

nämlich 38 Arten, traten in allen drei bzw. in zwei Probestellen auf, was für eine weitgehende Gleichartigkeit der Vegetation der Bestände spricht.

Als besonders kennzeichnend für den untersuchten Wald müssen zunächst die zahlenmäßig stark hervortretenden Holzpilze gelten, die die zahlreichen Stümpfe und umherliegenden Äste besiedeln. Unter ihnen tritt mit hoher Stetigkeit *Poria versipora* auf, die nach Kreisel (1961) besonders die Hainbuche befällt. Unter den Bodenpilzen spielen zunächst die Eichenbegleiter wie *Lactarius quietus*, *L. seriffuus*, *Russula sororia* und *R. brunneoviolacea* eine bedeutende Rolle. Für den untersuchten Wald sehr typische Pilze stellen überdies die beiden Lactarien *circellatus* und *decipiens* dar, die nach Neuhoff (1956) im Eichen-Hainbuchenwald ihre Hauptverbreitung besitzen. Als letzte Gruppe in diesem Zusammenhang seien Pilze erwähnt, die nährstoffreichere Böden bevorzugen, z. B. *Russula cyanoxantha*, *Inocybe asterospora*, *Tricholoma scalpturatum* und wohl auch *Laccaria laccata* sowie *Clitocybe infundibuliformis*.

Nur wenig Bedeutung für die Charakterisierung der Pilzflora des „Großen Busches“ besitzen zahlreiche weitere Arten (z. B. *Russula ochroleuca*, *Mycena sanguinolenta*, *M. galopoda*, *Collybia dryophila*), die zu einem Teil sehr weit verbreitet sind, zum anderen den Schwerpunkt ihrer Verbreitung in anderen Waldgesellschaften besitzen.

Literatur:

- Gerschler, I.: Vergleichend-ökologische Untersuchungen an Großpilz-Standorten der Dresdener Heide. Zeitschrift f. Pilzk., Bd. 25, 1959, Heft 3/4, Bad Heilbrunn 1959.
- Haas, H.: Die Pilzflora der Tannenmischwälder an der Muschelkalk-Buntsandstein-Grenze des Ostschwarzwaldes. Zeitschr. f. Pilzk., Bd. 24, Heft 3/4, Bad Heilbrunn 1958.
- Jansen: Rückblick auf 1959 aus dem Material der Wetterwarte Münster. Westfäl. Nachrichten, Münster, 9. 1. 60.
- Kreisel, H.: Die phytopathogenen Großpilze Deutschlands. Jena 1961.
- Kühner, R. et Romagnesi, H.: Flore analytique des champignons supérieurs. Paris 1953.
- Lange, J. E.: Flora Agaricina Danica, Kopenhagen 1935.
- Neuhoff, W.: Die Milchlinge. Bad Heilbrunn 1956.
- Pirk, W.: Zur Soziologie der Pilze im Querceto-Carpinetum. Zeitschrift f. Pilzk., Bd. 21, Heft 1, 1948.
- Schäffer, J.: *Russula*-Monographie. Bad Heilbrunn 1952.
- Trentepohl, M.: Beitrag zur Pilzflora eines Laubwaldbestandes. Hess. flor. Briefe, 10. Jg., Brief 109, Darmstadt 1961.

Pilze als Insektensymbionten

von Gerhard Jurzitza*

Mit 3 Abbildungen

Zahlreiche Insektenarten haben sich auf Holznahrung spezialisiert, eine erstaunliche Tatsache, wenn man bedenkt, daß keine Tierart in der Lage zu sein scheint, die Hauptbestandteile des Holzes, die Zellulose und das Lignin, aufzuschließen. Ein Teil der Arten, diejenigen nämlich, die in lebendem Holze vorkommen, können ihren Bedarf leicht aus dem eiweiß- und kohlenhydratreichen Inhalt der Zellen decken. Auch die Formen, die altes, durch Mikroorganismen mehr oder weniger abgebautes Holz bewohnen, kommen kaum in Versorgungsschwierigkeiten. Mit ihrer Nahrung nehmen sie große Mengen von Bakterien und Pilzen auf, die verdaut werden und so ihrem Stoffwechsel zugute kommen.

* Aus dem Botanischen Institut der Techn. Hochschule Karlsruhe

Aber auch totes, unverpilztes Holz hat zahlreiche Liebhaber gefunden. Es sei nur an den Hausbock erinnert, an die Holzwespen und schließlich auch an den bekannten Holzwurm, die Totenuhr oder den Klopfkäfer, vor dem kein Holz sicher ist, sei es nun ein moderner Schrank oder eine alte Schnitzerei. Man fragt sich unwillkürlich, wie Tiere in einem Substrat zu existieren vermögen, dessen Gehalt an verwertbaren Kohlenhydraten und Eiweißstoffen derart gering ist.

