf die Luftsichten von 22 cm Höhe über dem Boden ausdehnt, so daß der *Myzodes*-Flug dann in gleicher Dichte vom Boden bis in Höhen über 20 cm erfolgt.

Viel weniger extrem und infolgedessen der Summe der gefangenen Aphiden ähnlich verhält sich die den gemäßigten Typ verkörpernde *Doralis* (Abb. 25c). Wenn auch die Dichte des Fluges mit zunehmender Höhe rasch nachläßt, so fliegt doch im Vergleich zu *Myzodes* und *Trioza* ein wesentlich höherer Prozentsatz der Bohnenläuse in der Schicht zwischen 1 und 2 m Höhe (10—20%). Ferner ist die mittägliche Verlagerung der Hauptflugzone vom Boden in die etwas höher liegende Luftsicht (22 cm) deutlich zu erkennen, und besonders ebenso das abendliche Absinken in die nächste Bodennähe typisch entwickelt. Nur frühmorgens ist zunächst am Boden anfangs noch eine Zunahme der Flugdichte am Boden zu verzeichnen, die vielleicht mit dem gegenüber *Myzodes* etwas größeren Wärmebedürfnis der Art zusammenhängt.

Völlig anders ist der Kurvenverlauf bei der extrem wärmebedürftigen *Trioza* (Abb. 25d). Zwar fliegt, ähnlich *Myzodes*, auch bei ihr die Masse der Tiere in den bodennächsten Luftsichten und nur ein verschwindend geringer Prozentsatz in 1—2 m Höhe (2—5%), doch ist hierfür nicht die dort herrschende größere Luftfeuchtigkeit, sondern die stärkere Erwärmung ausschlaggebend. Das kommt im Verlauf der Flugintensität in 0 und 22 cm Höhe besonders deutlich zum Ausdruck, der gerade umgekehrt verläuft wie bei den Aphiden. Mit zunehmender Erwärmung des Bodens steigt die Flugdichte in der Luft unmittelbar darüber zum Mittag hin stark an und sinkt ebenso gegen Abend dann wieder ab. Entsprechend ist frühmorgens und spät abends dagegen die Flugdichte in 22 cm Höhe stärker, offenbar weil dann die relative Luftfeuchtigkeit am Boden über dem Optimalbereich liegt und die etwas höher liegenden Luftsichten dann relativ trockener sind.

So bedingt der verschiedene Reaktionstyp der drei untersuchten Arten gegenüber einigen bedeutungsvollen Witterungsfaktoren nicht nur Verschiedenheiten in der täglichen Flugperiodizität, sondern auch in der Verteilung der Arten in verschiedenen Höhenstufen.

So könnte man umgekehrt die Flugtätigkeit der Insekten in bestimmten Höhen als Hinweis für die mikroklimatischen Schichtung auffassen. Wenn z.B. *Doralis fabae* nicht nur in Bodennähe anzutreffen ist, sondern auch in den darüber liegenden Schichten fliegt, so muß die Luftsicht am Boden etwa 25°C überschritten haben. Auch die anderen untersuchten

Homopteren dürften in ihrem Flugverhalten die mikroklimatischen Verhältnisse widerspiegeln, so daß ein aufmerksamer Beobachter aus dem Verhalten der fliegenden Insekten Schlüsse auf mikroklimatische Zustände ziehen kann.

Noch nicht genauer ausgewertete Beobachtungen und Gelbschalenfänge ergaben, daß im Gegensatz zum Befallsflug auf die Sekundärwirte der herbstliche Zuflug zu den Winterwirtsbüschchen seine maximale Dichte in ungefähr 1,20 m Höhe hat.

## 6. Der Befallsflug als Glied der gesamten Flugtätigkeit (der Blattläuse).

Wenn im Anschluß an unsere früheren Studien mit dem vorliegenden Beitrag ein für den Entomologen, Agrarmeteorologen und Landwirt gleichermaßen wichtiger Teil des Blattlausfluges, nämlich der Befallsflug, weiter aufgeklärt werden konnte, so ergibt sich daraus das Bedürfnis, abschließend näher zu untersuchen, in welchem Zusammenhang der Befallsflug mit den übrigen Phasen des Blattlausfluges steht, mit dem Ziel, dadurch ein Bild von der gesamten Flugtätigkeit der Blattläuse zu gewinnen, das den modernen Anschaulungen entspricht. Das erscheint um so notwendiger, als teilweise darüber noch recht unklare Vorstellungen herrschen, aber anderseits durch die ausgezeichneten Ergebnisse der englischen Aphidologen diese Probleme neu in Fluß gebracht und ein neuer Abschnitt unseres Wissens über den Aphidenflug eingeleitet scheint.

