

257

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

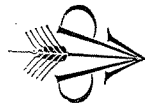
ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR
ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEBEN VON

K. ESCHERICH

Dr. med. et phil., Dr. h. c., o. ö. Professor an der Universität München

FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND



MIT 265 ABBILDUNGEN UND 2 FARBIGEN TAFELN

BERLIN

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen

SW 11, Hedemannstraße 28 u. 29

1939

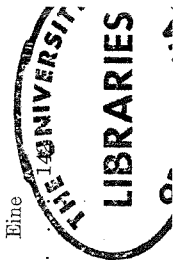
Inhaltsverzeichnis zum fünfundzwanzigsten Band.

I. Originalaufsätze.

	Seite
Böttcher, Friedrich Karl, Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Bienen. III. Teil: Die Wirkung von Pyrethrum auf die Bienen. (Mit 2 Abbildungen.)	419
Böttcher, Friedrich Karl, Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Bienen. IV. Teil: Die Wirkung von Derris auf die Bienen. (Mit 4 Abbildungen.)	681
Escherich, K.: Die phytophagen Megastigmus-Arten (Chalcididae) als Zerstörer von Nadelholzsamen. (Mit 11 Abbildungen.)	363
Franko-Grosman, Helene, Über das Zusammenleben von Holzwespen (Siri- cinae) mit Pilzen. (Mit 18 Abbildungen.)	647
Äbler, Hellmuth, Die Bedeutung einiger Wanzenarten als Feinde der Nonne. (Mit 3 Abbildungen.)	277
Äbler, Hellmuth, Schädigungen an Laub- und Nadelholz durch Novosil und verwandte Stäubemittel und deren Wirkung auf Nonnenraupen und Nematul-larven. (Mit 2 Abbildungen.)	609
Ößwald, Karl, Über den Vorgang und die Folgen des Puppensammelns bei der roten Waldameise <i>Formica rufa</i> L. und Vorschläge zum Schutz dieses nütz-lichen Raubinsekts. (Mit 6 Abbildungen.)	397
fanno, Kurt, Anlockversuche bei <i>Lymantria monacha</i> L. (Mit 3 Abbildungen.)	628
lofmann, Christoph, Freilandstudien über Auftreten, Bionomie, Ökologie und Epidemiologie der Weisstannenlaus <i>Dreyfusia (Chermes) nussleri</i> C. B. (Mit 22 Abbildungen.)	1
lofmann, Christoph, Versuche mit einem neuen Kontaktgift gegen Forstschäd-linge. (Mit 5 Abbildungen und 1 farbigen Tafel.)	381
Hundertmark, Arno, Über das Luftfeuchtigkeitsunterscheidungsvermögen und die Lebensdauer der 3 in Deutschland vorkommenden Rassen von <i>Anopheles macu-lipennis (atroparvus, messeae, typicus)</i> bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitsgraden. (Mit 2 Abbildungen.)	125
kirchner, Hans-Alfred, Versuche über die Fruchtbarkeit von <i>Diastippus (Caraw-sius) morosus</i> bei abgestufter Wohndichte und Raumgröße. (Mit 9 Abbildungen.)	151
Kéler, S., Übersicht über die gesamte Literatur der Mallophagen	487
Kunike, Georg, Beiträge zur Lebensweise und Bekämpfung der Mehlmotte, <i>Ephestia kuehniella</i> (Pyralidae, Phycitinae). (Mit 12 Abbildungen.)	588
Mukerji, Durgadas, Anatomy of the larval stages of the Bruchid Beetle <i>Bruchus quadrimaculatus</i> Fabr., and the method of emergence of the larva from the egg-shell. (With twenty-two figures.)	442
Nolte, Hans-Werner, Die Laubheuschrecke <i>Barbistes constrictus</i> Brunn. als Forstschädling. (Mit 1 Abbildung.)	642
Nowicki, Swiatoslaw, Über einige in Diprion (Lophyrus) schwarotzende Ptero-maliden (Hym. Chalc.). (Mit 6 Abbildungen.)	472
Örösi-Pál, Z., Afterskorpione (Chelonethi) in der Wohnung der Honigbiene. Eine Zusammenfassung und eigene Untersuchungen. (Mit 1 Abbildung.)	

BOUND BY THE NATIONAL LIBRARY BINDERY CO. OF GA.

ALLE RECHTE, AUCH DAS DER ÜBERSETZUNG, VORBEHALTEN. PRINTED IN GERMANY
 DRUCK VON HERMANN BEYER & SOHNE (BEYER & NANN) IN LANGENSALZA



Sattler, Helmut, Die Entwicklung der Nonne, <i>Lynantaria monacha</i> , in ihrer Abhängigkeit von der Nahrungsqualität. (Mit 29 Abbildungen.)	543
Schedl, Karl E., Erwiderung zu dem Aufsatz der Herren J. Trägårdh und V. Butovitsch. „Einige Bemerkungen über quantitative Untersuchungsmethoden zur Berechnung des Borkenkäferbefalles“	311
Schimitschek, Erwin, Die Lebensweise von <i>Evelaria turionana</i> Hb. var. <i>mughiana</i> Zell. und Beobachtungen über andere an der Zirbe lebende Kleinschmetterlinge. Von M. Seitner f. Aus dem Nachlasse von Hofrat Prof. Ing. M. Seitner herausgegeben (Mit 6 Abbildungen.)	101
Schimitschek, Erwin, M. Seitners Bearbeitung der Insektenschädlinge der Zirbe in biozönotischer Darstellung. (Mit 19 Abbildungen.)	111
Schimitschek, Erwin, Beiträge zur Forstentomologie der Türkei. I. (Mit 12 Abb.)	291
Steiner, P., Hausbockuntersuchungen. (2. Mitteilung.) Über einen wirksamen Feind des Hausbocks, den Hausbockkäfer <i>Opilo domesticus</i> L. (Mit 6 Abb.) .	81
Steinrig, Fritz, Die genetische, tierpsychologische und ökologische Seite der Mimikry. (Mit 6 Abbildungen.)	461
Stellwaag, F., Der Massenwechsel des bekreuzten Traubenwicklers <i>Polychrosus botrana</i> im Weinbau. (Mit 15 Abbildungen.)	57
Thielmann, K., Die Nematiden der Lärche, eine bionomisch, ökologisch forstwirtschaftliche Untersuchung. (Mit 20 Abbildungen und 1 farbigen Tafel.)	169
Trägårdh, J., und Butovitsch, V., Schlußwort	330
Wardziński, Kazimierz, Der Einfluß der Einzelzellart sowie der schwachen Vergesellschaftung auf die Entwicklung und das Wachstum der Raupen von <i>Pieris brassicae</i> L.	478
Watzl, Dr. Otto, Entwicklungsdaten, Bekämpfbarkeit und Schadensbedeutung der San-José-Schildlaus (<i>Aspidiotus perniciosus</i> Comst.)	92
Winnig, Erika von, Versuch einer Monographie von <i>Tortrix promubana</i> Hübner mit experimentellen Untersuchungen über das biologische Verhalten des Insektes zur Klärung seiner Bedeutung als Pflanzenschädling. (Mit 20 Abbildungen.) .	215
Wünn, Hermann, <i>Eulecanium bulgaricum</i> n. sp., ein Schädling der bulgarischen Öbosenkulturen aus der Familie der Cocciden	703
Zumpft, Dr. F., I. Vorstudie zu einer monographischen Bearbeitung der Stomoxodinae. Taxonomische Ergebnisse des Studiums einiger Sammlungen, besonders der von Bezzi und Enderlein. (Mit 1 Abbildung)	337

II. Kleine Mitteilungen.

Zur Klärung der Generationsverhältnisse der Fichtengallenlaus <i>Sacchiphantes (Chermes) abietis</i> L. Von Chr. Hofmann. (Mit 2 Abbildungen.)	525
Die Bekämpfung der Blattschneiderameisen	528
Holarktis. Von Pagast	530
Prof. Dr. Adalbert Seitz zum Gedächtnis. Von H. W. Frickhinger	535
Biographische Angaben über Dr. Paul Spessivtseff. Von V. von Butovitsch. . .	536

III. Referate.

Einzelreferate	161, 538
--------------------------	----------

IV. Neue Literatur.

Eingesandte Literatur	354, 709
Autorenregister	718
Sachregister	722

Originalaufsätze.

Freilandstudien über Auftreten, Bionomie, Ökologie und Epidemiologie der Weißtannenlaus *Dreyfusia (Chermes) nüsslini* C. B.

Von

Christoph Hofmann.

(Institut für angewandte Zoologie der Bayer. Forstl. Versuchsanstalt München.)
(Mit 22 Abbildungen.)

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung	Seite
II. Material und Methoden	2
III. Das Auftreten von <i>D. nüsslini</i> in Mitteleuropa und das Vorkommen in Deutschland	6
1. Historisches	7
2. Das Vorkommen in den einzelnen deutschen Tannengebieten	7
10	
IV. Untersuchungen und Beobachtungen in den Jahren 1935—37 im Pfälzer- und Frankwald	19
1. Phänologie und Entwicklung	19
2. Bevölkerungsbewegung	26
a) Populationsdichte	26
b) Die Weiterausbreitung im Walde	33
3. Nachkommenproduktion	36
4. Zur Epidemiologie von <i>D. nüsslini</i>	39
V. Zusammenfassung	47
VII. Literaturverzeichnis	53

* * *

- Ramme, W., Geradflügler, *Orthoptera* in Brohmer, Ehrmann, Ulmer: Die Tierwelt Mitteleuropas Bd. IV, 2. Lieferung.
— — *Orthoptera*, Geradflügler, in Brohmer: Fauna von Deutschland. Leipzig 1932.
Torika, V., Ein Kieferninsekt aus der Ordnung der Orthopteren. Zeitschr. wiss. Ins. Biol. 5, 1909.
Tümpel, R., Die Geradflügler Mitteleuropas. Eisenach 1901.
Weidner, Die Geradflügler (*Orthopteroida* und *Blattoidea*) Mitteleuropas. Zeitschr. f. Naturw. 92, 1938.
Zacher, F., Die Geradflügler Deutschlands und ihre Verbreitung. Jena 1917.

Über das Zusammenleben von Holzwespen (*Siricinae*) mit Pilzen.

Von

Dr. Helene Francke-Grosmann.

(Aus dem Zoologischen Institut der Forstlichen Hochschule Tharandt.)

(Mit 18 Abbildungen.)

Bei seinen Untersuchungen über die Symbiosen holzzerstörender Insekten mit Mikroorganismen fand Paul Buchner, daß auch die weiblichen Imagines der von ihm bearbeiteten Holzwespen mit Pilzen vergesellschaftet sind. An der Insertionsstelle des Legestachels entdeckte Buchner ein paariges, birnenförmiges Organ, das regelmäßig mit den Oidien eines schnallenbildenden Pilzes, also eines Basidiomyceten, angefüllt war. Er beschreibt dieses Organ als zwei regelrechte Spritzen, deren Mündungen so gelegen sind, daß sie sich „mit der Vagina und einer weiteren unpaaren Drüse in dem von den paarigen Teilen des Legearrates gebildeten Gang vereinen“. Verbunden mit diesen Pilzspritzen und zugleich als Retentionseinrichtung dienend fand Buchner „je eine Drüse, deren Sekret sich mit den durch einen verjüngten Gang austretenden Pilzen mengt“. Er nimmt auf Grund dieser morphologischen Befunde an, daß es sich bei dem Zusammenleben von Holzwespen mit Pilzen um eine Symbiose handeln müsse, bei welcher eine Übertragung der Pilze auf die nachfolgende Generation gesichert sei. Über die Auswirkung der Symbiose kann Buchner noch keine sicheren Angaben machen. Das Fraßholz der *Siriciden* ist im allgemeinen nur spärlich von Pilzhyphe durchsetzt, so daß nach Ansicht Buchners eine direkte Ernährungs-symbiose nicht besteht. Er spricht vielmehr die Vermutung aus, daß wir es hier mit einer ganz neuen Form der Ambrosiazucht zu tun haben, bei der das Insekt weniger die Substanz des Pilzes als Nahrungsquelle benützt, als daß es sich die Enzyme des Pilzes beim Verdauungsvorgang nutzbar macht. Jedenfalls zieht Buchner aus der Tatsache, daß sich der *Siricidenkörper* in diesen Pilzspritzen zu raffinierten Übertragungsorganen „aufrafft“, den Schluß, daß das Zusammenleben der Holzwespen mit Pilzen für diese ein hochbedeutsames sei.

Trotz den von Buchner gegebenen Anregungen zur Weiterarbeit auf diesem Gebiete sind die Beziehungen der Holzwespen zu Pilzen bisher nur wenig bearbeitet worden.

Chrystal beschäftigt sich bei seinen biologischen Untersuchungen über Holzwespen auch kurz mit dem Problem ihrer Vergesellschaftung mit Pilzen. Er konnte die Befunde von Buchner für die weiblichen Imagines von *Sirex cyaneus* F. bestätigen. Ferner fand er die gelatinöse Masse, welche die Stichkanäle der Holzwespe auskleidet sowie die nähere Umgebung der Larvengänge von den Hyphen eines schnallenbildenden Pilzes durchzogen.

Eine eingehendere Behandlung hat das Problem durch Wolfgang Müller erfahren. Dieser hat die begleitenden Pilze von *Sirex gigas* L. und *Sirex phantoma* F. in Kultur genommen. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen faßt er selber folgendermaßen zusammen: „Der *Sirex*-Pilz liegt in der Symbiose, soweit sie uns bekannt ist, in Ordienform vor. In Kultur bildet er ein typisches Basidiomycetenmycel. Fruchtkörper traten in der Kultur bis jetzt nicht auf.“ — „Der *Sirex*-Symbiont gedeiht nicht mit Zellulose als einziger Kohlenstoffquelle.“ „Eine Deutung der Sirciden-Symbiose ist noch nicht möglich. Das Bestehen einer Pilzzucht wie bei den Ambrosiakäfern, ist wenig wahrscheinlich.“ Auf die Holzwespen bezieht sich auch folgender Satz: „Die Deutung der Übertragungseinrichtungen bei weiblichen Imagines (Pilzspitzen) als spezifische, in der Symbiose entstandene Organe ist nicht zwingend.“ Holzzeretzende Fähigkeiten glaubt Müller bei den von ihm gezüchteten *Sirex*-Pilzen verneinen zu müssen, während er auf Grund seiner Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung von Futterholz und Genagel zu der Ansicht kommt, daß im Darm der Holzwespen eine Zelluloseverdauung stattfinden müsse. Inwieweit die Methoden, welche zu diesen Ergebnissen führten, anfechtbar sind, soll später dargelegt werden.¹⁾

Der Grund, weshalb das Zusammenleben der Holzwespen mit Pilzen bisher verhältnismäßig wenig bearbeitet worden ist, liegt vor allen Dingen in der Schwierigkeit der Materialbeschaffung. Das Zoologische Institut in Tharandt, an welchem ich auf Anregung von Herrn Professor Prell die vorliegenden Untersuchungen ausführen konnte, bietet insofern günstige Studienmöglichkeiten, als es häufig Holzwespen oder von Holzwespen befallenes Holz aus der Praxis — aus den staatlichen und nichtstaatlichen

¹⁾ Während der Drucklegung der vorliegenden Arbeit erhielt ich durch ein Referat in der Rev. of Appl. Ent. Kenntnis von einer im Mai d. J. erschienenen Veröffentlichung von Cartwright, die ich bisher leider nicht im Original einsehen konnte. Danach hat Cartwright die begleitenden Pilze von *S. cyaneus* und *S. gigas* aus den Pilzorganen, von Eiern und Bohrgängen gezüchtet und als Holzpilze bestimmt. Er nimmt an, daß diese Pilze unter Umständen für die Larven pathogen werden können. Nach ihm sind die Pilze bereits bei den späten Stadien der weiblichen Puppen in den Pilzorganen anzutreffen.