Der Hausbock hat sein Nahrungsproblem dadurch gelöst, daß er nur das etwas nahrhaftere Splintholz befällt, das Kernholz jedoch meidet. Dies kann man leicht an befallenen Balken oder Leitungsmasten beobachten. Hier ist der Splint durch die Bohrgänge zerstört, der Kern jedoch meist unversehrt. Weiterhin braucht die Larve mehrere Jahre zu ihrer Entwicklung, was auf die Eiweißarmut ihrer Nahrung zurückzuführen ist; im Experiment ist es gelungen, ihr Wachstum durch Tränken des Futterholzes mit Peptonen wesentlich zu beschleunigen (Becker 1949, Rasmussen 1956).

Einen viel interessanteren Weg, ihre Eiweißversorgung sicherzustellen, hat die Holzwespe gefunden. Sie bedient sich zum Aufschluß ihrer Nahrung der Pilze, aber sie wartet nicht etwa ab, bis das zur Nahrung gewählte Holz befallen wird, sondern sie beimpft es selbst. Wenn man den Legeapparat eines Weibchens untersucht, dann findet man zwei seltsame, blasenförmige Gebilde, deren Ausführungsgänge an der Basis des Legestachels münden. Sie sind mit den Oidien eines Basidiomyceten gefüllt, die bei der Eiablage auf den vorbeigleitenden Eiern festhaften und auf diesem Wege in das befallene Holz gelangen (Abb. 1). Hier keimen sie aus und durchziehen es mit Mycel, so daß die schlüpfenden Larven eine verpilzte und somit aufgeschlossene Nahrung vorfinden. Entsprechend finden sich auch im Darne der Holzwespenlarve zwischen den Holzpartikeln zahlreiche Mycelfragmente (Buchner 1927, 1928).

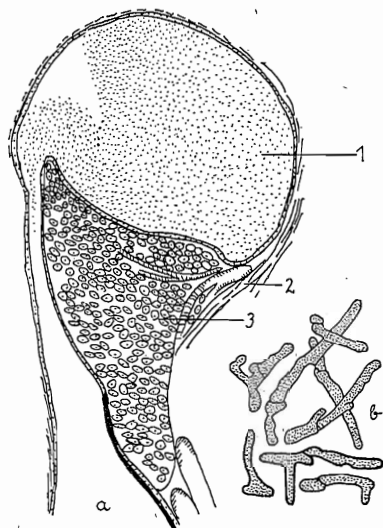


Abb. 1

- a: Pilzspritze einer Holzwespe (*Sirex gigas*). 1. Die Pilze. 2. Die Muskulatur. 3. Drüse.
b: Oidien des Pilzes aus der Pilzspritze. Nach Buchner.

Die Kultur der symbiontischen Pilze gelingt auf den üblichen Nährböden ohne weiteres. Da zumeist keine Fruchtkörper gebildet werden, stößt ihre Bestimmung auf Schwierigkeiten. Jedoch konnte Cartwright (1929) einen aus *Sirex gigas* isolierten Pilz mit *Stereum*

sanguinolentum identifizieren, eine aus *Xiphydria prolungata* erzielte Kultur gleicht *Daldinia concentrica*. Francke-Großmann (1939) hält einen aus *Sirex* gezüchteten Stamm für *Trametes odorata*.

Während bei den Holzwespen die Funktion der symbiontischen Pilze offensichtlich im Aufschluß der für den Wirt nicht verwertbaren Nahrung besteht, ist die der hefeartigen Anobiidensymbionten nicht so einfach zu erkennen. Die Symbiose des Klopfkäfers und seiner Verwandten steht auch auf einer wesentlich höheren Stufe, denn während die Holzwespensymbionten einen großen Teil ihres Entwicklungszyklus außerhalb des Wirtskörpers verbringen, verlassen ihn die Anobiidensymbionten nur noch für die Dauer des Eistadiums, ansonsten werden sie in den Zellen eines besonderen Organes aufgenommen. Als Beispiel wollen wir eine nicht holzfressende Form betrachten, den Zigarren- oder Tabakkäfer (*Lasioderma serricorne*), der zum Vorratsschädling geworden ist, wahrscheinlich jedoch von holzfressenden Vorfahren abstammt. Die symbiontischen Einrichtungen dieser Art stimmen jedoch gut mit den Verhältnissen bei den holzfressenden Arten überein, wie wir sie aus Untersuchungen von Buchner (1921), Breitsprecher (1928) und anderen (weitere Literatur bei Buchner 1953) kennen. Übrigens finden sich ganz ähnliche Einrichtungen auch bei einem Teil der Bockkäfer (*Cerambycidae*).

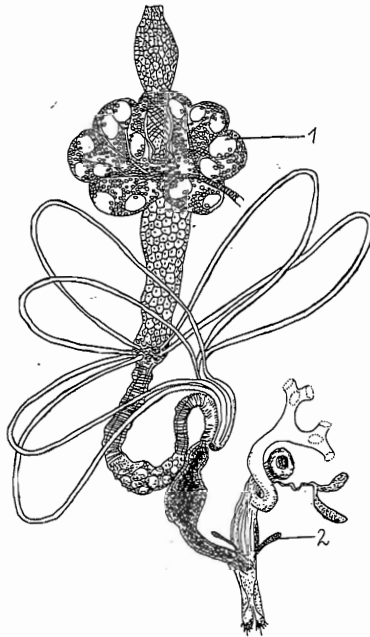


Abb. 2

Darmtrakt eines Weibchens von *Lasioderma serricorne*. 1. Die mit den Symbionten gefüllten Blindsäcke. 2. Der Eiinfektion dienende Schläuche am Legeapparat. Nach Milne.