Man hat bisher als letzte Ursache der Blattlauswandlung und damit des Blattlausfluges ganz allgemein den Mangel an geeigneter Nahrung angesehen. Diese Vorstellung hat vor allem durch die neuesten Ergebnisse und Folgerungen KENNEDYS eine Präzision erfahren, indem speziell der Mangel an mobilen, den Blattläusen beim Saugakt zugänglichen Eiweißen als ausschlaggebend angesehen werden muß.

Dieser im wesentlichen durch den Entwicklungszustand der Pflanze oder Übervölkerung zustande kommende Eiweiß(nahrungs)mangel bewirkt die Ausbildung von Geflügelten, die fast niemals länger als bis zu Erlangung der Flugreife auf ihrer Geburtsnährpflanze verweilen. Dadurch entsteht ein saisonaler Rhythmus in der Produktion von Geflügelten, der sich in der Flugdichte abzeichnet.

Im Spätfrühling entsteht entsprechend dem Nachlassen des Eiweißtransports in den holzigen Primärwirten nach dem Austreiben eine Population geflügelter Fundatrigenien und damit — etwa im Mai bis Anfang Juni — die erste Welle des Aphidenfluges im Verlauf des Jahres. Sie pflegt, verglichen mit den späteren, schwach zu sein, weil die fundatrigenen Populationen relativ schwach sind (auch überwinternte virginogene Populationen fallen mengenmäßig zunächst meist nicht sehr ins Gewicht).

Übervermehrung und damit Übervölkerung im Zusammenwirken mit der Kurzlebigkeit der krautigen Sommerwirte bewirkt dann nach günstiger (warmer und nicht zu feuchter Witterung) im Juni—Juli — letztlich wieder über Eiweißmangel — im Hochsommer (2. Hälfte Juni bis Anfang August) die Entstehung riesiger Populationen geflügelter Virginogenen, die den späteren Aufwuchs krautiger Sommerwirte aufsuchen müssen. Der Flug dieser Massen bringt um die Juli-August-Wende ein enormes Anschwellen der Flug-

dichte auf ein Vielfaches des Frühjahrsmaximums. Diese zweite und größte Welle des Aphidenfluges pflegt spätestens in der ersten Augustdekade — wahrscheinlich infolge Mangel an geeigneten Nährpflanzen und Überhitzung der austrocknenden Feldmark — zusammenzubrechen.

Die dritte Welle entsteht im Herbst, wenn die krautigen Sekundärwirte endgültig abreifen und die Gehölze (Primärwirte) vor dem Laubfall als Quellen erhöhten Eiweißtransportes günstige Nahrungsquellen bieten. Allerdings mögen bei der Ausbildung der Sexuparen bzw. Sexuales- $\delta\delta$  noch andere Faktoren (abnehmende Lichtmenge, Temperaturfall) herein spielen.

Es ist (vor allem von JOHNSON) nachgewiesen, daß sich diese drei saisonalen Wellen des Blattlausfluges auch in großen Höhen widerspiegeln.

Eingeleitet wird der Blattlausflug stets durch eine Umkehr im Verhalten zum Licht, die die normalerweise lichtscheuen Tiere nach Erreichen der Flugfähigkeit positiv phototaktisch werden läßt.

Dieses Lichtstreben bewirkt schließlich auch den aktiven Abflug in Richtung der größten Helligkeit. Nur widrige Witterungsumstände, namentlich zu geringe Temperatur auf den Startflächen (bei *Doralis* unter 17° C), Dunkelheit, starke Niederschläge und zu hohe Windgeschwindigkeit (bei *Doralis* über 3 km/h) können den Flugtrieb für Stunden oder höchsten Tage eindämmen. Auf diese Weise entstehen im stetigen Verlauf der saisonalen Flugdichtekurve sekundäre Maxima und Minima (Stauwirkung von Kaltluft-einbrüchen, Böentagen usw.). Die vom Flugtrieb beherrschten, eben gestarteten Läuse werden durch ihr positiv phototaktisches Verhalten von ihren bisherigen Nährpflanzen fortgeführt, von neuen Nahrungsquellen aber zunächst in keiner Weise angezogen. Aktiv nach oben strebend gewinnen früher oder später Luftströmungen aller Art über sie Gewalt: zunächst normalerweise Turbulenz und Konvektionsströme.