Forstrevieren Sachsens, aus Siedlungsbauten, sogar aus Bergwerken — zur Bestimmung zugesandt erhält. Durch den von der Staatlichen Hauptstelle für Forstlichen Pflanzenschutz am Zoologischen Institut Tharandt organisierten Meldedienst für Forstschädlinge kommt das Vorhandensein von *Sirex*-Material dem Zoologischen Institut rechtzeitig zur Kenntnis. Dem Interesse zahlreicher sächsischer Revierverwalter, die uns auf unsere Bitten Studienmaterial lieferten, verdanken wir wertvolle Untersuchungenmöglichkeiten. Nicht zuletzt gelangte wichtiges Material durch die freundliche Vermittlung von Herrn Professor Prell in meine Hände, dem ich sehr dankbar dafür bin, daß er mir dieses wertvolle Material unumschränkt für meine Untersuchungen zur Verfügung gestellt hat.

Die vorliegende Arbeit berichtet über die Ergebnisse zehnjähriger, allerdings nur gelegentlich, je nach dem Vorhandensein von geeignetem Material ausgeführter Untersuchungen.¹⁾ Um einen Überblick über den Umfang dieser Untersuchungen zu geben, möchte ich zunächst kurz auf das **Material** eingehen, das uns vorgelegen hat.

Von den in Deutschland vorkommenden Holzwespen konnten die nadelholzbewohnenden Arten *Xeris spectrum* L., *Paururus juvenis* L., *Paururus noctilio* F., *Sirex gigas* L. und *Sirex caugur* Kl. sowie die laubholzbewohnende Holzwespe *Tremex fusicornis* F. in fast allen Entwicklungstadien untersucht werden. Die begleitenden Pilze wurden von jeder Materialprobe in Kultur genommen. Von den Arten *Sirex phantoma* F. und *Tremex magus* F. konnte nur getrocknetes Museumsmaterial unter-

Tabelle I.

Überblick über das den Untersuchungen zugrundeliegende wesentlichste Material.

Holzwespenart	Holzart	Herkunftsort	Bemerkungen
I. <i>Xeris spectrum</i> . . .	Kiefer	Stützerbach (Thür.)	Dürrling.
II. <i>Xeris spectrum</i> . . .	Fichte	Tharandt (Sa.)	Frisches Brennholz.
III. <i>Paururus juvenis</i> . . .	Fichte	Tharandt (Sa.)	Dürrling.
IV. <i>Paururus juvenis</i> . . .	Fichte	Hartmannsdorf (Sa.)	Dürrling.
V. <i>Paururus juvenis</i> . . .	Fichte	Zöblitz (Erzgeb.)	Brennholz.
VI. <i>Paururus juvenis</i> . . .	Kiefer	Glasten (Sa.)	Dürrling.
VII. <i>Paururus juvenis</i> . . .	Tanne	Tharandt (Sa.)	Dürrling.
VIII. <i>Paururus noctilio</i> . . .	Kiefer	Glasten (Sa.)	Dürrling.
IX. <i>Sirex gigas</i> . . .	Fichte	Tharandt (Sa.)	Brennholz.
X. <i>Sirex gigas</i> . . .	Fichte	Tharandt (Sa.)	Tischlerholz.
XI. <i>Tremex fusicornis</i> . . .	Pappel	Bingen (Rhein)	Aus „Pappelsterben- gebiet“.
XII. <i>Tremex fusicornis</i> . . .	Walnuß	Wachwitz b. Dresden	Aus frostgeschädigten Walnußbäumen.

¹⁾ Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurde von mir erstmalig auf dem Internationalen Entomologenkongress in Berlin, August 1938, berichtet.

sucht werden. Die Befunde bei den pilzführenden Holzwespen sind jedoch so übereinstimmend, daß Analogieschlüsse weitgehend möglich sind.

Ein besonders günstiger Umstand, der den Untersuchungen außerordentlich förderlich war, war der, daß uns bei unseren Untersuchungen einzelne der ja meist ziemlich polyphagen Holzwespenarten in verschiedenen Futterhölzern und von verschiedenen Fundorten vorgelegen haben. Die besonders umfangreichen Materialproben, an denen die wesentlichsten Untersuchungen ausgeführt wurden, seien in der vorstehenden tabellarischen Zusammenfassung kurz angeführt.

Um die Lage der Buchnerschen „Pilzspritzen“ bei den weiblichen Imagines der Holzwespen, ihre Funktion und Bedeutung im Rahmen des gesamten Geschlechtsapparates näher zu kennzeichnen, ist es notwendig,

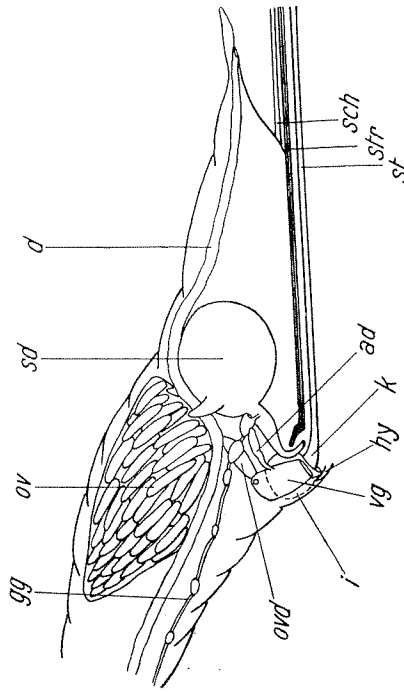


Abb. 1. Längsschnitt durch den Hinterleib eines ♀ von *Pezomachus juvencus* (leicht schematisiert). Rechts ov = Ovar, ovd = Ovidukt, vg = Vagina, ad = Anhangdrüse, k = Koblenorgan, hy = Hypopygium, sd = unpaare Speicheldrüse, i, d = Darm, gg = Ganglienketten, sch = Stachelrinne, sfr = Stachborste.

kurz auf die **Morphologie des Geschlechtsapparates der Holzwespen**, soweit sie in diesem Zusammenhang von Wichtigkeit ist, einzugehen (vgl. Abb. 1).

Der Stachelapparat der Holzwespen, dessen einzelne Teile seit den Untersuchungen von Enoch Zander leicht zu homologisieren sind, besteht aus dem Stachel und der diesen umschließenden Stachelscheide. Letztere ist ein paariger Anhang des 12. Körpersternits. Der Stachel selbst ist aus der Stachelrinne und zwei mit dieser verflochten dreikantigen Stachborsten zusammengesetzt. Die rückwärtig gelegene Stachelrinne ist eine gewölbte Schiene, die sich wie die Stachelscheide aus paarigen Anhängen des 12. Sternits entwickelt, welche bis auf ein kurzes Stück an der Stachelspitze median miteinander verwachsen sind. Basal geht die Stachelrinne in die Stachelinnenbögen über, die dem vorderen Rande des 12. Sternits entsprechen. Die Wölbung der Stachelrinne wird rückwärts durch das sogenannte „Gabelbein“ gestützt, das ebenfalls dem 12. Segment

zuzurechnen ist. Die dreikantigen Stachborsten, deren innere Fläche mit Chitinborsten besetzt ist, sind Anhänge des 11. Körpersegmentes; sie werden durch die Stachborstenbögen, die dem Vorderrande des 11. Sternits entsprechen, getragen. Stachborsten und Stachelrinne umschließen den Hohlraum, in dem das Ei beim Legeakt entlanggleitet. Zwischen dem 11. und dem 12. Sternit, kurz oberhalb des Gabelbeins, befindet sich die enge Öffnung einer mächtigen unpaaren Drüse, die von älteren Autoren für das *Receptaculum seminis* gehalten wurde, welche jedoch der Giftdrüse der akuleaten Hymenopteren entspricht. Sie enthält ein glasklares, zähes Sekret, das sich bei älterem, alkoholfixiertem Material bernsteingelb färbt, und das, wie sich an solchem Material erkennen läßt, auch den Hohlraum des Stachels ausfüllt.

Zwischen den Stachborstenbögen enden die Stachborsten in zwei kolbenförmigen Organen (Abb. 2), die bei den einzelnen Holzwespengattungen etwas verschieden gebaut sind, denen aber doch ein gemeinsamer Bauplan zugrunde liegt. Sie entsprechen den medianen Teilen des 11. Sternits, sind an ihrer basalen Vorderfläche stark chitinisiert und haben eine zart-häutige Kuppe, welche in taschenförmige Erweiterungen der Intersegmentalhaut zwischen 10. und 11. Segment hineinragt. Seitlich setzen an die Chitinteile des Kolbens längliche Chitinspangen an, die den Intersegmentaltaschen einen gewissen Halt und eine elastische Spannung verleihen, die aber auch eine Ansatzstelle einer Gruppe der longitudinalen segmentalen Muskeln sind, welche die teleskopartige Einziehung des Insektenabdomens bewirken.

Ein Schnitt durch das Kolbenorgan, das bereits von Ratzeburg abgebildet aber nicht näher beschrieben wurde, lehrt, daß wir es, wie auch schon Buchner erkannte, mit einem Drüsenorgan zu tun haben. Der gesamte Kopf des Kolbens ist mit Drüsenzellen ausgefüllt, deren geschlängelte Ausführungsgänge meist in Gruppen zu 4 oder 5 auf der Oberfläche des Kolbens endigen und zwar sowohl auf den vorderen stark chitinisierten Teilen des Kolbens als auch auf der weichhäutigen Kolbenkuppe (s. Abb. 3.)

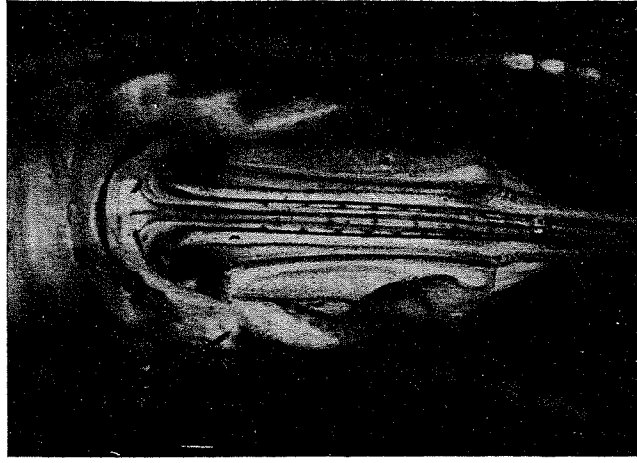


Abb. 2. Stachelansatzstelle einer fast reifen Puppe von *Sirex gigas* Puppenhaut entfernt. Zwischen den Stachelbögen die Kolbenorgane.

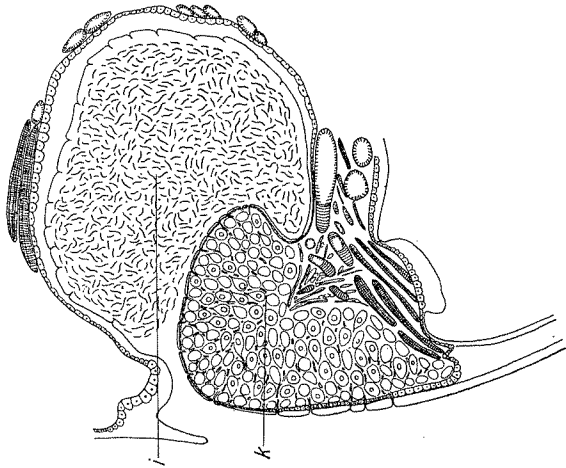


Abb. 3. Längsschnitt durch ein Intersegmentalorgan von *Paururus juvenis*. k = Kolbenorgan, i = Intersegmentaltasche mit Oidien.

Die Intersegmentaltaschen, in welche die Kolben hineinragen, sind zart häutige Gebilde, die von wenigen Muskeln überzogen sind. Sie sind bei der frischgeschlüpften Imago noch nicht völlig entfaltet, dehnen sich aber bald zu mächtigen Taschen aus, die bei *Paururus* und *Sirex* den Vorderrand des 10. Sternits erreichen. Sie liegen als bohnenförmige Gebilde zu beiden Seiten des unpaaren Eileiters, der Vagina, die durch sie lateral breitgedrückt erscheint. Die Öffnung der Intersegmentaltaschen liegt beiderseits der Genitalöffnung. Diese wird durch das Hypopygium, einem kleinen Schildchen, das dem hinteren Abschnitt des weichhäutigen Teiles des 10. Segmentes entspricht, überdeckt, und dieser weich-

häutige Abschnitt des 10. Sternits wird wiederum von dem starkchitinierten Abschnitt des 10. Sternits schildartig überwölbt. Das Ei streicht also auf seinem Wege ins Freie im Eileiter zwischen den beiden Intersegmentaltaschen hindurch, tritt durch die Genitalöffnung in einen Hohlraum, der ventral durch die verbreiterte Basis der Kolbenorgane, durch das Hypopygium und schließlich durch das sich über beides legende Schild des 10. Sternits abgeschlossen ist und wird von da in den Hohlraum des Stachels geleitet, an dessen Ende es schließlich austritt.

Die Kolbenorgane, deren Vorderränder vermutlich auch bei der Begattung eine Rolle spielen, indem sie der Verankerung der männlichen

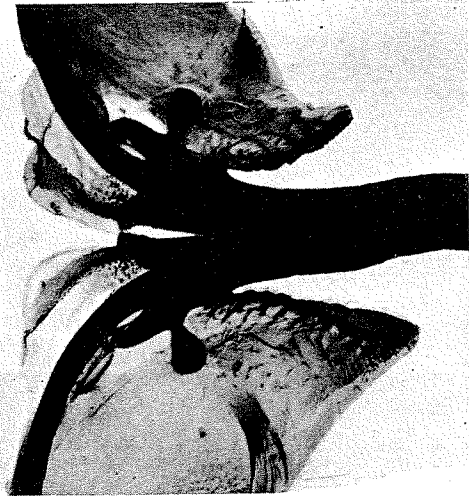


Abb. 4. Basis des Stachelapparates von *Xeris spectrum*. Zwischen den Stachelbögen die Kolbenorgane. Kallilagenpräparat.

Hypopygien dienen, sind, wie schon Buchner bemerkte, bei den einzelnen Holzwespengattungen etwas abweichend gebaut.

Bei *Xeris spectrum*, der einzigen europäischen Art dieser Gattung, finden sich verhältnismäßig kleine Kolben vor (Abb. 4). Der weichhäutige Teil des Kolbens ist sehr flach ausgebildet, die Mehrzahl der Drüsengänge mündet auf der stark chitinierten vorderen Kolbenfläche. Die Intersegmentaltaschen sind nur andeutungsweise vorhanden.

Bei den Angehörigen der Gattungen *Sirex* und *Paururus* (Abb. 5 und 6) sind die Kolben relativ größer, der weichhäutige Kopf der Kolben ist stärker entwickelt und senkt sich in gut ausgebildete Intersegmentaltaschen hinein. Die morphologischen Unterschiede der Organe derselben Gattung sind außerordentlich gering.