Denn die Verteilung der Aphiden (und anderer Klein-Insekten) in größeren Höhen muß u.a. wahrscheinlich auch mit den Massenaustauschvorgängen der Atmosphäre in Zusammenhang gebracht werden. Schon W. SCHMIDT hatte mit Hilfe der Austauschbewegung die Verteilung von Fremdkörpern in der Luft erklärt. Einfacher erscheint die Verteilung nach S. ROMBAKIS eingeführter „wahrscheinlicher Flugbahn“ gelöst zu sein. ROMBAKIS benutzt aber bei seinen Ansätzen nur Pollen, Samen und Früchte und ihre Verteilung durch den Massenaustausch, also nicht aktiv fliegende Körper, wie sie im Gegensatz dazu die Insekten darstellen. Bei der geringen Eigengeschwindigkeit kleiner Insekten sind aber diese als eventuell schwebende Fremdkörper anzusprechen, die dann durch die Austauschbewegungen auch in höhere Luftsichten transportiert werden können. Nimmt man diese Voraussetzungen für die von ROMBAKIS angeführten Gleichungen an, so würde zwar die Verteilung der Insekten mit der Höhe eine Erklärung finden, aber die relativ doch langsame Verteilungsgeschwindigkeit (für einige hundert Meter mehrere Tage) dürfte für die von JOHNSON gefundene starke kurzfristigere Änderung der Insektenverteilung in der Höhe nicht ausreichen. Zusätzlich werden die Konvektionsströme erhebliche Mengen von Insekten in den Luftpaketen fahrstuhlgartig in größere Höhen bringen — unterstützt von dem

aktiven Flug der Insekten —, dem Licht, der Sonne entgegen.

Diese Überlegungen machen es verständlich, daß die Flugdichte mit der Höhe stark abnimmt, jedoch innerhalb einer bestimmten Höhe im Laufe des Tages ansteigt (s. JOHNSON 1951), wobei das Maximum mit zunehmender Höhe immer mehr nachhinkt. Über Nacht, wahrscheinlich schon in den späteren Abendstunden, reinigt sich nach JOHNSON die Luft zumeist in allen Höhen wieder von Aphiden. Es muß allerdings fraglich erscheinen, ob diese Reinigung allein mit den abendlichen Absinkbewegungen der Luft erklärt werden kann oder ob und in welchem Maße dabei aktive Bewegungen der nunmehr ermüdeten und in Landestimmung befindlichen Aphiden eine Rolle spielen.

Die durch aktiven Flug und passiv durch vertikale Luftbewegungen in höhere Luftsichten gelangten Aphiden werden sehr häufig von horizontalen Luftbewegungen erfaßt und über große Strecken (hunderte von km) verfrachtet. Die Tatsache der nächtlichen Reinigung der Luft läßt vermuten, daß die Dauer solcher Drift durch die Tageslänge begrenzt wird und erklärt vielleicht die Erfahrung, daß gerade die bisher weitesten Fernflüge in hohen Breiten nachgewiesen wurden.

Nach dem Abklingen der Flugphase (durch Ermüdung und einsetzenden Hunger) fliegen die Aphiden in Landestimmung vorzugsweise in bodennahen Luftsichten, wo sie nun auf neue Wirtspflanzen reagieren. Wie wir oben zeigen konnten, ist vor allem die kombinierte Wirkung verschiedener Witterungsfaktoren in Bodennähe als steuernde Ursache für dieses Verhalten beim Befallsflug anzusehen — der wieder ein überwiegend aktiver Flug ist —, wobei im einzelnen die hier verminderte Windgeschwindigkeit, die höhere Luftfeuchtigkeit oder die Temperatur mehr oder weniger ausschlaggebend sein kann. Der bekannte Tagesgang dieser Faktoren in Bodennähe bringt es mit sich, daß im Verlaufe des täglichen Befallfluges zwei Gipfel auftreten, einer in den frühen Vormittags- und ein zweiter in den Abendstunden, während an Strahlungstagen unter Mittag infolge zu hoher Wärme und geringer Luftfeuchtigkeit nur eine verminderte, in der Nacht infolge der Dunkelheit überhaupt keine Flugtätigkeit stattfindet.

Obwohl der Tagesgang der wirksamen Witterungsfaktoren annähernd symmetrisch verläuft, ist doch das Abendmaximum des Befalls stets erheblich höher als der Morgengipfel. Eine Erklärung dafür läßt sich gewinnen, wenn man versucht, den bisher geschilderten Verlauf des Fern- und Höhenfluges mit dem Gang des Befallsfluges in Beziehung zu setzen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit findet die Fernflugphase gegen Abend ihr Ende und die Aphiden gelangen passiv oder aktiv aus größeren Höhen in großer Anzahl wieder in Bodennähe. Hier beginnen sie nun sofort mit dem Such- oder Befallsflug wodurch sich sicher der abendliche Gipfel der Anflugkurve erhöht, und wobei die meisten ihr Ziel: eine geeignete Wirtspflanze noch im Verlauf des Abends finden mag. Ein anderer Teil aber landet bei Einbruch der Dunkelheit auf beliebigen Pflanzen und ist gezwungen, am folgenden Morgen, sobald und solange günstige Flugbedingungen herrschen, erneut den Befallsflug wieder aufzunehmen. Die Nacht unterbricht sozusagen den Befallsflug der

aus der Höhe gekommenen Fernflieger, so daß ein Rest noch am folgenden Morgen einen geringen Befallsfluggipfel erzeugt. Es sei betont, daß dagegen die frisch flugfähig gewordenen Läuse nach dem Start zum Fernflug in den Befallsflugzahlen nicht erscheinen können, da sie normalerweise von ihren Geburtstätten steil in die Höhe streben und sich nicht um die Gelbschalen kümmern.

Die Befallsflugphase klingt nach den bisher vorliegenden Erfahrungen allerdings erst nach längerer Zeit ab und führt, wenn die gefundenen Wirtspflanzen so gleich oder auf die Dauer den Läusen nicht zusagen, zu weiteren Flügen in Bodennähe. Daher bildet sich am Boden eine ziemlich gleichmäßige mittlere Dichte der fliegenden Aphidenpopulation heraus, die nur allabendlich durch den Zustrom der absinkenden Fernflieger des Tages verstärkt wird.

In früheren Untersuchungen hatten MÜLLER und UNGER festgestellt, daß sich der Eintritt einer günstigen Flugwetterperiode meist erst am zweiten Tage in Form erhöhten Anflugs auf die Kontrollpflanzen bemerkbar macht und das damit erklärt, daß die Masse der Geflügelten am ersten Tage erst heranreifen muß. Jetzt findet sich die viel einleuchtendere Erklärung, daß die Startenden am ersten Tage erst ihren Fernflug durchführen und größtenteils erst am zweiten ihre endgültige Wirtspflanze finden dürfen, so daß sich die Spitze des temperaturbedingten Massenansturzes eines Wärmeeinbruchs in der Befallskurve der Wirtspflanzen meist erst am zweiten Tage auswirkt.

### Praktische Folgerungen.

Diese jüngsten Erfahrungen der Blattlausbiologie sind für Pflanzenbau, Pflanzenzüchtung und Phytopathologie in vieler Hinsicht von Bedeutung, besonders seit man sich darüber klar ist, daß bei der phytopathologisch wichtigsten Schadwirkung der Aphiden, der Übertragung von Viruskrankheiten, die geflügelten Formen die Hauptrolle spielen, weil sie durch häufigen Wirtspflanzenwechsel (auch innerhalb der Bestände) für eine sehr viel raschere Verbreitung des Virus sorgen als die ungeflügelten, die höchstens die benachbarten Pflanzen infizieren.

Es ist deshalb kein Wunder, daß man mit der bekannten Hundertblattmethode keine Korrelationen zwischen Virusbefall und Blattlausbesatz findet, denn es kommt ja nicht auf die Massenvermehrung der Läuse auf den Pflanzen an, sondern auf die Tätigkeit der Geflügelten, in Sonderheit auf den Befallsflug. Ein starker Aphidenbesatz muß nicht notwendig mit starker Virusverseuchung parallel laufen, denn er kann auf einige wenige gesunde Läuse zurückgehen, umgekehrt kann durch lebhaften, aber kurzfristigen Besuch virusbeladener Geflügelter eine starke Virusverseuchung eines Bestandes erzeugt werden, ohne daß bei der Bonitierung Läuse gefunden werden. Ja, KENNEDY geht sogar soweit, daraus zu schließen, daß läuseresistente Pflanzen leichter als anfällige von Virusbefall heimgesucht werden, weil sie trotz der Resistenz gegen Befall viele Anflüge erhalten (die freilich zu keiner Besiedelung führen). Da es auch für den Aphidologen meist nicht möglich ist, zu entscheiden, ob eine auf der Pflanze angetroffene Geflügelte zugeflogen oder auf dieser geboren ist nützt auch eine Abwandlung der 100-Blattmethode nur auf Geflügelte nichts.

Die fast allein entscheidende Intensität des Befallsfluges kann nur mit geeigneten Fallen erfaßt werden. Daß dabei Klebfallen ungeeignet sind, wurde oben schon erläutert (s. S. 207). Unsere Ergebnisse zeigen, daß die Fallen — am besten Gelbschalenfallen nach MOERICKE — nicht zu hoch, sondern möglichst dicht über dem Boden aufgestellt werden dürfen, weil sie sonst nur einen Bruchteil des Zufluges erfassen. Ferner dürfen sie nicht nur inmitten des Bestandes, sondern müssen vor allem auch am Rande und noch besser vor dem Rande stehen, wenn der Zuflug erfaßt werden soll; denn — wie wir oben sahen (S. 213) — wird der Zustrom vor allem von den Randpflanzen aufgehalten und breitet sich nach innen nur sehr langsam aus.