Eine besonders starke Entwicklung haben die Kolbenorgane bei der Gattung *Tremex* erfahren (Abb. 7). Der Kolbenkopf ist hier ein mächtiges Organ, das eine noch besondere Differenzierung dadurch erfahren hat, daß die einzelnen Gruppen der Drüsenausführgänge auf kleinen inselförmigen Skleriten gelegen sind. Die Intersegmentaltaschen ragen tief in die Leibeshöhle hinein.

Der Inhalt der Intersegmentaltaschen besteht bei den erwachsenen, fortpflanzungsfähigen ♀♀ der Gattungen *Sirex*, *Paururus* und *Tremex* aus einem schleimigen Sekret, in welches eine Unmenge von Oidien schnallenbildender Pilze eingebettet ist. Diese Oidien sind mit großer Regelmäßigkeit in den Intersegmentaltaschen anzutreffen. Unter zahllosen

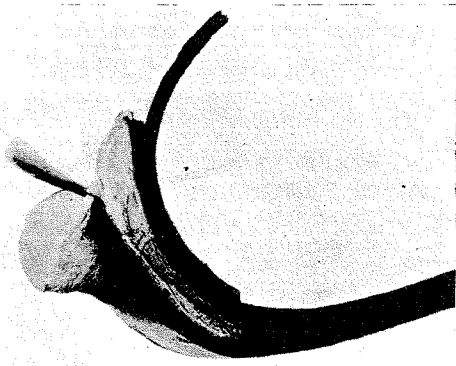


Abb. 5. Kolbenorgan von *Paururus juvenis*. Kallilagenpräparat.

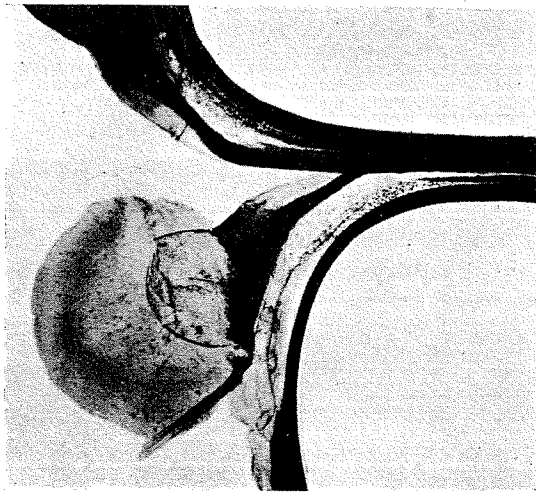


Abb. 6. Stachelborstenbasis mit Kolbenorganen von *Sirex pygmaeus*. Die den Organen aufsitzende Oidienkuppe aus den Intersegmentaltaschen ist mitpräpariert, jedoch leicht verquollen. Kallilagenpräparat.

untersuchten Wespen dieser Gattungen fand sich nur eine einzige (*Paururus juvenicus* aus Tanne, Material VII), bei welcher eine einseitige Besiedlung der Intersegmentaltaschen mit Pilzen gefunden werden konnte. Einen gleichen Fall einseitiger Füllung der Pilztaschen hat bereits Buchner beschrieben. Mitunter war bei den Angehörigen der Gattungen *Paururus*

und *Sirex* neben den Oidien eine größere Anzahl von Nematoden in den Intersegmentaltaschen aufzufinden und regelmäßig war der Inhalt der Taschen mit Bakterien infiziert, die sich beim lebenden Insekt — da der Inhalt der Taschen sauer reagiert — kaum bemerkbar machten, die aber bei der Kultur der Pilze äußerst störend wirken können. Im Gegensatz zu den Befunden bei den genannten Arten konnte bei *Xeris spectrum* weder bei den aus Kiefer noch bei den aus Fichte stammenden ♀♀ irgendwelche diesen vergesellschaftete Pilze angetroffen werden. Selbstverständlich steht trotzdem die Möglichkeit offen, daß sich gelegentlich Pilzhypen in der Nähe der Kolbenorgane ansiedeln könnten, eine Bindung zwischen Pilz und Wespe muß aber für *Xeris spectrum* verneint werden.

Die morphologischen Befunde Buchners konnten somit für alle untersuchten Holzwespen, mit Ausnahme von *Xeris spectrum*, bestätigt werden.

Die **Eiablage der Wespen** hat bereits durch Scheidter und Bischoff eine eingehende Schilderung erfahren. Das von Bischoff beschriebene Verhalten von *Tremex* scheint dabei in einigen Punkten, insbesondere in bezug auf die Rolle der Fühler, von den Gepflogenheiten von *Sirex* und *Paururus* abzuweichen. Meine Beobachtungen an *Paururus* und *Sirex* decken sich im wesentlichen mit den Scheidterschen Schilderungen, zum Teil auch mit den Angaben von Bischoff für *Tremex*.

Um die starke Beanspruchung der Region der Intersegmentaltaschen beim Legeakt näher zu erläutern, sei hier ausführlicher auf das Verhalten eines *Sirex-angur*-♀ bei der Eiablage eingegangen.

Die Wespe nahm im Laboratorium stehende und liegende, berindete, nicht allzu frische Fichtenabschnitte willig zur Eiablage an und ließ sich selbst durch künstliche Beleuchtung während der photographischen Aufnahmen nicht im mindesten stören. Das Tier lief anfangs lebhaft nach

einer geeigneten Stelle suchend auf den beiden Abschnitten herum. Dabei trillerte es eifrig mit den Fühlern auf der Rinde; der Hinterleib wurde stellenweise nachgeschleppt. Hatte das Tier eine ihm geeignet erscheinende Stelle gefunden, so machte es halt, der Hinterleib wurde angehoben und die Spitze des in der Legescheide befindlichen Bohrers aufgesetzt. Wenn die Stachelspitze hinter einem Rindenschuppen einen Halt gefunden hatte, machte das Tier einige kurze Schritte rückwärts, wodurch der Legestachel aus der Stachelscheide hervorklappte

und sich aufstellte, wobei gleichzeitig die Insertionsstelle des Stachels hoch emporgehoben wurde. Die Beine der Wespe waren dabei fest an die Rinde gekrallt, die Fühler suchten den Beginn des Einbohrens bildete der Hinterleib der Wespe einen stumpfen Winkel von etwa 130 Grad (Abb. 8). Der Stachel wurde rechtwinklig zur Körperachse angesetzt, er war somit schräg nach hinten gerichtet. Auf der Abbildung ist er zwischen den etwas breit gestellten Hinterbeinen der Holzwespe sichtbar. Das Einbohren des Stachels geschah unter stetig kreisenden Bewegungen der Stachelansatzstelle, die auch die mitgeführte. Die Spitze der Stachelscheide beschrieb dabei eine elliptische Figur. Die Bewegung, durch welche die Stachelborsten in rhythmischer Folge vorgestoßen werden, war so rasch, daß bei $\frac{1}{6}$ Sek. Belichtungszeit die Stachelscheide nur als Schatten auf die Platte kam. Die Bewegung der Stachelbasis hat eine sehr geringe Amplitude, sie wird durch die Übertragung auf die lange Stachelscheide bei dieser erheblich verstärkt.

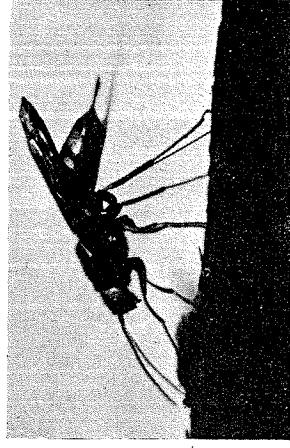


Abb. 8. *Sirex angur* bei Beginn der Eiablage. $\frac{1}{6}$ nat. Größe, $\frac{1}{6}$ sec.



Abb. 9. *Sirex angur* bei der Eiablage. $\frac{1}{6}$ nat. Größe, $\frac{1}{6}$ sec.

bohren des Stachels geschah unter stetig kreisenden Bewegungen der Stachelansatzstelle, die auch die mitgeführte. Die Spitze der Stachelscheide beschrieb dabei eine elliptische Figur. Die Bewegung, durch welche die Stachelborsten in rhythmischer Folge vorgestoßen werden, war so rasch, daß bei $\frac{1}{6}$ Sek. Belichtungszeit die Stachelscheide nur als Schatten auf die Platte kam. Die Bewegung der Stachelbasis hat eine sehr geringe Amplitude, sie wird durch die Übertragung auf die lange Stachelscheide bei dieser erheblich verstärkt.



Abb. 10. *Sirex angur* beim Herausziehen des Legestachels. $\frac{1}{6}$ nat. Größe, $\frac{1}{6}$ sec.

Nach 6—8 Minuten¹⁾ war der Stachel voll in das Holz eingesenkt (Abb. 9). Der Hinterleib der Wespe war dabei dreieckig ausgezogen, das ganze Abdomen seitlich zusammengedrückt. Das Tier ist jetzt aufs höchste konzentriert, die Fühler berühren das Substrat, und an einer schwachen Flankenbewegung erkennt man, daß die Eiablage vor sich geht. Die Zeit, in welcher das Tier in dieser Stellung verharrt, war verschieden lang, meist dauerte die Eiablage länger als eine Minute. Das Herausziehen des Stachels ging verhältnismäßig rasch und ohne sehr auffällige Bewegungen seitens der Wespe vor sich (Abb. 10). Es geschah im allgemeinen kontinuierlich, die Fühler wurden dabei wagrecht nach vorn gehalten. Nach 1—2 Minuten war das Herausziehen des Stachels beendet, wonach sich das Tier sofort wieder mit trillernden Fühlern auf die Suche nach einer neuen Eiablagestelle begab. Die Einstichstelle war nach beendetem Legakt an einem kleinen Sekrettröpfchen, das die Einbohrstelle benetzt hatte, kenntlich.

Daß eine **Übertragung der Oidien auf das Ei** stattfinden würde, war von vornherein anzunehmen, da die unmittelbare Umgebung der Intersegmentaltaschen beim Einbohren des Stachels in das Holz sowie bei der Eiablage auf mannigfache Weise gedrückt, gepreßt und gerieben wird, was ein Austreten der Oidien bewirken muß. Auch dadurch, daß die Abdominalstermite beim Bohrgeschäft teleskopartig eingezogen werden, muß ein Druck auf die Intersegmentaltaschen ausgeübt werden, ganz abgesehen davon, daß auch eine Kontraktion der die Taschen überspannenden zarten Muskeln die Oidien austreiben kann. Der Nachweis, daß das Ei wirklich mit Oidien beimpft wird, ist insofern schwer zu führen, als das Nachschneiden des Bohrkanals und das saubere Herauspräparieren des Eies mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Ein glücklicher Zufall brachte schließlich den Beweis, daß tatsächlich das Ei mit den Oidien beschickt wird.

Das mehrfach photographierte *Sirex augur*-♀ suchte am stehenden Holz, durch die Schwere seines trächtigen Abdomens dazu bewegt, ausschließlich die unteren Teile des Fichtenabschnittes auf. Es saß zu Beginn des Bohraktes parallel zur Achse der Fichtenrolle, den Kopf nach oben gerichtet, während es sich mit der Stachelscheide auf die Unterlage des Fichtenabschnittes stützte. Diese Stellung brachte es mit sich, daß, bei schrägem Einstich des Bohrers in das Holz, die Eiablage jedesmal gerade auf der Schnittfläche des Fichtenabschnittes erfolgte, wo die Eier zwischen den durch die Säge aufgefaseren Tracheiden mit Leichtigkeit zu finden und mit allem anhängenden Schleim zu entnehmen waren. Es konnte auf diese Weise festgestellt werden, daß bei einem einzigen Einstich 1 bis 4 Eier abgelegt wurden. Bei den mehr als ein Ei umfassenden Gelegenheiten haften die Eier kettenförmig aneinander. Das erste Ei jedes

¹⁾ Die Länge der Einbohrzeit ist stark von der Beschaffenheit des Holzes abhängig.

Geleges war regelmäßig, und zwar vorwiegend an seinem distalen Pole mit einem Klumpen von Oidien behaftet (Abb. 11), die morphologisch durchaus den in den Intersegmentaltaschen aufzufindenden Oidien entsprachen und auch später in Kultur das gleiche Mycel lieferten wie diese. Bei den nachfolgenden Eiern konnten nur vereinzelt Oidien in dem den Eiern anhaftenden Schleim nachgewiesen werden.

Nachdem somit der fast überflüssige Beweis erbracht worden war, daß das Ei der Holzwespen bei der Eiablage mit den in den Intersegmentaltaschen befindlichen Pilzen beimpft wird, war die Frage der weiteren **Lokalisation und Entwicklung der Pilze** zu klären.

Die in den Pilztaschen gefundenen Oidien stellen nur einen Entwicklungszustand, einen gewissen Endzustand im Leben eines normalen Basidiomycetenmycels vor. Unter der Bezeichnung „Oidien“ versteht der Mykologe kurze Hyphenstücke, in welche ein Mycel zerfallen kann, wenn es durch Trockenheit, durch Nahrungsmangel oder sonstige ungünstige Lebensumstände in seiner Entwicklung gehemmt wird. Diese Oidien, die meist nur aus einer einzigen Hyphenzelle bestehen, nehmen den Charakter von Dauerzellen an und können so eine geraume Zeitspanne schlechterer Lebensbedingungen überstehen. Wenn sich die Umweltsbedingungen wieder verbessern, keimen diese Oidien zu normalen Mycelien.



Abb. 11. Frisch abgelegtes Ei von *Sirex augur* mit anhaftendem oidenhaltigen Schleim.

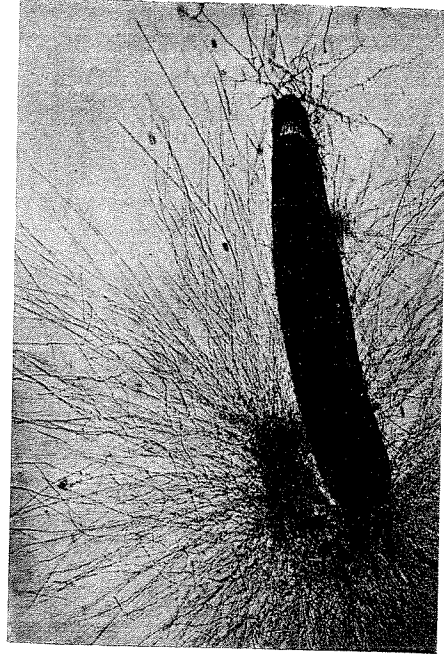


Abb. 12. Das gleiche Ei wie in Abb. 11 nach 24 stündigem Aufenthalt in der feuchten Kammer. Die Oidien sind zu normalen Hyphen ausgekeimt.

aus. Die Fähigkeit zur Oidienbildung ist bei den Basidiomyceten weit verbreitet.

Es war nun also festzustellen, wo sich das normale Mycel der auf das Ei übertragenen Oidien entwickelt und wie schließlich die Füllung der Pilztaschen vor sich geht.

In reinem Leitungswasser keimten die den Eiern anhaftenden Oidien in der feuchten Kammer schon in kurzer Zeit aus (Abb. 12) und bildeten bereits nach 24 Stunden normale schnallenbildende Mycelien, die den Rand des Deckglases erreichten. Die einzige Nahrungsquelle bildete dabei der dem Ei anhaftende Schleim. Es war nun anzunehmen, daß sich das Mycel in ähnlicher Weise im Holze ausbreiten würde. Der Beweis dieser Annahme war erbracht, wenn nachgewiesen werden konnte, daß die auch von anderen Autoren beobachteten, das *Sirex*-Holz durchziehenden schnallentragenden Hyphen tatsächlich mit dem Pilz der Intersegmentaltaschen identisch sind. Dieser Nachweis gelang durch Kulturversuche, auf welche später noch genauer eingegangen werden soll.