Der Befallsflug wird von verschiedenen Witterungsfaktoren beeinflußt, hängt aber primär von dem Vorhandensein von geflügelten Läusen ab, das allerdings infolge der Fernverfrachtung großer Blattlauspopulationen nicht auf einer autochthonen Entstehung beruhen muß. So kann in Jahren und Gebieten, die aus klimatischen Gründen einer Blattlausvermehrung ungünstig sind, dennoch eine erhebliche Virusverseuchung durch passiv von fern herbeigeführte Läusemengen bewirkt werden, ohne daß es zu einer merklichen Vermehrung auf den befallenen Beständen kommt.

Sogenannte Hochzuchtlagen für die Erzeugung virusfreien Kartoffelsaatgutes müssen deshalb mikroklimatisch vor allem Gebiete sein, in denen Befallsflüge weitgehend reduziert sind, wo also überdurchschnittlich häufig und anhaltend zu hohe Windgeschwindigkeiten, zu geringe Temperaturen oder zu geringe Luftfeuchtigkeit herrschen. Dabei ist es nicht notwendig, daß alle diese gefundenen flughemmenden Faktoren gleichzeitig verwirklicht sind, sondern es genügt schon einer dieser einschränkenden Faktoren, um die gleiche den Befallsflug verhindernde Wirkung hervorzurufen. Das dürfte beispielsweise für Pommern wahrscheinlich infolge Trockenheit, für die Rhön und andere Mittelgebirgslagen sowie manche Lagen Hollands und Englands infolge durchschnittlich zu hoher Windgeschwindigkeiten zutreffen, obwohl zu einer genaueren statistischen Beweisführung dafür meist die erforderlichen mikroklimatischen Unterlagen fehlen; denn die gewöhnlichen Aufzeichnungen der Witterungsdaten in 2 m Höhe geben dafür keine hinreichenden Anhaltspunkte. Aber selbst innerhalb eines begrenzten Gebietes werden dabei Unterschiede bestehen. Die alte Erfahrung, daß windausgesetzte Höhenlagen weniger blattlaus- und damit virusgefährdet sind als eingeschlossene Tallagen, wird so durch die vorliegenden Ergebnisse leicht verständlich. Es ergeben sich auch daraus große Bedenken gegenüber den Windschutzpflanzungen und Feldhecken, die nicht nur geeignete Brut- und Rückzugsstätten für viele, besonders mesophile Schadinsekten (— das sind bei uns die meisten —) bilden dürfen, wie MELJNICENKO für die russischen Verhältnisse überzeugend dargetan hat, sondern eben auch den Befallsflug infolge ihrer windbremsenden Wirkung und der Förderung hoher relativer Luftfeuchtigkeit und erhöhter Temperatur außergewöhnlich begünstigen.

### Zusammenfassung.

Während der Periode des virginogenen Blattlausfluges wurde in einem Quedlinburger Zuchtgarten vom

23. Juli bis 31. August 1951 mit Hilfe von Gelbschalenfallen (nach MOERICKE) der Tagesgang des Blattlausfluges in vier verschiedenen Höhenstufen über dem Boden (0—172 cm) in zweistündigen Kontrollen erfaßt und mit dem gleichzeitig ermittelten Verlauf der dort herrschenden Temperatur, relativen Luftfeuchtigkeit und Windstärke verglichen.

In Übereinstimmung mit direkten Beobachtungen (früherer Untersuchungen) verläuft der Aphiden-Befallsflug (sowie der der Psyllide *Trioza nigricornis*), dicht über dem Boden und ist schon in ein Meter Höhe auf ungefähr ein Zehntel der Dichte über dem Boden gesunken.

Der Lichteinfluß drückt sich nur als begrenzender Faktor aus, indem infolge des Lichtmangels während der Nacht bei allen untersuchten Arten kein Befallsflug stattfinden kann.

Die begrenzende Wirkung des Windes tritt bei *Doralis fabae* und *Myzodes persicae* bei Windstärken von 2 Beaufort-Graden ab in Erscheinung, während bei *Trioza nigricornis* erst eine Windgeschwindigkeit von 3 Beaufort-Graden flughemmend wirkt.

Der Temperatoreinfluß zeigt nur beim Befallsflug von *Trioza* eine lineare Abhängigkeit, d.h. zwischen der Temperatur und dem Anflug von *Trioza* ist eine positive statistisch gesicherte Korrelation nachweisbar. Die Abhängigkeiten zwischen der Temperatur und dem Befallsflug von *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* lassen sich durch Parabeln ausdrücken, d.h. daß unter den herrschenden Klimabedingungen der Befallsflug von *Doralis fabae* und *Myzodes persicae* ein Optimum zwischen 18 und 20° C hat, über und unter dem die Flugdichte nachläßt.

Bei der Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit ergibt sich nur beim Befallsflug von *Myzodes persicae* eine lineare Regression, während die Abhängigkeitskurven zwischen dem Befallsflug von *Doralis fabae* und *Trioza nigricornis* und der relativen Luftfeuchtigkeit Parabelform aufweisen, wobei das Optimum für beide Homopteren ungefähr zwischen 60 und 70 % relativer Luftfeuchtigkeit liegt.

Unter dem Einfluß des normalen Tagesganges der zusammenwirkenden Witterungsfaktoren zeigt der Befallsflug der untersuchten Homopteren einen typischen Tagesverlauf, der bei den Aphiden einen breiteren Morgen- und steileren Abendgipfel, bei der Psyllide *Trioza nigricornis* dagegen nur ein Mittagsmaximum aufweist.

Die Abnahme der Dichte des Befallsfluges mit zunehmender Höhe wird bedingt durch die Zunahme der Windgeschwindigkeit, den Massenaustausch, die Abnahme der Lufttemperatur und die Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit.

#### Literatur.

ALBRECHT, E.: Meßgeräte des Wärmehaushaltes an der Erdoberfläche als Mittel der bioklimatischen Forschung. Met. Z. 54, 471—475 (1937). — BEST, A. C.: Transfer of heat and momentum in the lowest layers of the atmosphere. Geophys. Mem., Nr. 65. London (1935). — BLENCOWE, I. W. and T. W. TINSLEY: The influence of density of plant population on the incidence of yellows in sugar-beet-crops. Ann. appl. Biol. 38, 395 bis 401 (1951). — BROADBENT, L.: *Aphis* Migration and the Efficiency of the Trapping Method. Ann. appl. Biol. 35, 379—394 (1948). — BROADBENT and DONCASTER:

Alate Aphids trapped in the British Isles 1942—47. Ent. Monthl. Magaz. 85, 174—182 (1949). — BROADBENT, L.: Factors Affecting the Activity of Alate of the Aphids *Myzus persicae* (SULZER) and *Brevicoryne brassicae* (L.). Ann. appl. Biol. 36, 40—62 (1949). — DAVIES, W. M.: Studies on Aphides infesting the Popato Crop. III. Effect of Variation in Relative Humidity on the Flight of *Myzus persicae* SULZ. Ann. appl. Biol. 22, 106—115 (1935). — DAVIES, W. M.: Studies on Aphides infesting the Popato Crop. V. Laboratory Experiments on the Effect of Wind Velocity on the Flight of *Myzus persicae* SULZ. Ann. appl. Biol. 23, 401—408 (1936). — GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftsicht. Braunschweig 1950. — HEINZE, K. und J. PROFFT: Zur Lebensgeschichte und Verbreitung der Blattlaus *M. persicae* SULZ. in Deutschland und ihre Bedeutung für die Verbreitung von Kartoffelviren. Landw. Jb. 86, 483 bis 500 (1938). — HEINZE, K.: Die Entwicklung des Pfirsich- und Aprikosenanbaues in Deutschland bis zum Jahre 1938 als Ursache der allmählichen Zunahme der Kartoffelvirosen. Mitt. BRA., H. 65 (1941). — HELLMANN, G.: Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. Sitz.-B. Berl. Akad. 404 bis 416 (1919). — JOHNSON, C. G.: A Suction Trap for small airborne Insects which automatically segregates the Catch into successive hourly Samples. Ann. appl. Biol. 37, 80—91 (1950). — JOHNSON, C. G.: The Comparison of Suction Trap, Sticky Trap and Tow-Net for the quantitative Sampling of small airborne Insects. Ann. appl. Biol. 37, 268—285 (1950). — JOHNSON, C. G.: Infestation of a Bean Field by *Aphis fabae* Scop. in Relation to Wind Direction. Ann. appl. Biol. 37, 441 bis 450 (1950). — JOHNSON, C. G.: The Study of wind-borne Insect Populations in Relation to terrestrial Ecology, Flight Periodicity and the Estimation of aerial Populations. Science Progress 153, 41—62 (1951). — JOHNSON, C. G. and H. L. PENMAN: Relationship of Aphid Density to Altitude. Nature 168, 337 (1951). — KENNEDY, J. S.: Host-Finding and Host-Alternation in Aphides. 8. Inter. Congr. Ent., 1—4 (1950). — KENNEDY, J. S.: Aphid Migration and the Spread of Plant Viruses. Nature 165, 1024 (1950). — KENNEDY, J. S. and C. O. BOOTH: Methods of mass rearing and investigation the host relations of *Aphis fabae* Scop. Ann. appl. Biol. 37, 451—470 (1950). — KENNEDY, J. S., A. IBBOTSON and C. O. BOOTH: The distribution of Aphid infestation in relation to leaf age. I. *Myzus persicae* (SULZ.) and *Aphis fabae* (Scop.) on Spindletrees and Sugar beet plants. Ann. appl. Biol. 37, 651—679 (1950). — KENNEDY, J. S. and C. O. BOOTH: Host Alternation in *Aphis fabae* Scop. I. Feeding preferences and fecundity in relation to the age and kind of leaves. Ann. appl. Biol. 38, 25—64 (1951). — MELJNICENKO, A. N., Feldschutzstreifen und die Vermehrung der für die Landwirtschaft nützlichen und schädlichen Tiere. Moskau 1949 (russisch). — MOERICKE, V.: Zur Lebensweise der Pfirsichlaus, *Myzodes persicae* (SULZ.), auf der Kartoffel. Inaug. Diss. Bonn 1941. — MOERICKE, V.: Über das Farbensehen der Pfirsichblattlaus, *Myzodes persicae* (SULZ.). Z. Tierpsych. 7, 265—274 (1950). — MOERICKE, V.: Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichlaus, *Myzodes persicae* (SULZ.). Nachrbl. dtsc. Pflschtzd. 3, 23—24 (1951). — MÜLLER, H. J. und K. UNGER: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* Scop. II. Über die Fluggewohnheiten, besonders das sommerliche Schwärmen, von *Doralis fabae* und ihre Abhängigkeit vom Tagesgang der Witterungsfaktoren. Züchter 21, 76—89 (1951). — MÜLLER, H. J.: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* Scop. III. Über das Wirtswahlvermögen der schwarzen Bohnenblattlaus *Doralis fabae* Scop. Züchter 21, 161—179 (1951). — PROFFT, J.: Über die Fluggewohnheiten der Blattläuse. Arb. phys. angew. Ent. 6 (1939). — PROFFT, J. und