Ob die Pilze auch sonst noch in irgendeiner Form direkt mit dem Körper der sich entwickelnden Larve in Verbindung stehen, mußte die Untersuchung der einzelnen Entwicklungsstadien der Holzwespenlarven ergeben.

Zu diesen Untersuchungen wurden verschiedene Methoden angewandt. Einmal wurden Schnittserien von fixiertem Material aller Stadien nach Färbung mit Hämalaun-Orange G untersucht, weiter wurde aber auch der Versuch gemacht, Mycelien aus den verschiedenen Darmabschnitten der Larven durch Kulturversuche zu gewinnen. Die Darmabschnitte wurden dabei unter möglichst sterilen Bedingungen entnommen, in Leitungswasser verrieben und davon Schüttelkulturen in geklärter, angesäuertem Malzgelatine angelegt.

Weder in besonderen Mycetomen — wie auch von vornherein nicht anzunehmen war — noch im Darmlumen konnten mit diesen Methoden lebende Mycelien schnallenbildender Pilze nachgewiesen werden, obwohl im Darmlumen häufig Mycelreste gefunden werden konnten.

Auch die mit den gleichen Methoden untersuchten Puppen erwiesen sich als pilzlich völlig steril, desgleichen die männlichen Imagines.

Es war somit noch die Frage der Füllung der Pilztaschen zu klären.

Diese schon von Buchner aufgeworfene Frage fand eine einfache Lösung, als eine große Sendung von Fichtenholz, das frischgeschlüpfte ♀♀ von *Paururus juvencus* enthielt (Material IV) zur Untersuchung kam.

Bei der Untersuchung der weiblichen Imagines in den verschiedensten Reifungszuständen zeigte es sich, daß bei den frisch aus der Puppenhaut geschlüpfen, nur wenig erhärteten Holzwespen nur eben einige wenige normale Mycelfäden schnallenbildender Pilze in den Intersegmentaltaschen zu finden waren. Ältere aber noch nicht aus dem Futterholz ausgeschlüpfte

Holzwespen beherbergten in ihren Pilztaschen große Mycelknäuel (Abb. 13), die noch einen völlig normalen Habitus mit kontinuierlichen Hyphen und wuchsfreudigen Mycelspitzen aufwiesen. Bei denjenigen Tieren, die kurz vor ihrem Ausfliegen standen, war das Mycel bereits in einzelne Hyphenteile zerfallen (Abb. 14), es fanden sich jedoch auch noch längere zusammenhängende Zellketten vor. Erst in den Intersegmentaltaschen der bereits ausgeschlüpfen, schon zur Eiablage schreitenden Wespen waren die bekannten, kurzen, gedrungenen Oidien zu finden.

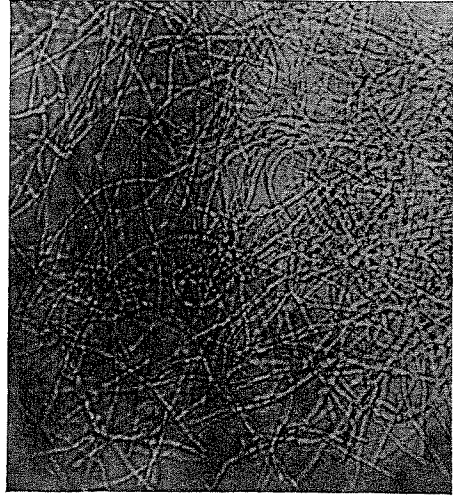


Abb. 13. Normales Mycel aus den Intersegmentaltaschen eines der Puppenwiege entnommenen ♀ von *Paururus juvencus*.

Es ist somit die Annahme berechtigt, daß der Pilz kurz nach der Häutung der Imagines in die Intersegmentaltaschen der ♀♀ von außen, also von den Wänden der Puppenwiege her, einwuchert,¹⁾ auf dem in den Taschen sich ansammelnden Sekret der Kolbendrüsen ein günstiges Nährsubstrat findet und nach Erschöpfung dieses Substrates, also nach verschlechterten Lebensbedingungen, zur Bildung von Oidien schreitet.

Wenn diese Annahme richtig ist, so mußte die Züchtung pilzfreier Holzwespen mit Leichtigkeit gelingen, wenn Puppen unter sterilen Bedingungen zum Schlüpfen gebracht werden konnten. Dieser Versuch, der voraussetzt, daß dazu völlig gesunde, unbeschädigte Puppen, die kurz vor dem Schlüpfen stehen, verwendet werden, ist auf größerer Basis schwer

zu realisieren. Bei der Untersuchung der Puppenwiege bei *Hylecoetax dermestoides*, bei welchem die Füllung der Pilztaschen gleichfalls von den Wänden der Puppenwiege

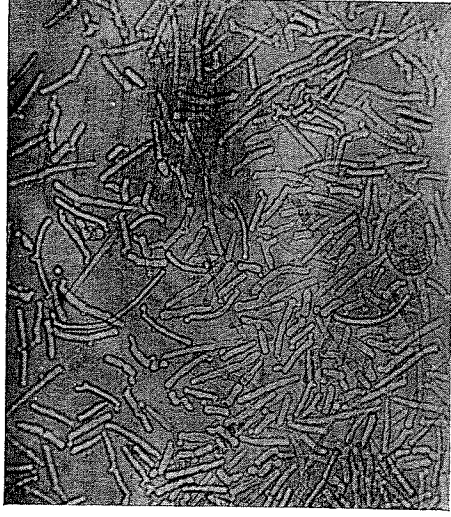


Abb. 14. Junge Oidien aus den Intersegmentaltaschen eines älteren, jedoch noch nicht aus dem Holz ausgeflogenen ♀ von *Paururus juvencus*.

¹⁾ Die Verhältnisse liegen hier so ähnlich wie beispielsweise bei *Hylecoetax dermestoides*, bei welchem die Füllung der Pilztaschen gleichfalls von den Wänden der Puppenwiege

durchführbar, da Puppen, die diesen Anforderungen entsprechen, selten zu erhalten sind. Aus diesem Grunde konnte der Versuch nur an einer einzigen *Sirex gigas*-Puppe, die zufällig in unsere Hände kam, ausgeführt werden. Die fast reife Puppe wurde in einem beidseitig mit Watte verstopften Glasröhren zum Schlüpfen gebracht. Die daraus schlüpfende Wespe — deren Flügel allerdings verstümmelt blieben — war pilzfrei, als sie nach ihrem Verenden untersucht wurde. Obwohl dieser Versuch nur an einer einzigen Puppe durchgeführt wurde, ist er doch insofern erwähnenswert, als sämtliche normal aus dem Holz schlüpfenden Geschwister dieser Wespe (Material X) oidiengefüllte Pilztaschen aufwiesen. Von einer Weiterzuchtung der pilzfrei gemachten Holzwespe wurde abgesehen, da es kaum möglich sein dürfte, das Nahrungsholz bei der langen Dauer der Larvenentwicklung nadelholzbewohnender Holzwespen pilzfrei zu halten.

Um den Sinn des engen Zusammenlebens zwischen Holzwespen und Pilzen näher zu ergründen war es notwendig, die Eigenschaften der symbiotischen Pilze zu prüfen. Zu diesem Zwecke war eine **Züchtung der Sirexpilze** in Reinkultur notwendig. Es wurden daher die begleitenden Pilze aus dem Futterholz isoliert und auch die in den Intersegmentaltaschen der ♀♀ befindlichen Oidien in Kultur genommen. Als Substrat bewährte sich am besten eine geklärte Malzgelatine, der zur Vermeidung von Bakterienwachstum 0,5% kristallisierte Zitronensäure zugesetzt worden war. Später wurden die Pilze dann in Brotkolben weitergezüchtet.

Die Züchtung der Basidiomyceten aus dem Futterholz stieß anfangs auf erhebliche Schwierigkeiten, da regelmäßig von den mit Nage-spänen vollgestopften Larvengängen aus, die offenbar für viele Pilze ein willkommenes Nährsubstrat darstellen, schnellwüchsige Schimmelpilze weit in das Holz hineinwuchsen, die aus kleinen Holzspänen der Larvengang-umgebung angelegten Kulturen verunreinigten und das Wachstum der schnallenbildenden Pilze unterdrückten. Die Kultur der Basidiomyceten glückte erst, als die Impfspäne der weiteren Umgebung der Larvengänge entnommen wurden. Von den auf das Gelatinesubstrat ausgelegten Holzstückchen ausstrahlend entwickelte sich innerhalb weniger Tage ein charakteristisches Mycel, das schon im Jugendstadium an den reichlich gebildeten Schnallen als *Basidiomycetenmycel* zu erkennen war.

Die Züchtung der Pilze aus den Intersegmentaltaschen der weiblichen Holzwespen erwies sich als ungleich einfacher. Es gelingt ohne weiteres, mit einer feinen aber stumpfen Nadel ohne Beschädigung des Tieres die Oidien den Pilztaschen zu entnehmen. Wenn die Oidien auf diese Weise von chloroformierten lebenden Tieren entnommen wurden,

aus geschieht. Meine Befunde stehen demnach im Gegensatz zu denen von Cartwright: solange die Puppenhaut nicht abgestreift war, konnte ich keine Pilze in den Intersegmentaltaschen auffinden.

keimten sie hundertprozentig zu normalen Mycelien aus (Abb. 15). Nach dem Tode des Holzwespe gehen die Oidien in den Pilztaschen sehr bald zugrunde, was mit einem Reaktionswechsel des Schleimsekretes zusammenhängen könnte — beim

lebenden Tier reagiert das Sekret sauer, beim toten alkalisch — oder auch mit postmortal einsetzendem Bakterienwachstum, mit der Bildung von Eiweißgiften oder mit allen genannten Erscheinungen gleichzeitig. Jedenfalls nimmt das Keimprozent der Oidien sofort nach dem Tode der Wespe, ja schon bei stark geschwächten Tieren, die nur noch kurze Zeit zu leben haben, sehr schnell ab.

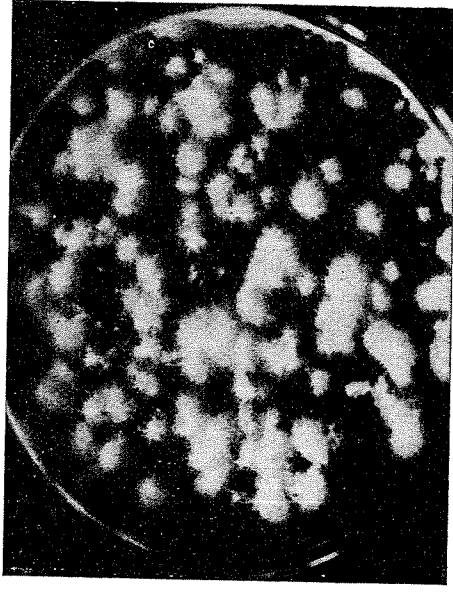


Abb. 15. Schüttelkultur des Inhalts der Intersegmentaltaschen von *Thremex fuscicornis* aus Pappel (Material XI).

Schüttelkulturen des oidienshaltigen Schleimes der Intersegmentaltaschen ergaben oft völlig saubere Reinkulturen der schnallenbildenden Pilze, die frei von irgendwelchen pilzlichen Beimischungen anderer Art waren. Beim Vergleich der aus den Intersegmentaltaschen und aus dem Futterholz gezüchteten Pilze ergab es sich, daß diese jeweils identisch waren.

Die **Bestimmung der Pilze** stieß auf große Schwierigkeiten insofern, als sie in der Kultur im allgemeinen keine Fruchtkörper bildeten. Die in der Kultur entwickelten Eigenschaften der Pilze — Wachstumsgeschwindigkeit, Farbe und Geruch des Mycels, das mikroskopische Bild der Hyphen, alles Merkmale, die mitunter sehr charakteristisch sind — geben jedoch Anhaltspunkte zur vergleichenden Bestimmung mit bekannten Pilzkulturen und zur Vergleichung untereinander. Tabelle II gibt eine Zusammenfassung der auffälligsten Eigenschaften einiger *Sirex*-Pilze in Kultur. Die Pilze wurden unter den gleichen Umweltsbedingungen in Erlenmeyer-Brotkolben gezüchtet. Die Wachstumsgeschwindigkeit des Mycels wurde auf die Weise festgestellt, daß auf der Rückseite großer, mit geklärter Gelatinenährlösung beschickter Petrischalen der tägliche periphere Zuwachs der in die Schalen geimpften Mycelien mit Tusche markiert wurde. Der durchschnittliche tägliche Zuwachs bei Zimmertemperatur ließ sich mit dieser Methode leicht errechnen.

Sämtliche aus den Pilztaschen der Holzwespen isolierte Pilze ähnelten in ihrem Habitus und in ihrem Verhalten in Kultur außerordentlich Holz-

Tabelle II.

Material	Farbe des Mycel	Wachstums- Lagertags mm	Geruch des Mycel	Beschaffen- heit des Luftmycel	Substrat- Verfärbend	Negung zu Oxidbildung
<i>P. juvenis</i> , III	grau, dann bräunlich	5,2	dumpf, schwammig	dicht, wollig	stark	schwach
<i>P. juvenis</i> , V	hellgrau, dann dunkelbraun	4,6	frisch, schwammig	kurz, spärlich	stark	schwach
<i>P. juvenis</i> , VI	hellgrau, dann bräunlich	2,1	schwammig	kurz, wollig	stark	schwach
<i>P. juvenis</i> , VII	glänzend weiß, dann bräunlich	4,5	fenchelartig	wollig	?	schwach
<i>P. noctilio</i> , VIII	grau, dann bräunlich	4,3	dumpf, schwammig	kurz, wollig	stark	stark
<i>S. gigas</i> , IX	weiß, dann hellbraun	4,6	frisch, schwammig	kurz, wollig	?	schwach
<i>S. gigas</i> , IX	weiß, später gelb	4,6	schwammig	kurz, samtig	nein	nein
<i>S. angur</i> (Leipzig), Fi	hellgrau, dann gelblichgrau	4,2	schwammig	wollig- flockig	schwach	nein
<i>S. angur</i> (Tharandt), Fi?	hellgrau, später gelblichgrau	4,3	schwammig	wollig- flockig	nein	nein
<i>T. fuscicornis</i> , XI	glänzend weiß, dann dunkelbraun	5,4	morchelartig	watertartig, sehr reich	nein	nein
<i>T. fuscicornis</i> , VII	weiß, später hellbräunlich	3,5	vanille- ähnlich	dicht, kurz	nein	nein

zerstörenden Hymenomyceten, mitunter schien, dem mikroskopischen Bilde nach zu urteilen, ein Pilzgemisch vorzuliegen. Von Einzelkulturen wurde abgesehen, da es wichtiger war, die Eigenschaften der Pilztaschenflora in ihrer Gesamtheit zu untersuchen.

Wie schon aus der Tabelle hervorgeht, sind die einzelnen Holzwespenarten durchaus nicht immer mit der gleichen Pilzart vergesellschaftet, obwohl bei den einzelnen Arten eine bestimmte Pilzart vorzuherrschen scheint. Es ist also nicht angängig, von „dem“ *Sirex*-Pilz oder „dem“ *Paururus juvenis*-Pilz schlechthin zu sprechen. Völlig abseitig sind die begleitenden Pilze des Materials VII (*Paururus juvenis* aus Tanne) und des Materials XII (*Tremex fuscicornis* aus Nußbaum). Ersterer wurde in Übereinstimmung aus den Pilztaschen von zwölf aus Tannenholz geschlüpften ♀♀ gezüchtet, letzterer durchwucherte in einem Nußbaum ausschließend das Fraßbild der *Tremex*-Gelege, während die übrigen Abschnitte des Baumes von anderen Pilzen (*Polystictes versicolor*, *Collybia velutipes*, *Pleurotus ostratus*) befallen waren. Der *Tremex*-Pilz konnte sowohl aus Mycellöckchen in den Larvengängen als auch aus dem

angrenzenden Holze gezüchtet werden, leider schlüpfen aus dem restlichen Material nur ♂♂, so daß der Pilz nicht auch aus dem Inhalt der Intersegmentaltaschen gezüchtet werden konnte und somit der letzte Beweis, daß es sich hier tatsächlich um den begleitenden Pilz handelt, noch aussteht; die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Pilz in diesem Falle mit *Tremex* vergesellschaftet war, ist allerdings sehr groß.

Der *sirex*begleitende Pilz aus Tanne wurde mir nach dem Geruch und dem Vergleich mit einwandfrei bestimmten Stammkulturen von Herrn Professor Münch als wahrscheinlich zu *Trametes odorata* gehörig bestimmt. Der genannte fragliche *Tremex*-Pilz aus Nußbaum bildete als einziger der Versuchsreihe Fruchtkörper, und zwar an beimpften Pappelknüppeln, die im feuchten Gewächshaus aufbewahrt worden waren; die übrigen *Sirex*-Pilze ließen sich durch diese Methode nicht zur Fruchtkörperbildung anregen. Die gezüchteten Fruchtkörper wurden mir von Herrn Professor Killermann als zu *Polyporus imberbis* gehörig bestimmt. Eine Rückisolierung des Pilzes aus den Fruchtkörpern ergab wieder das charakteristische, vanilleartig duftende Mycel der Ausgangskultur.

Leider gelang die Identifizierung der übrigen Pilze nicht, obwohl mir zur vergleichswisen Bestimmung die schöne, von Herrn Professor Münch aus Fruchtkörpern angelegte Sammlung holzerstörender Hymenomyceten des Tharandter Botanischen Institutes zur Verfügung stand und obwohl ich meine Kulturen mit der Bitte um Bestimmung an Herrn Prof. Liese in Eberswalde schickte, der gleichfalls eine umfangreiche Sammlung holzerstörender Hymenomyceten besitzt. Herr Professor Liese teilte mir nur mit, daß diese Pilze keinesfalls zu den bekannteren holzerstörenden Hymenomyceten gehören und daß mitunter dem mikroskopischen Bilde zufolge ein Pilzgemisch vorzuliegen scheint.¹⁾

Die Erkenntnis, daß es sich bei den Holzwespenpilzen um holzerstörende Hymenomyceten handele, führte zu einer genaueren **Untersuchung des Sirexholzes**. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren dabei bei *Xeris*, bei *Sirex* und *Paururus* sowie bei *Tremex* durchaus verschieden.

In dem von *Xeris spectrum* befallenen Kiefernholz (Material I) waren unbedingt Blaufäulepilze, und zwar vorwiegend *Ceratostomella pini* Münch vorherrschend. Aus dem Genagel der Larvengänge konnten verschiedene unbestimmt gebliebene Schimmelpilze und Hefen isoliert werden. Das von der gleichen Art befallene Fichtenholz (II) war ebenfalls leicht verblaut, doch konnten neben Blaufäulemycelien auch schnallenbildende Hyphen im Holz gefunden werden, ohne daß jedoch, wie erwähnt, die Untersuchungen ♀♀ irgendwie mit Pilzen vergesellschaftet gewesen wären. Beide Hölzer waren zwar durch die ins Auge fallende Holzverfärbung

¹⁾ Cartwright bestimmte einen von ihm aus *Sirex gigas* gezüchteten Pilz als *Stereum sanguinolentum*, einen *Sirex cyaneus*-Pilz als mit dieser Pilzart verwandt aber nicht identisch.

als nicht gesund zu erkennen, zeigten aber keine Zersetzungsercheinungen und keine ersichtlichen Veränderungen ihres Verhaltens bei Bruch und Spaltung.

Von *Sirex* und *Paurovirus* findet sich in der Literatur häufig die Angabe, daß die Larven in „gesundem Holz“ minieren. Das ist zweifellos nicht richtig. Der Grad der Zersetzung des Futterholzes ist allerdings sehr verschieden. Es läßt sich im allgemeinen feststellen, daß trocken gelegenes Holz kaum merkliche Zeichen von Zersetzung aufweist, während feuchter gelagertes Holz sehr deutliche Spuren beginnender Fäulnis zeigt; den Zustand dieses Holzes würde der Fachmann als „wandelbar“ bezeichnen. Diese Wandelbarkeit ist weniger an einer Verfärbung des Holzes zu erkennen, als daran, daß das Holz nicht wie gesundes beim Bruch splittert, sondern spröde gerade Bruchstellen ergibt und sich ungleichmäßig spaltet. Gelegentlich auftretende Verfärbungen gehen meist von den Larvengängen aus und sind allerhand Hyphomyceten, die von dort eine kürzere oder längere Strecke weit in das Holz einwuchern, zu zuschreiben. Die Entwicklung der begleitenden Hymenomyceten ist in den verschiedenen feucht gelagerten Hölzern sehr verschieden stark. Bei feuchtem Holz (z. B. Material III und V) ist nicht nur das Holz in der Nähe des Fraßbildes verhältnismäßig reichlich mit gesunden, lebenden Hyphen durchsetzt, sondern der Pilz durchzieht das Holz in weitem Umkreise und kann unter der abgehobenen Rinde ein dickes, weißes bis bräunliches Stroma bilden. In trocken aufbewahrttem Holz kommt es bei den spärlichen, das Fraßbild durchziehenden Hyphen zu Oidienbildung in den Tracheiden. Auch das Genagel in den Bohrgängen der Larven wird nachträglich wieder von den schnallenbildenden Hyphen durchzogen, in älteren Gängen herrschen allerdings die nichtschnallenbildenden Mycelien vor. Irgendwelche sichtbare Anzeichen der Zersetzung ließen sich auf Microtomschnitten durch *Sirex*- und *Paurovirus*-Holz nicht feststellen.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei *Tremex fuscicornis*. Hier zeigte das Holz von Material XI und XII deutlich sichtbare Zeichen bereits weit fortgeschrittener Fäule. Das Pappelholz (XI) war auffallend leicht und ließ alle Merkmale einer typischen Weißfäule erkennen. Auch das Nußbaumholz (XII) war stark zerstört. Hier fanden sich in dem im allgemeinen morschen Holz verstreut einzelne Nester stärkerer Zersetzung, die sich durch ihre rein weiße Farbe gegen ihre Umgebung abhoben (s. Abb. 18), wie es bei dem bekannten „Rebhuhnholz“ der Fall ist. Auch bei trockener Lagerung schreitet die Fäule noch eine Zeitlang weiter fort, da die Pilze viel Feuchtigkeit veratmen. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß das Holz außerordentlich reich mit schnallenbildenden Pilzhypen durchsetzt ist, die stellenweise dichte Knäuel in den Gefäßen bilden. In beiden Materialproben war das Holz bereits sichtbar verändert. Das Pappelholz hatte zwar noch anscheinend intakte Zellen, die Wände zwischen den weiltumigen Gefäßen zeigten aber bereits eine größere

Neigung zum Zerreißen als es bei normalem Pappelholz der Fall ist. Bei dem untersuchten Nußbaumholz waren besonders die Gefäße an den weißen Zersetzungsnestern stark zerstört, die Zellwände waren äußerst zerbrechlich und zerfielen leicht. Deutlicher wurden die Veränderungen des Holzes durch die Einwirkung der Pilze, wenn die Schnitte mit Phloroglucin-Salzsäure und mit Chlorzinkjod behandelt wurden. Die Phloroglucin-Reaktion versagte bei dem Pappelmaterial in denjenigen Gefäßwandschichten, die das Zellumen umschließen: Eine ziemlich breite Zone, etwa $\frac{1}{4}$ des gesamten Zellwanddurchmessers blieb ungefärbt, ein Zeichen dafür, daß in dieser Zone, vom Zellumen ausgehend, die Ligninkrusten des Holzes zerstört oder zum mindesten stark verändert worden waren. Der Versuch, in diesem Zellwandabschnitt mit der Chlorzinkjod-Reaktion Zellulose nachzuweisen, schlug fehl, es war also anzunehmen, daß auch die Zellulose verändert war. Bei Mikrotomschnitten durch das Nußbaumholz versagte die Phloroglucin-Salzsäureaktion an den weißgewordenen Holzstellen völlig. Die Zellwände dieser Stellen ergaben bei frisch verpilztem Holz eine schwache, aber deutliche Chlorzinkjodreaktion, die jedoch bei älterem, stärker zerstörtem Holz unterblieb. Der Pilz, welcher im Bereich der *Tremex*-Fraßbilder das Nußbaumholz zerstört hatte, hatte demnach das Holz nestweise angegriffen, hatte hier zunächst das Lignin zerstört und hatte dann auch die Zellulose und die übrigen Bestandteile des Holzes angegriffen.

Um die holzerstörenden Eigenschaften der *Sirex*-Pilze auch zahlenmäßig zu erfassen, waren **Versuche über die holzerstörenden Wirkungen der Pilze** im Laboratorium notwendig.¹⁾ Es wurden zu diesen Versuchen ausschließlich Pilze benutzt, welche aus den Intersegmentaltaschen der ♀ gezüchtet worden waren, ohne Rücksicht darauf, ob es sich dabei um eine Reinkultur oder um ein Pilzgemisch handelte.

Die Pilze wurden nach der von Liese, Nowak, Peters und Rabanus in der Mycologie eingeführten und zur Prüfung von Imprägniermethoden allgemein anerkannten Klötzchenmethode geprüft. Die Methode sei hier kurz beschrieben: Eine einen Bierfilz enthaltende sterilisierte Kolleschale wird mit 8prozentiger Malznährlösung beschickt und mit einem Flöckchen des zu prüfenden Pilzes in der Mitte des Filzes beimpft (Abb. 16). Holzklötzchen von 5–10 g Gewicht werden bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank bei 110° getrocknet, gewogen und, wenn der Bierfilz von dem Pilz völlig überwachsen ist, kurz abgefammt und auf das Mycel gelegt. Die Myceldecke, die von den *Sirex*-Pilzen auf dem Bierfilz gebildet wird, ist meist so dick und dicht, daß sich die Zwischenschaltung eines Glasbänkchens, wie sie in der letzten Fassung der Methode angegeben wird, erübrigt. Von der verpilzten Unter-

¹⁾ Die mykologischen Versuche konnten im Botanischen Institut der Forstlichen Hochschule Tharandt unter Anleitung von Professor Dr. E. Münch, später unter Förderung der Beratung durch a. o. Professor Dr. Bavendamm, ausgeführt werden.

lage aus überwächst der Pilz sehr rasch die Holzstückchen (Abb. 17) und dringt in sie ein. Nach einem bestimmten Zeitabschnitt werden die Holzchen den Kollerschalen entnommen, von den anhaftenden Mycelteilen befreit, wiederum ge-

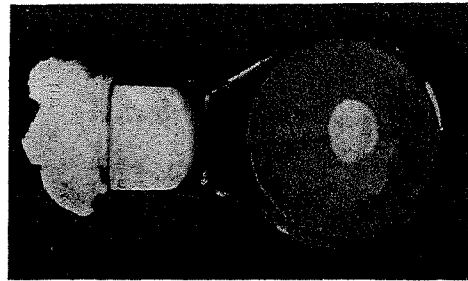


Abb. 16. Kollerschale mit Mycel des Pilzes von *Tremex fuscicornis* aus Pappel. ca. 1/4 verkl.

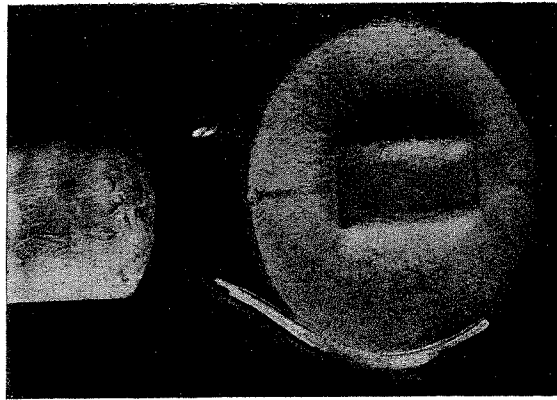


Abb. 17. Kollerschale mit *Tremex*-Pilz wie Abb. 16 und Pappelholzklötzchen. Der Pilz überwächst das Klötzchen. ca. 1/2 verkl.

trocknet und gewogen. Das Ergebnis dieser Versuche mit einigen *Sirex*-Pilzen ist in den Tabellen III—V zusammengestellt. Die Kulturen wurden sämtlich bei Zimmertemperatur gehalten.

Tabelle III.

Gewichtsverlust von Pappelholzklötzchen nach dreimonatiger Einwirkung eines *Tremex*-Pilzes.

Herkunft des Pilzes	Trockengewicht der Klötzchen		Gewichtsabnahme in g	Gewichtsabnahme in % des Ausgangsgewichtes
	bei Beginn des Versuches in g	am Ende des Versuches in g		
Pilz aus <i>T. fuscicornis</i> Material II (s. Tabelle II)	5,265	4,067	1,198	22,8
	6,154	5,262	0,872	14,2
	5,762	4,550	1,212	20,0
	6,132	5,038	1,094	17,8
	5,876	4,535	1,341	22,9
<i>Polyporus adustus</i> Madison (Bavendamm)	5,551	4,477	1,134	20,6
	5,848	4,784	1,064	18,2
	5,903	4,910	0,993	16,8

Aus obiger Tabelle geht hervor, daß die Gewichtsabnahme bei Pappelholzklötzchen durch dreimonatige Einwirkung des genannten *Tremex*-Pilzes durchschnittlich 19,7 % des Ausgangsgewichtes beträgt. Zum Vergleich wurde eine mir von Herrn Professor Bavendamm, Tharandt, zur Verfügung gestellte Kultur des bekannten *Polyporus adustus*, welche außerdem eine gewisse Ähnlichkeit mit dem *Tremex*-Pilz aufwies, ohne daß jedoch die beiden Pilze etwa identisch wären, geprüft. Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist die holzerstörende Wirkung der beiden Pilze bezüglich der Gewichtsabnahme verpilzter Klötzchen etwa gleich.

Der Gewichtsverlust der Klötzchen durch Einwirkung der *Sirex*- und *Paururus*-Pilze ist, um unnötige Längen zu vermeiden, in der nächsten Tabelle gedrängter dargestellt. Die Durchschnittszahlen beziehen sich auf zwei verschiedene Einzelversuche, deren Ergebnisse jedoch nicht nennenswert voneinander abweichen.

Tabelle IV.

Durchschnittliche Gewichtsabnahme von Nadelholzklötzchen durch Einwirkung von *Sirex*-Pilzen bei dreimonatiger Versuchsdauer.