K. HEINZE: Über die an der Kartoffel lebenden Blattlausarten und ihren Massenwechsel im Zusammenhang mit dem Auftreten von Kartoffelvirosen. Mitt. BRA., H. 60, pp. 164 (1940). — ROMBAKIS, S.: Über die Verbreitung von Pflanzensamen und Sporen durch turbulente Luftströme. Z. Met. I, 359—363 (1947). — SCHMIDT, W.: Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen. Probl. kosm. Physik 7.

Hamburg 1925. — STEUDEL, W. und A. HEILING: Der Einfluß der Saatzeit auf Auftreten und Ausbreitung der Vergilbungskrankheit der Beta-Rüben. Nachr. bl. dtsch. Pflanzenschutzdienst 4, 40—44 (1952). — ZIEGLER, O.: Die Bedeutung des Windes und der Thermik für die Verbreitung der Insekten, namentlich der Grünen Pfirsichblattlaus. Z. Pflbau und Pflschtz. I, 1—26 (1950).

(Aus dem staatlichen Institut für Flachsforchung in Temenice bei Šumperk ČSR.)

## Erfahrungen bei der Zucht anthraknose-resistenter Flachsstämmme.

Von Dr. HILDE NICKL-NAVRATIL, z. Zt. Schwerin.

Mit 10 Textabbildungen.

Im Frühjahr 1946 übernahm ich im Auftrage des obengenannten Institutes 239 Flachsstämmme, die nach einer vorläufigen Überprüfung<sup>1</sup> zur Zucht anthraknose-resistenter Leinstämme geeignet sein sollten. Es handelt sich um eine Selektion aus dem Weltsortiment unseres Institutes<sup>2</sup>. In engerer Wahl erwiesen sich 34 Stämme am geeignetsten, von denen noch 11 als weniger günstig ausgeschieden wurden, worauf die Zucht mit 23 Stämmen weitergeführt wurde.

Von der Erwägung ausgehend, vor allem verlässliche Stämme für unseren böhmisch-mährischen Raum zu bekommen, kam es uns zuerst darauf an festzustellen, in welchen Rassen *Colletotrichum lini*, der Erreger der Leianthraknose, bei uns vorkommt. Es war mir bekannt, daß bei Spätaussaat gewisser Leinstämme und Sorten — Anfang bis Mitte Mai — mit Anthraknosebefall dieser Pflanzen sicher zu rechnen ist. Wir bedienten uns dieser Stämme als Pilzfänger und nahmen an, daß gewisse Pflanzen auch eventuelle Rassen des Erregers auslesen würden. Auf diese Weise konnten 4 echte *Colletotrichum lini*- und 2 *Vermicularia*-rassen als Erreger unserer Leianthraknosen festgestellt werden. Wir benannten sie wie folgt nach ihren Wirtspflanzen:

- Co<sub>1</sub>* Lt isoliert von baltischem Faserlein Lt 998 im Jahre 1946.
- Co<sub>2</sub>* Po isoliert von portugisischem Springlein Po 751 im Jahre 1946.
- Co<sub>3</sub>* Hp isoliert von spanischem Öllein Hp 980 im Jahre 1946.
- Co<sub>4</sub>* Hp isoliert von spanischem Öllein Hp 790 im Jahre 1947.
- Ver.<sub>1</sub> isoliert von bulgarischem Springlein Bu, im Jahre 1947.
- Ver.<sub>2</sub> isoliert von dunkelviolettblühendem Ölfaserlein Fa 13 im Jahre 1947.

Die jungen Kulturen der Rasse *Co<sub>1</sub>* Lt sind hell orangefarben und bedecken sich bald mit lebhaft rot-gelbem Sporenschleim, der als Suspension Wasser kräftig färbt. Erst spät wachsen aus dunklen Hyphenknäueln große Sporodochien heran und bedecken sich ab und zu mit zarten Borsten. Auf sehr festem Lein-dekot ist die Borstenbildung häufiger. Sporengröße: 20,8 — 15,6  $\mu$   $\times$  5,2  $\mu$ . Die Virulenz ist sehr

groß und ruft bei manchen Leinbiotypen Absterben der Keimblätter nur durch Toxinwirkung hervor.

In den tief ziegelroten Jungkolonien der Rasse *Co<sub>2</sub>* Po erscheinen sehr bald kleine, schwarze Hyphenknäuel, wodurch die Reinkulturen dicht schwarz punktiert sind. Pionnotes bilden sich im allgemeinen nicht. Sporengröße: 18,2 — 15,6  $\mu$   $\times$  5,2 — 3,9  $\mu$ . Die Virulenz ist etwas geringer als bei der vorhergehenden Rasse.

Die ziegelroten Kolonien der Rasse *Co<sub>3</sub>* entwickeln sehr bald schwarze Sporodochien und dunkle pseudoparenchymatische Hyphengeflechte, die gewöhnlich als Sektoren vom Mittelpunkt der Kolonie ihren Ausgang nehmen. Eigentümlich ist die Rasse durch ihre große Neigung, in Kultur Borsten zu bilden, die 4-zellig, unten aufgebläht, jenen am lebenden Material sehr ähnlich sind. Sporengröße: 18,2 — 13  $\mu$   $\times$  5,2  $\times$  3,9  $\mu$ .

Rasse *Co<sub>4</sub>* Hp nimmt durch die geringe Färbung ihrer Reinkulturen sowie die Ausbildung lockerer, großer Sporodochien gewissermaßen eine Zwischenstellung von *Colletotrichum* zu *Vermicularia* ein. Auffallend sind die großen Sporen: 24,8 — 21,7  $\times$  4,4 — 2,2  $\mu$ . Die Neigung zur Borstenausbildung ist insbesondere an lebendem Material außerordentlich groß. Die Sporenlager sind da mit starken Borsten überreich bedeckt.

*Vermicularia* muß sich als andere Gattung grundlegend von *Colletotrichum*-Formen unterscheiden. Die Kulturen von *Vermicularia* bleiben sehr lange farblos, werden erst später durch Pionnotes zart rosa bis hell orange gefärbt. Bald bilden sich unregelmäßig zerstreut kleinere bis sehr große, langgestreckte, warzenförmig hervorbrechende, lockere Sporodochien von rauchschwarzer Farbe, die sich mit sehr langen, 6—9 zelligen, krausen Haaren bedecken. In diesen Lagern entwickeln sich auf einer Art Trägern dorsiventral Sporen, 18,4 — 11,5  $\times$  3,9 — 2,3  $\mu$  groß. Die Ausmaße der Sporodochien sind: 402 — 201  $\times$  201 — 93  $\mu$ , die Borstenlänge erreicht 241,2  $\mu$ . Der Pilz erwies sich als sehr virulent und rief an Keimlingen sehr schnell 100% echte Anthraknose hervor. Die Befallsstellen zeigten sehr dichten Borstenbesatz.

Noch deutlicher systematisch gekennzeichnet ist *Vermicularia*<sub>2</sub>. Die erst farblosen Kulturen wurden bald rauchgrau—braunschwarz, von kleineren und größeren, lockeren Sporodochien durchsetzt. Die auf Trägern stehenden Sporen sind in Massen sahnefarben, dorsiventral, meist sichelförmig, mit 2 großen Öltropfen. Größe der Sporen: 20,7 — 13,4  $\mu$   $\times$  4,5  $\mu$ . Ganz extrem ist die Borstenausbildung. Sehr lange, zarte Haare bedecken die Reinkulturen. Sie sind vielzellig

<sup>1</sup> Diese Überprüfung wurde im Jahre 1945 von Prof. EGLITIS am damaligen Kaiser-Wilhelms-Institut für Bastfaserforschung ausgeführt.

<sup>2</sup> 1945 ging dieses Sortiment aus dem Besitz des K.W.I. für Bastfaserforschung (Leitung Prof. SCHILLING) an das staatliche čechoslovakische Institut für Flachsforchung über.