Holzwespenart	Gezüchtet aus	Gewichtsabnahme in %	
		Fichtensplintklötzchen	Kiefernspintklötzchen
<i>Paururus noctilio</i>	Kiefer	4,3	4,2
<i>Paururus juvenens</i>	Fichte	5,7	1,8
<i>Sirex augur</i>	(Fichte?)	13,5	2,0
<i>Sirex augur</i>	(Fichte)	11,1	3,7
<i>Sirex gigas</i>	?	3,2	3,1
<i>Sirex gigas</i>	Fichte	8,9	—

Zum Vergleich mit obigen Zahlen sei die Zerstörungsintensität zweier anderer, bekannter Holzpilze gegeben. Nach Liese (1928) beträgt der Gewichtsverlust von Kiefernspintklötzchen nach viermonatiger Einwirkung von *Trametes pini* 2 %, von *Trametes radiciperda* 4,5—7,6 %. In gleicher Größenordnung bewegen sich die bei *Sirex* und *Paururus* gefundenen Zahlen. Die Gewichtsabnahme zeigt sich noch deutlicher, wenn die Versuchsdauer verlängert wird, wie aus Tabelle V ersichtlich.

Die Gewichtsabnahme der Versuchshölzer ist demnach bei längerer Einwirkung der Pilze ziemlich beträchtlich; sie ist im Grunde genommen noch etwas zu gering angegeben, da die im Holze befindlichen Mycelteile mitgewogen werden müssen. Der Fehler ist allerdings so klein, daß er bedeutungslos ist. Auffallend ist, daß die von mir gezüchteten Pilze der natelholzbewohnenden Siriciden alle Fichtenholz stärker angreifen als Kiefernholz.

Tabelle V.

Gewichtsabnahme von Holzklötzchen durch die Einwirkung von *Sirex*-Pilzen bei 5 monatiger Versuchsdauer.

Holzwespenart	Gezüchtet aus	Gewichtsabnahme in %		
		Fichtensplintklötzchen	Kiefern-splintklötzchen	Pappelklötzchen
<i>Paaururus noctilio</i>	Kiefer	15,0	7,7	—
<i>Paaururus juvenis</i>	Fichte	12,4	5,0	—
<i>Sirex gigas</i>	(Fichte?)	11,7	5,5	—
<i>Tremex fusicornis</i>	Pappel	—	—	48,4

Die Holzklötzchen, deren Gewichtsabnahme durch die Einwirkung der Holzwespenpilze genau bekannt war, wurden das Ausgangsmaterial für die **chemische Untersuchung des durch *Sirex*-Pilze angegriffenen Holzes**, die das Ziel hatte, festzustellen, welche Bestandteile des Holzes von den Pilzen zersetzt werden, gewählt.¹⁾ Aus technischen Gründen wurde ausschließlich der Lignin- und der Zellulosegehalt bestimmt, und zwar von gesunden und verpilzten Klötzchen. Es war dann sehr einfach, die für das verpilzte Holz gefundenen Werte auf das ursprüngliche Gewicht der noch unverpilzten Klötzchen umzurechnen. Dabei wurde darauf geachtet, daß die gesunden Vergleichsklötzchen denselben Baum und dem gleichen Stammabschnitt entstammten wie die für die Verpilzungsversuche verwendeten.

Zur Zellulosebestimmung wurde das Alkohol-Salpetersäureverfahren nach Kürschner angewandt, zur Bestimmung des Ligningehaltes die Schwefelsäuremethode nach König und Becker. Beide Methoden ergeben zwar keine absoluten Werte, sie liefern aber recht gleichmäßige Resultate, daher brauchbare Vergleichswerte. Eine Übersicht über einen Teil der Analysen geben die Tabellen VI—VIII.

Tabelle VI.

Analysen von gesunden und durch *Tremex*-Pilz von Material XI verpilzten Pappelklötzchen. (Gewichtsabnahme 21,6% bei dreimonatiger Versuchsdauer.)

	Gesundes Holz %	Verpilztes Holz	
		errechneter Wert bez. auf das Ausgangsgewicht %	Abnahme %
Alkohol-Benzolextrakt	1,6	2,2	—
Zellulose	50,6	48,7	24,5
Lignin	25,7	24,5	25,3

¹⁾ Die Untersuchungen konnten im chemischen Institut der Forstlichen Hochschule Tharandt unter Anleitung von Herrn Dr. habil. W. Mühlsteph ausgeführt werden.

Eine Fehlerquelle bei der Analyse des verpilzten Holzes bildet das in den Gefäßen befindliche Pilzmycel, das sich nicht völlig ausschalten ließ. Seine Fettbestandteile wurden durch die Alkohol-Benzolextraktion entfernt, die zurückbleibenden Stoffe trüben die Resultate nicht wesentlich.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, bewirkt der untersuchte *Tremex*-Pilz bei Pappelholzklötzchen in der Zeitspanne von drei Monaten einen Verlust von 24,5% ihres ursprünglichen Ligningehaltes. Der Gehalt an alkohol-benzollösliehen Stoffen im verpilzten Holz hat gegenüber gesundem nicht nennenswert zugenommen. Deutlicher noch wird der Abbau von Zellulose und Lignin, wenn stärker zerstörte Klötzchen analysiert werden, wie Tabelle VII zeigt.

Tabelle VII.

Analysen von Pappelholzklötzchen, die durch *Tremex*-Pilz, Material XI, verpilzt sind. (Gewichtsabnahme 48,4% bei fünfmonatiger Einwirkung.)

	%	Errechneter Wert bez. auf d. Ausgangsgewicht	Abnahme %
Zellulose	46,9	24,1	52,2
Lignin	23,9	12,3	51,1

Die Analysen haben demnach gezeigt, daß der *Tremex*-Pilz aus Material XI die Zellulose und das Lignin in Pappelholzklötzchen in etwa gleichem Maße abbaut.

Auch durch die *Paaururus*- und *Sirex*-Pilze wird eine deutliche Abnahme des Zellulose- und Ligningehaltes der Versuchsklötzchen bewirkt.

Tabelle VIII.

Analysen von gesunden und durch *Paaururus*- und *Sirex*-Pilze angegriffenen Fichtensplintholzklötzchen.

	Gewichtsabnahme der Klötzchen %	Zellulose		Lignin	
		reduzierter Wert %	Abnahme %	reduzierter Wert %	Abnahme %
Gesundes Holz	—	53	—	28,1	—
<i>Paaururus noctilio</i>	15	47,1	22,8	27,7	16,3
<i>Paaururus juvenis</i>	12,4	50,2	17	28	12,8
<i>Sirex augur</i>	11,1	51,7	13,2	26,7	15,7
<i>Sirex gigas</i>	11,7	59	1,9	26,7	16

Wie diese wenigen Untersuchungen schon zeigen, greifen auch die Pilze der uadelholzbewohnenden Holzwespen die Zellulose- und die Ligninbestandteile des Holzes an. Sehr wünschenswert wäre es, auch die Veränderungen der übrigen Substanzen des Holzes durch die Einwirkung der Pilze nachzuprüfen; leider war es mir bisher nicht möglich, einen Chemiker für

diese Arbeit zu interessieren. Mir selber kam es zunächst darauf an, nachzuweisen, wie sich die Zellulose und das Lignin des Holzes dem Angriff der Pilze gegenüber verhalten. Daß es W. Müller nicht gelang, die *Sirex*-Pilze auf Holz zu züchten, scheint an unzureichenden Kulturmethoden zu liegen. Seine Angabe, daß das Holz nur oberflächlich von den Pilzhypen überzogen wird, deutet darauf hin, daß die Kulturen zu naß gehalten wurden. Bei Anwendung der Klötzchenmethode dagegen wird dem Holz nur gerade so viel Feuchtigkeit zugeführt, als die Pilzhypen zu ihrem Wachstum benötigen.

Die Tatsache, daß neben Zellulose auch das Lignin des Holzes durch die Pilze abgebaut wird, ferner die Beobachtung, daß das Genagel in den Larvengängen nachträglich wieder von den gleichen Pilzen durchwachsen werden kann, daß dieses Genagel weiter noch andere Pilze beherbergt, deren Eigenschaften noch nicht näher untersucht wurden, machen es unmöglich, auf Grund von **Futterholz- und Fraßmehluntersuchungen** irgend etwas darüber auszusagen, welche Bestandteile des Holzes etwa nun im Darm der Holzwespenlarven verdaut werden. Das Wachstum der das Genagel durchsetzenden Mikroben ganz auszuschalten gelingt selbst dann nicht, wenn das Holz trocken gelagert wird. Auch im luft-trocknen Holz ist das Fraßmehl in den Larvengängen von Pilzmycelien durchzogen und auch Bakterienkeime sind hier regelmäßig aufzufinden, so daß mit einer großen und unkontrollierbaren Fehlerquelle immer gerechnet werden muß. Eine weitere Schwierigkeit bei der chemischen Analyse des Genagels bietet der außerordentliche Feinheitsgrad, zu dem die Holzspänchen in den Larvengängen verschrotet sind. Dieser führt besonders bei der Ligninbestimmung zu unsicheren Werten. Der Hauptgrund aber, weshalb eine vergleichende Untersuchung von Futterholz und Fraßmehl zu keinen verwertbaren Resultaten führen kann, ist die Tatsache, daß es keine konstanten Werte gibt, die eine Umrechnung der bei der Fraßmehlanalyse erhaltenen Zahlen auf die Ausgangsmasse ermöglichen, durch welche allein eine Vergleichung der erhaltenen Werte denkbar ist. Bisher wurde bei ähnlichen Untersuchungen seit Falck meist angenommen, daß eine Ligninverdauung im Darm der holzerstörenden Insektenlarven unter keinen Umständen stattfindet. Der Ligningehalt wurde daher für das Futterholz und das daraus von den Larven hergestellte Fraßmehl als konstant angesehen, die gefundenen Werte wurden auf gleichen Ligningehalt umgerechnet und die so gewonnenen Zahlen verglichen. Wenn, wie es bei den Holzwespen der Fall ist, das Insekt mit ligninzerstörenden Pilzen vergesellschaftet ist, fällt diese Möglichkeit, die Futterholz- und Genagelanalyse auf den gleichen Nenner zu bringen, fort. Ebenso kann man den Alkohol-Benzolextrakt nicht als konstante Größe betrachten und auch der Aschengehalt muß als veränderlich angesehen werden. Gleichfalls fast unmöglich ist bei *Sirex* eine mengenmäßige Vergleichung von Futterholz und Genagel, da es äußerst schwierig ist, festzustellen, wieviel

Fraßmehl eine bestimmte Gewichtsmenge Futterholz liefert. Auch die Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit Hilfe der pyknometrischen Methode führte zu keinen greifbaren Resultaten. Das spezifische Gewicht von Futterholz und Fraßmehl schwankt in der zweiten Dezimale um den Wert 1,5. Die Schwankungen fallen durchaus in die Fehlergrenzen.

Unter diesen Gesichtspunkten ist es notwendig, die Futterholz- und Kotanalysen, die Wolfgang Müller bei *Sirex gigas* und *Sirex pharotoma* vorgenommen hat, einer kritischen Besprechung zu unterziehen. Müller hat bei seiner Vergleichung den gleichen Ligningehalt bei Futterholz und Genagel vorausgesetzt und die bei der Analyse gewonnenen Zahlen auf den gleichen Ligninwert umgerechnet. Wenn diese Voraussetzung durch die Erkenntnis, daß die Holzwespen mit Ligninzerstörern vergesellschaftet sind, die auch das Genagel wieder durchsetzen können, hinfällig wird, so ist auch die Folgerung Müllers, daß im Darm der *Sirex* eine Zelluloseverdauung stattfinden müsse, als Ergebnis dieser Analysen nicht haltbar.

Da keine Möglichkeit einer zahlenmäßigen Auswertung der Analysen besteht, und da die Fehlerquellen einer solchen Untersuchung ungeheuer groß sind, möchte ich von der Veröffentlichung meiner Analysen von Futterholz und Fraßmehl absehen. Es sei nur in bezug auf die Unterschiede von gesundem Holz gegenüber *Sirex*holz hier erwähnt, daß bei dem Futterholz von *Sirex gigas* und *Paururus juvenens* keine nennenswerten Unterschiede in der Zusammensetzung gegenüber gesundem Holz gefunden werden konnten. Die geringen Abweichungen fallen in die Fehlergrenzen und in die Amplitude individuell verschiedener Zusammensetzung verschiedener Hölzer der gleichen Art. Bei dem stark verpilzten, von *Tremex fuscaicornis* befallenen Pappelholz dagegen konnte ein deutlicher Verlust an Zellulose und eine schwache Anreicherung von Lignin gegenüber gesundem Pappelholz festgestellt werden.

Da, wie dargelegt, eine Analyse von Futterholz und Genagel der Holzwespen keinen Schluß darauf zuläßt, welche Bestandteile des Holzes im Larvendarm verdaut werden, waren zur Lösung dieser Frage **Verdaunungsversuche mit Larvendarmsaft** notwendig. Dabei wurde die schon von vielen anderen Autoren angewandte Methode, den aus den Larverdärmen gewonnenen Verdauungssaft auf verschiedene Testsubstanzen einwirken zu lassen, benutzt. Es standen mir zu diesen Versuchen Larven von *Paururus juvenens* und *Tremex fuscaicornis* in beschränkter Zahl zur Verfügung. Der Darmsaft wurde den aufgeschnittenen Därmen der Larven mit einer feinen Pipette entnommen und mit einer Spur Thymol versetzt auf die zu untersuchenden Objekte gespritzt, die sodann bei Zimmertemperatur mehrere Tage lang in feuchter Kammer beobachtet wurden. Als Testobjekte wurden Zellwände von jungem Salat, Dattelendosperm sowie dünne Schnitte durch Fichten- und Pappelholz gewählt. Auch Schnitte von verpilztem Fichten- und Pappelholz wurden dem

Verdaunungssaft der Larven ausgesetzt, da immerhin die Möglichkeit bestand, daß die Pilze das Holz seiner Inkrusten und anderer für Insekten unverdaulicher Stoffe entkleiden und es so den Verdauungssäften der Holzwespenlarven zugänglich machen könnten.

Das Ergebnis der Versuche war für *Paururus juvenicus* und *Tremex fuscicornis* durchaus das gleiche: Salatzellwände (Zellulose) und Dattelosperm, (Hemizellulose), wurden nicht angegriffen, bei gesundem Holz ließen sich keine Veränderungen feststellen und auch das völlig verpilzte Holz, dessen Zellwände bereits weitgehend zersetzt waren, wurde nicht im mindesten morphologisch verändert. Dagegen wurde das Mycel in den verpilzten Holzschichten in auffallender Weise sehr rasch und restlos verdaut. Im Verlaufe von einer Stunde waren die Inhaltsstoffe der Hyphen verschwunden und überraschenderweise wurden im weiteren Verlauf der Versuche auch die Hyphenwände zersetzt, sie blieben jedoch als flockige Masse noch nachweisbar. Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei *Xeris spectrum* zu liegen. Leider war das mir zur Verfügung stehende Larvenmaterial nicht ausreichend, eingehendere Versuche damit anzustellen.

Obwohl die Verdauungsversuche mit verhältnismäßig wenigem Material durchgeführt wurden, vermitteln sie doch den Eindruck, daß unsere Holzwespen die Holzsubstanz als solche nicht ausnutzen, sondern daß sie sich wie es auch von anderen holzerstörenden Insekten bekannt ist, vorwiegend von den Inhaltsstoffen der Holzzellen ernähren, daß sie aber, falls ihnen in diesem Holze Pilzhyphen zur Verfügung stehen, diese als Nahrungsquelle ausnutzen.

Die Ergebnisse der Versuche über die Eigenschaften der vergesellschafteten Pilze und die Eigenschaften des Darmsaftes der Holzwespen liefern zweifellos Anhaltspunkte zur **Beurteilung des Zusammenlebens von Holzwespen und Pilzen**, wenn auch noch keine eindeutige Lösung des Symbioseproblems möglich ist.

Die Pilze in den Intersegmentaltaschen der Holzwespen sind keine für Insekten pathogene Parasiten. Sie bewohnen schleimgefüllte Eimbuchtungen der Oberhaut ihrer Wirte, ohne von dort aus auf die Körperzellen überzugreifen. Wie schon dargelegt, sterben die Oidien in den Pilztaschen mit dem Tode ihres Wirtes ab und Larven können sich in stark verpilztem Holz sehr wohl befinden. Die jungen Holzwespen, die mitunter völlig von schnallentragenden Pilzen überwuchert tot in ihren Puppenwiegen oder in ihrem Gang ins Freie aufzufinden sind, sind keinesfalls von diesen Pilzen getötet worden. Nach meinen Beobachtungen handelt es sich dabei wahrscheinlich um Holzwespen, die in einem besonders empfindlichen Entwicklungsstadium von einer plötzlichen Übermässung des Holzes überrascht worden sind und, da die Gänge der Holzwespen ein Sammelfort überschüssigen Wassers sind, an Luftmangel zugrunde gegangen sind. Im Holz verpilzte Larven und Imagines sind

mitunter in Stubben anzutreffen, in die das Regenwasser leicht eindringen kann oder in anderen sehr feucht gelagerten Hölzern. Die toten Körper sind dabei vorwiegend oberflächlich von dem Mycel überzogen.¹⁾

Es scheint sich bei dem Zusammenleben von Holzwespen mit Pilzen nach meinen Beobachtungen um eine Erscheinung zu handeln, die für Wespe und Pilz biologisch-ökologische Bedeutung hat.

In bezug auf ihr Verhältnis zu Pilzen können die Holzwespen in drei Gruppen eingeteilt werden.

1. *Xeris* (mit der einzigen Art *X. spectrum*), bei welcher keine Bindung zwischen Wespe und Pilzen vorliegt,
2. die Arten der Gattungen *Sirez* und *Paururus*, die im Nadelholz leben, das im allgemeinen nur spärlich von schnallentragenden Pilzhyphen durchzogen ist,
3. *Tremex* (*T. fuscicornis*, vermutlich auch *T. magus*), die in stark verpilztem Laubholz leben.

Die Larven von *Xeris spectrum* scheinen sich nach Beobachtungen von Prell und Baer in frischerem, saftreicherem Holze zu entwickeln als die übrigen Holzwespenlarven, da *Xeris* aus verbaulichem Holz bisher noch nicht bekannt ist. Dafür spricht auch die Tatsache, daß *Xeris* mit *Ceratostomella pini*, die zu ihrer Entwicklung frisches, saftreiches Holz braucht, zusammen vorgefunden wurde. Die von den Larven zufällig gefressenen Mycelien der zufällig im Holze wuchernden Pilze werden zweifellos für die Ernährung der Larven ausgenutzt. Wahrscheinlich stehen den Larven in dem saftreicheren Holze mehr verdauliche Inhaltsstoffe zur Verfügung als in trockenem.

Bei *Paururus* und *Sirez* scheint es zunächst sehr unwahrscheinlich, daß die wenigen, die befallenen Hölzer durchwachsenden Hyphen eine merkliche Erhöhung der verdaulichen Bestandteile des Holzes darstellen sollten. Buchner mutmaßt, wie schon eingangs erwähnt, daß hier die Symbiose in der Weise verwirklicht ist, daß die Larven sich die Enzyme der Pilze zur Holzverdauung nutzbar machen. Der Ausfall der Verdauungsversuche ergab nichts, was diese Buchnersche Hypothese stützen könnte. Um die Frage zu erklären, ob und wie weit Pilze bei der Ernährung der Arten der Gattungen *Sirez* und *Paururus* eine Rolle spielen, wären vergleichende Untersuchungen über die Entwicklung der *Sirez*larven in stärker oder schwächer verpilztem Holz notwendig. Diese Versuche sind insofern möglich, als sich das Wachstum der Pilze durch feuchtere oder trockenere Lagerung des Holzes beeinflussen läßt, sie sind aber sehr schwierig und nur mit Hilfe komplizierter Apparate ausführbar, da sich die Feuchtigkeit im Holze schwer regulieren und sich das Pilzwachstum schwer kontrollieren läßt. Es wären dazu Räume notwendig,

¹⁾ Nach meinen Beobachtungen kann ich die Ansicht Cartwrights, daß unter bestimmten Feuchtigkeitsbedingungen die *Sirez*-Pilze für Insekten unmittelbar pathogen wirken können, nicht teilen.

die eine konstante Feuchtigkeit und eine konstante Temperatur aufweisen. Eigene, mit einfachen Hilfsmitteln angestellte Versuche darüber, ob die ja sehr variable Körpergröße und die offenbar ebenso variable Entwicklungsdauer der Holzwespenlarven von der Entwicklung der begleitenden Pilze im Holze abhängig sind, haben bisher zu keinem Ergebnis geführt. Sichere Unterschiede in der Ganglänge von Larven, die in pilzreicherem und pilzärmerem Holze minieren, konnten nicht gefunden werden. Weitere Versuche in dieser Richtung wären sehr erwünscht und lohnend.

Bei *Tremex* liegen die Verhältnisse klarer. Die Larve lebt hier in einem so stark verpilzten, mit Mycelteilen vollgestopftem Holz, daß der Pilz als Nahrungsfaktor doch offensichtlich stark ins Gewicht fällt. Obwohl *Tremex* wie alle übrigen Holzwespenlarven die Larvengänge nicht frei von Holzspänen hält, sondern sein Genagel hinter sich fest in die Gänge preßt und diese ausfüllt, kann man fast von einer Art Ambrosiazucht sprechen, da Mycelteile der äußerst raschwüchsigen Pilze in die Larvengänge einwuchern können und dort von den Larven abgeweidet werden. Abb. 18 zeigt eine Larve von *Tremex fuscicornis* in Nußbaum. Am Kopfende der Larve liegt ein dichtes Mycelflöckchen, das zerpfückt und kultiviert, das typische Mycel des *Polyporus imberbis* ergab. Das Vorkommen von Mycelteilen in den Larvenwiegen ist allerdings nicht immer so deutlich zu erkennen; die Aufnahme wurde im Februar gemacht, also zu einer Zeit, wo fast alle Holzpilze stark wachsen — auch *Polyporus imberbis* fruktifiziert wie viele andere Holzpilze im Winter —, während die Lebensfähigkeit der Holzwespenlarven stark herabgesetzt ist. Die Annahme, daß Holzpilze bei der Ernährung der *Tremex*-Larven eine Rolle spielen, wird auch noch durch die Tatsache gestützt, daß die Länge der Larvengänge beispielsweise in verpilztem Pappelholz mit durchschnittlich 18 cm hinter der von *Paururus* und *Sirex*, von welchen Larvengänge von durchschnittlich 28—32 cm gemessen wurden, zurückstand, während die geschlüpften Tiere von etwa gleicher Größe waren. Die Larven von *Tremex fuscicornis* ent-

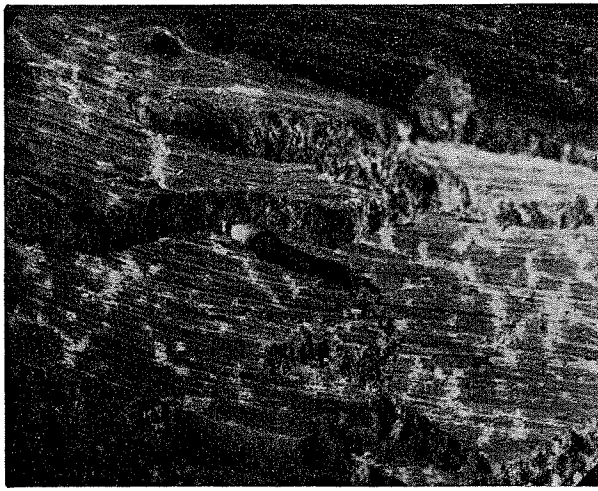


Abb. 18. Larve von *Tremex fuscicornis* in durch *Polyporus imberbis* verpilztem Nußbaumholz. $\frac{2}{3}$ nat. Größe. Aufgenommen im Februar.

wickeln sich nach meinen Beobachtungen in einem bis zwei Jahren, während von den nadelholzbewohnenden Holzwespen eine Entwicklungszeit von bis zu neun Jahren angegeben wird. Alle diese Beobachtungen deuten darauf hin, daß den Larven von *Tremex* ein gehaltvolleres Futter zur Verfügung steht als den Larven von *Paururus* und *Sirex*, und zwar in so auffallender Weise, daß sich dieses Mehr an Nährstoffen nicht nur durch etwa verschiedenen Gehalt an verdaulichen Stoffen in Nadel- und Laubholz erklären läßt. Da auch von *Tremex magnus* Angaben in der Literatur bestehen, nach denen die Larven in vermorschtem Holze leben und da die anatomischen Verhältnisse ähnlich liegen wie bei *Tremex fuscicornis* ist anzunehmen, daß auch diese Art als Pilzfresser zu bewerten ist.

Die Annahme, daß die Holzwespenlarven Pilzhyphen als Nahrungsquelle ausnutzen, würde auch das von Aß und Funtikow beschriebene Rückfressen der Larven von *Paururus juveneus* im eigenen Genagel, das auch von mir mitunter bei *Paururus* und *Tremex* beobachtet werden konnte, erklären, ebenso das Querrfressen durch das Genagel älterer fremder Larvengänge, wie es bei *Tremex fuscicornis* häufig zu finden ist (vgl. Abb. 18). Die Larven bewerten dabei vermutlich das sich unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen in dem Genagel entwickelnde Pilzmycel als eine leicht zu erreichende Nahrungsquelle. Nach meinen Beobachtungen bei *Paururus juveneus* scheint dieses Rückfressen im eigenen Genagel häufiger in feuchter gelagertem Holz vorzukommen als in trockener aufbewahrt (Versuche mit Material IV), doch sind diese Beobachtungen zu wenig umfangreich, als daß sie sichere Schlüsse auf Zusammenhänge zwischen feuchter Lagerung des Holzes und der Erscheinung des Rückfressens der Larven im eigenen Genagel zulassen.

Ob bei der Lebensgemeinschaft zwischen Holzwespen und holzzerstörenden Pilzen auch gegenseitige Wasserversorgung eine gewisse Rolle spielt, läßt sich noch nicht beurteilen. Bei *Tremex*-Holz könnten die raschwüchsigen Pilze durch starke Wasserabscheidung auf die Feuchtigkeit des Substrates einen gewissen Einfluß haben, sie könnten den Larven neben fester Nahrung auch Wasser zukommen lassen. Bei *Paururus*- und *Sirex*-Material gewinnt man dagegen eher den Eindruck, als ob den Pilzen die Feuchtigkeit in der Umgebung der Larvenvorgänge von Vorteil wäre, denn auch in völlig lufttrockenem Holz, in dem das Wachstum der Pilze weitgehend unterbunden ist, findet die Einwucherung der Hyphen in die Schleimtasche der Imagines mit Sicherheit statt.

Nach allem scheint jedenfalls kein Zweifel darüber vorzuliegen, daß wir es bei der Lebensgemeinschaft zwischen Holzwespen und Pilzen tatsächlich mit einer, allerdings in bezug auf die Pilzart sehr lockeren Symbiose zu tun haben, deren Auswirkung für das Insekt bei *Paururus* und *Sirex* noch nicht völlig geklärt ist, die jedoch bei *Tremex* deutlich als Ernährungssymbiose zu erkennen ist.

Die Entwicklung einer solchen Symbiose ist dadurch möglich, daß Holzwespen und holzzerstörende Pilze den gleichen Lebensraum bestiedeln.

Die Holzzerstörer unter den Hymenomyceten sind im Grunde genommen niemals echte Baumparasiten, denn sie leben ausschließlich von totem Holzgewebe. Münch hat die pathogenen, oder vielmehr „nekrogenen“ Hymenomyceten sehr treffend als „Perthophyten“ bezeichnet. Die holzzerstörenden Hymenomyceten lassen sich nach ihrem biologischen Verhalten ganz grob in drei Gruppen einteilen. Einmal gibt es Pilze, die zu ihrer normalen Entwicklung lebendes Gewebe selber töten müssen, um es dann zu befallen. Sie werden von Münch als „obligate Perthophyten“ bezeichnet. Weiter gibt es Hymenomyceten, die in tote Baumteile eindringen, hier ein kräftiges Mycel entwickeln, welches nun auch gesunde Baumteile zum Absterben bringen kann. Es sind dieses die „fakultativen Perthophyten“, deren Wirksamkeit so vorzustellen ist, daß den Spitzen der im toten Holze wuchernden Hyphen gewisse von diesen abgedehnte Stoffe vorausdiffundieren, welche gesunde Zellen töten können, wonach der Pilz auch diese Zellen befallen kann. Besonders rasch breiten sich diese Pilze in schon durch andere Ursachen irgendwie geschwächten Bäumen aus. In diese Gruppe dürfte die Mehrzahl der holzzerstörenden Hymenomyceten zu stellen sein. Endlich gibt es noch eine Reihe von holzzerstörenden Hymenomyceten, die ausschließlich totes Holz angreifen, also rein saprophytisch leben. Die Grenzen zwischen den einzelnen Gruppen lassen sich bei dieser groben Einteilung nicht immer deutlich ziehen.

Holzwespen befallen im allgemeinen kein gesundes Holz, sondern irgendwie geschwächte, bereits absterbende Bäume oder Baumteile. Sie legen ihre Eier in austrocknende Schälstellen, in absterbende Äste, in windgebrochene oder windgeworfene Stämme, in Bäume, deren Rinde durch Bodenfeuer beschädigt wurde, die durch irgendwelche Wurzelpilze geschwächt worden sind oder in Stämme, die durch irgendwelche anderen Ursachen absterben. Das Holz, das von den Holzwespen zur Eiablage aufgesucht wird, befindet sich in einem Zustand, in dem es auch zum Befall durch holzzerstörende Hymenomyceten, insonderheit zu den Pilzen, die zu den „fakultativen Perthophyten“ gehören, neigt. Auch der genannte *Trametes odorata* gehört zu denjenigen Pilzen, die an den Stellen, wo der tote Holzkörper zutage tritt, also an Astbrüchen, Schälstellen usw. in den Baum eindringt und von dort aus den Baum töten kann. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch die übrigen, die Holzwespen begleitenden Pilze in die gleiche Gruppe der holzzerstörenden Pilze einzureihen sind. Infektionsversuche mit *Sirex*-Pilzen am stehenden, irgendwie geschwächten Stamm sind bisher noch nicht gemacht worden, wären aber sehr erwünscht. Jedenfalls ist es denkbar, daß Pilze, die den gleichen Lebensraum bestiedeln wie holzzerstörende Insekten, sich mit diesen Insekten vergesellschafteten können, wenn ihnen Gelegenheit dazu geboten wird.

Diese Gelegenheit finden die holzzerstörenden Pilze bei den weiblichen Imagines der Holzwespen in den schleimgefüllten Intersegmentaltaschen, deren Deutung als „spezifische, in der Symbiose entstandene Organe“, wie Müller sehr richtig bemerkt, durchaus nicht zwingend ist. Die **mutmaßliche biologische Bedeutung dieser Schleimtaschen** für das Insekt soll zunächst kurz besprochen werden.

Wenn man die Verhältnisse bei *Xeris spectrum* als die ursprünglichen ansehen will, so wären die Intersegmentalorgane nicht als typische Symbioseorgane angelegt, sondern sie hätten ursprünglich andere Aufgaben zu erfüllen gehabt. Am meisten Wahrscheinlichkeit hat die Annahme, daß die Kolbendrüsen als „Schmierdrüsen“ zu bewerten sind, die ein Sekret liefern, das die beim Bohrakt entstehenden Reibungen zwischen dem 10. Sternit, dem Hypopygium und der Vorderseite der Stechborstenbasis verhindern soll, während die eingangs erwähnte unpaare große Drüse, deren enge Ausführröhre sich oberhalb des „Gabelbeines“ befindet, mehr das Schmiersekret für die Stachelteile liefert, welches vielleicht auch das Gleiten der Stachelteile im Holz erleichtert und das wahrscheinlich sogar direkt bei der Ablage des Eies beteiligt ist, als durch den Druck des Sekretes das Ei durch den Stachel hindurchgetrieben wird. Daß in dieser Weise Sekrete bei der Eiablage der Hymenopteren beteiligt sein könnten, mutmaßt auch schon Bischoff. Zweifelloso ist der Druck, den das Sekret der unpaaren Schleimdrüse ausüben kann, erheblich, da es aus einer Drüsenblase mit sehr großer Oberfläche durch einen auffallend engen Ausführgang gepreßt wird. Beim Legeakt muß durch die seitlich stark zusammengedrückte Stellung der Abdomens (vgl. Abb. 9) ein ziemlich starker Druck auf die Drüse ausgeübt werden.

Wir sind nach dem Dargelegten berechtigt, die Intersegmentalorgane der weiblichen Holzwespen als Organe zu deuten, die ursprünglich als Schmierorgane für die basalen Stachelteile angelegt sind, sich aber als Symbioseorgane entwickelt haben. Diese Entwicklung war möglich, weil das von den Kolbendrüsen abgeschiedene Sekret gewiss Holzpilzen ein günstiges Nährsubstrat darstellt, und weil die Intersegmentaltaschen, die das Sekret aufnehmen, den Pilzen eine ungestörte Entwicklungsmöglichkeit bieten. Diese Intersegmentaltaschen sind bei *Paurovirus* und *Sirex* stärker ausgebildet als bei der pilzfreien *Xeris spectrum*, sie haben bei der Laubholzgattung *Tremex* ihre höchste Ausbildung erfahren. Es mag dabei dahingestellt bleiben, ob sich diese Intersegmentaltaschen unter dem Einfluß der Symbiose ausgebildet haben oder ob die Ausbildung von geräumigen Intersegmentaltaschen als Sekretbehälter die Entwicklung einer festen Symbiose möglich machte.

Daß die Symbiose der Holzwespen mit holzzerstörenden Pilzen noch als ziemlich junge zu bewerten ist, läßt sich aus der Tatsache schließen, daß die einzelnen Holzwespenarten nicht unbedingt fest an einen bestimmten Pilz gebunden sind. Diese Erscheinung scheint mit der Poly-

phagie der Holzwespen zusammenzuhängen, da, wie dargelegt, auffälligerweise dann ungewöhnliche Pilze mit den Holzwespen vergesellschaftet waren, wenn diese Wespen für sie ungewöhnliche Holzarten (*Paururus* in Tanne, *Tremex* in Nußbaum) befallen hatten.

Der Vorteil, der den begleitenden Pilzen bei der Symbiose gewährt wird, besteht in einer Übertragung der Oidien in neue Wirtspflanzen. Eine solche Übertragungsweise macht die Bildung von Fruchtkörpern überflüssig. Es ist demnach nicht unwahrscheinlich, daß durch eine dauernde vegetative Vermehrung den eigentlichen *Sirex*-Pilzen die Fähigkeit zur Fruchtkörperbildung verlorengegangen ist, während nur den Holzwespen gelegentlich vergesellschaftete Pilze diese Fähigkeit noch nicht eingebüßt haben.

Die **praktische Bedeutung der Symbiose** der Holzwespen mit holzerstörenden Pilzen ist nicht unbedeutend. Bisher wurden die Holzwespen als rein mechanisch wirksame Schädlinge angesehen, die ihren Wirtsbaum einzig durch die Miniertätigkeit ihrer Larven schädigen und die das Holz als solches nicht erheblich entwerten.

Daß durch die Übertragung von holzerstörenden Pilzen in Wunden und absterbende Baumteile dem befallenen Baum erheblicher physiologischer Schaden zugefügt werden kann, steht außer allem Zweifel, auch wenn die Frage, ob es sich hier im allgemeinen um Pilze handelt, die gelegentlich auch lebendes Gewebe des befallenen Baumes zum Absterben bringen können, noch offen gelassen wird.

Das von Holzwespen befallene Nadelholz wird oft, da die Larvengänge, die mit Bohrmehl fest vollgestopft sind, auf den Schnittflächen kaum zu erkennen sind und da es im allgemeinen für gesund gehalten wird, zu Tischlereizwecken verwendet oder auch verbaut. Dieses wurde um so mehr für unbedenklich gehalten, als das Holz durch die zumeist nicht übermäßig zahlreich vorhandenen Larvengänge kaum in seiner Tragfähigkeit gemindert wird und als die aus dem verarbeiteten Holz etwa noch ausfliegenden Holzwespen an diesem Holz nicht wieder zur Eiablage schreiten. In einer neueren Veröffentlichung macht Knuchel allerdings darauf aufmerksam, daß mitunter Fäulniserscheinungen an verbauten *Sirex*-Holz beobachtet werden können. Er bringt diese Erscheinung damit in Zusammenhang, daß „durch die Fluglöcher Feuchtigkeit ins Innere des Holzes dringt und dort Fäulnis verursacht“. Nach der Feststellung, daß die Holzwespen der Gattungen *Sirex* und *Paururus* mit holzerstörenden Pilzen zusammenleben, die sich in der Form von Oidien auch im austrockneten Holz noch längere Zeit am Leben erhalten können, muß gesagt sein, daß bei verbaumtem Holzwespenholz zunächst immer die Gefahr der Fäulnis gegeben sein wird, wenn dieses Holz einer Feuchtigkeit ausgesetzt ist, die den *Sirex*-Pilzen Entwicklungsmöglichkeiten gibt. Daß die *Sirex*-Pilze bisher in dem „verfaulten“ Holzwespenholz noch nicht aufgefunden wurden, mag damit zusammenhängen, daß sie keine Fruchtkörper

bilden und somit schwer zu identifizieren sind. Besonders gefährdet ist das in Bergwerken oder Kellern eingebaute Holzwespenholz. An derart der Feuchtigkeit ausgesetzten Stellen wäre das Einbauen von unimprägniertem oder ungenügend imprägniertem Holzwespenholz auf alle Fälle zu vermeiden. Ein einfacher Imprägnieranstrich dürfte dabei unwirksam sein, nur ein in die Tiefe gehendes Verfahren, welches die Oidien im Holze tötet, dürfte einen sicheren Schutz vor späterer Fäule bieten. §

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Bei den *Sirex*iden leben die Angehörigen der Gattungen *Sirex*, *Paururus* und *Tremex*, nicht aber die der Gattung *Xeris* (*Xeris spectrum*) in fester Gemeinschaft mit Pilzen. Oidien dieser Pilze finden sich bei den pilzführenden Arten in spezifischen Intersegmentalorganen, welche sich als ursprüngliche „Schmierorgane“ deuten lassen. Die Pilze bilden in Kultur im allgemeinen keine Fruchtkörper, ihren Eigenschaften nach sind sie zu den holzerstörenden Hymenomyceten zu stellen. Nicht immer ist die gleiche Holzwespenart mit dem gleichen Pilz vergesellschaftet. Beim Legenakt wird dem abgelegten Ei oidienhaltiger Schleim beigegeben. Die Füllung der Intersegmentaltaschen weiblicher Imagines geschieht durch Einwanderung der Pilze von den Wänden der Puppenwiege aus.

Eine Zelluloseverdauung konnte bei den Holzwespenlarven nicht nachgewiesen werden, wohl aber werden Pilzhyphe schnell und fast restlos verdaut. Bei den pilzführenden *Sirex*iden scheint eine Symbiose mit holzerstörenden Hymenomyceten vorzuliegen, deren Auswirkung bei *Paururus* und *Sirex* noch nicht klar zu erkennen ist, die aber bei *Tremex* die Bedeutung einer primitiven Ambrosiazucht zu haben scheint.

Die Holzwespen entwerten ihr Wirtsholz nicht nur durch ihre Larvengänge, sondern auch durch die Übertragung holzerstörender Pilze in das Brutholz.

Literatur.

- Ab, M., und Funtikow, G., Über die Biologie und technische Bedeutung der Holzwespen. Ztschr. f. angew. Entomol. Bd. 19, 1932, S. 557—577.
 Bavendamm, W., Neue Untersuchungen über die Lebensbedingungen holzerstörender Pilze. Centralbl. f. Bakt. Abt. II, 75 u. 76, 1928, S. 426—533, 172—227.
 — Erkennen, Nachweis und Kultur der holzverfärbenden und holzzerstörenden Pilze. In: Abderhalden, Handbuch der biol. Arbeitsmethoden Abt. XII, T. 2, S. 927—1134, 1936.
 Berlese, A., Gli Insetti. Milano 1909, S. 304.
 Bischoff, H., Die Biologie der Hymenopteren. Berlin 1927.
 Brauns, S., Über *Sirex fuscicornis*. Ent. Nachr. III, Stettin 1881.
 Briant, A. K., Insect Pests and Fungus diseases. Rep. agric. Dep. St. Vincent 1934, S. 2—3.
 Buchner, P., Holznahrung und Symbiose. Berlin 1928. 64 S.
 — Ergebnisse der Symbioseforschung I. In: Ergebnisse der Biologie IV, S. 2 bis 125. Berlin 1928.
 Burmeister, Handbuch der Entomologie. XXVII, fig. 10, S. 190.

- Campbell, G. C., Die Chemie der Weißfäule von Holz. *Biochim. Journ.* **24**, 1930, S. 1235—1243, **25**, 1931, S. 2023—2027, **26**, 1932, S. 1629—1838.
- The chemical Aspect of the Destruction of Oak wood by Powder-Post and Death watech Beetles, *Lycetus* spp. and *Xestobium* sp. *Biochem. Journ.* Bd. 23, 1929, S. 1290—1293.
- Cartwright, K. St., G., A further Note on Fungus Association in the Sirexidae. *Ann. appl. Biol.* **25**, 1938, S. 430—432¹⁾.
- Chrystal, R. N., The Sirex Wood Wasps and their Importance in Forestry. *Bull. of Ent. Research* **XIX**, Teil 3, London 1928, S. 219—249.
- Cummins, I. E., and Wilson, H. B., The Starch Content of some Australian Hardwoods in Relation to their Susceptibility to Attack by the Powder Post Borer *Lycetus brunneus* Stephens. *Journ. Coun. Sci. Industr. Res.* Aust. 8, Nr. 2, S. 101—110.
- Dahibom et Sichel, Remarques sur quelques espèces européennes du genre Sirex. *Bull. de la Soc. Entom. de Fr.* **7**, Ser. 3, S. 83—84.
- Enslin, E., Die Blatt- und Holzwespen. In: Die Insekten Mitteleuropas insbesondere Deutschlands Bd. III. Berlin 1913.
- Falck, R., und Haug, W., Der Lignin- und Celluloseabbau des Holzes, zwei verschiedene Zersetzungsprozesse durch holzbewohnende Fadenpilze. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **60**, 1927, S. 225.
- Falck, R., Die Scheindestruktion des Kiefernholzes durch die Larven des Hausbockes *Hytotrupes bojatus*. *Cellulosechemie* **11**, 1930, S. 89.
- Die Scheindestruktion des Koniferenholzes durch die Larve von *Anobium*. *Cellulosechemie* **11**, 1930, S. 128.
- Fischer, E., und Gäumann, E., Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Jena 1929.
- Hägglund, E., Holzchemie. Leipzig 1928.
- Hartig, Th., Die Aderflügler Deutschlands, I. Berlin 1837.
- Knuchel, H., Holzfehler. Bern 1934. S. 98.
- König, J., und Becker, E., die Bestandteile des Holzes und ihre wirtschaftliche Bedeutung. *Ztschr. f. angew. Chem.* **52**, 1919, S. 156.
- Kürschner, K., und Hoffer, E., *Chem. Ztg.* **55**, 161—182.
- Liese, J., Verhalten holzzerstörender Pilze gegenüber verschiedenen Holzarten und Giftstoffen. *Ztschr. f. angew. Botanik* **10**, 1928, S. 156—170.
- Liese, Nowak und Rabanus, Toximetrische Bestimmung von Holzkonservierungsmitteln. Zusammenfassender Bericht über die Ergebnisse der im Auftrage der Internationalen Konferenz (Berlin 1930) durchgeführten Arbeiten. *Beih. Ztschr. Ver. Dtsch. Chem.* Nr. 11, Berlin W 35, 1935, S. 1—18.
- Müller, W., Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakterien. *Arch. f. Microbiol.* **5**, 1934, S. 84—146.
- Münch, E., Die Blaufäule des Nadelholzes. *Naturw. Ztschr. f. Land- u. Forstw.* **5** u. **6**, 1907 u. 1908, 85 S.
- Untersuchungen über die Immunität und Krankheitsanfälligkeit der Holzpflanzen. *Diss. München* 1908. 81 S.
- Über einige Grundbegriffe der Phytopathologie. *Ztschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz* **39**, 1929, S. 276—286.
- Mansour, K., und Mansour-Beck, J., Zur Frage der Holzverdaunung durch Insektenlarven. *Proceed. Sect. of Sciences* **36**, 1933, S. 795—799.
- Ripper, W., Zur Frage des Zelluloseabbaues bei der Holzverdaunung xylophager Insekten. *Ztschr. f. wiss. Biol.* **13**, 1931, S. 314—333.
- Ratzeburg, J., Th., Chr., Die Forstinsekten. Teil III. Berlin 1844.
- Scheidter, F., Zur Lebensweise unsrer Holzwespen. *Ztschr. f. Schädlingsbek.* **1**, 1923, S. 89—98.
- Zander, E., Beiträge zur Morphologie des Stachelapparates der Hymenopteren. *Ztschr. f. wiss. Zool.* **66**, 1899, S. 289—333.

¹⁾ Nur in der Besprechung in *Rev. of appl. Ent.* **26**, 1938, S. 632 vorliegend.

Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Bienen.

IV. Teil: Die Wirkung von Derris auf die Bienen.*)

Von

Friedrich Karl Böttcher.

(Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle.)

Inhalt.

A. Fragestellung	Seite
B. Laboratoriumsversuche	682
I. Derris als Atemgift	682
II. Derris als Darngift	682
III. Derris als Berührungsgift	683
IV. Vergiftungsversuche mit Derris an einzelnen Bienen innerhalb des Stockverbandes	686
V. Die Vergiftungserscheinungen	688
C. Kleinversuche	690
a) Versuche mit Derris als Staubmittel	690
b) Versuche mit Derris als Spritzmittel	691
D. Großversuche	694
a) Versuche mit Derris als Staubmittel	697
b) Versuche mit Derris als Spritzmittel	698
E. Zusammenfassung der Ergebnisse	698
Literatur	701

* Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht in Erlangen begonnen.