Am Anfang des Mitteldarmes von Larve und Imago findet sich ein Kranz von großen Blindsäcken (Abb. 2, 1), deren Zellen dicht gefüllt sind mit runden oder ovalen Symbionten (Abb. 3a). Diese erweisen sich unter dem Mikroskop als hefeartige Pilze, was an den zahlreichen Sprossungen zu erkennen ist.

Der Übertragungsmodus erinnert an die Verhältnisse bei den Holzwespen. Am weiblichen Legeapparat finden sich zwei Schläuche, deren Lumen mit unzähligen Symbionten

erfüllt ist. Hinzu kommen einige Taschen im Legeapparat, die ebenfalls die Pilze enthalten. Gleitet nun ein Ei vorbei, so wird seine Oberfläche mit den Symbionten beschmiert. Die Junglarve, die sich nach etwa 10 Tagen durch die Eischale frisst und anschließend einen Teil derselben verzehrt, infiziert sich zwangsläufig mit den Symbionten, und wenige Tage später sind auch die Blindsäcke am Anfang des Mitteldarmes mit den Hefen besiedelt.

Auch hier gelang in einigen Fällen die Kultur der Symbionten (Abb. 3b), jedoch nicht

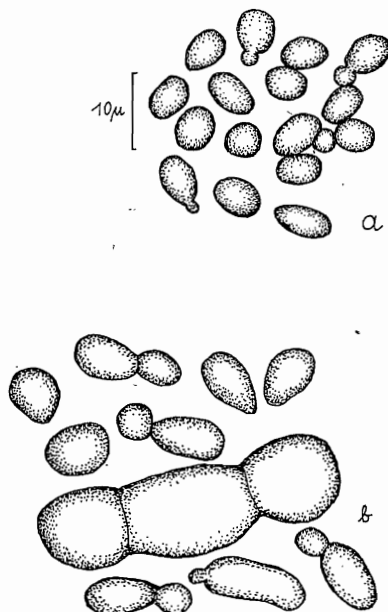


Abb. 3

Der Symbiont von *Lasioderma serricorne*: a. Aus den Blindsäcken am Anfang des Mitteldarmes. b. Die Kulturform von Glucose-Pepton-Agar. Original.

alle Arten lassen sich züchten. Vielfach scheint die Anpassung an das intrazelluläre Leben so weit gediehen zu sein, daß sie nicht mehr zu selbständigem Wachstum fähig sind. Meist handelt es sich um anascosporogene Hefen der Gattung *Torulopsis* (*Mycotoruloideae*), zwei Symbionten dürften möglicherweise in die Verwandtschaft der pflanzenpathogenen Ascomycetengattung *Taphrina* gehören (Kühlwein und Jurzitza 1961, van der Walt 1961).

Eine Prüfung der Stämme auf die Fähigkeit zum Zelluloseabbau (Müller 1934) blieb ohne Ergebnis. So war die Funktion dieser Mikroorganismen zunächst unklar, Müller sprach sogar die Vermutung aus, es müsse sich um einen für den Wirt gleichgültigen, abgeschwächten Parasitismus handeln. Etwa gleichzeitig jedoch gelang es Koch (1933), die Symbiose des Brotkäfers (*Sitodrapa panicea*) zu sprengen.

Da die symbiontischen Pilze den Eiern oberflächlich anhaften, genügte es, diese in desinfizierenden Lösungen zu baden, um eine Infektion der schlüpfenden Larven zu verhindern. Die resultierenden symbiontenfreien Tiere zeigten eine starke Behinderung der Entwicklung. In Erbswurstmehl, einer Nahrung, die normalen Tieren ausgezeichnet bekommt, waren sie nicht in der Lage, zu wachsen. Erst eine Zufütterung von Trockenhefe, Weizenkeimlingen oder anderen vitamin- und eiweißreichen Stoffen ermöglichte auch den sterilen Tieren die Entwicklung; es resultierten gesunde, aber symbiontenfreie Käfer.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Symbionten ihre Wirte mit Ergänzungsstoffen versorgen, also vor allem mit Vitaminen.

Eine genaue Analyse ihrer Funktion verdanken wir jedoch erst Pant und Fraenkel (1954) und Pant, Gupta und Nayar (1960). Durch Aufzucht steriler Käfer in Diäten, denen jeweils ein Wachstumsfaktor fehlte, und durch den Vergleich des Wachstums mit dem symbiontenführender Tiere konnten die Autoren zeigen, daß die Pilze ihre Wirte mit den benötigten Vitaminen, aber auch mit zahlreichen Aminosäuren versorgen und ihnen auf diese Weise das Gedeihen auch in einer unvollständigen Nahrung ermöglichen.

Die geschilderten Beispiele sind jedoch keineswegs Einzelfälle. Zahlreiche Insektenarten leben in Symbiose mit Bakterien und Pilzen. Meist sind es Formen mit sehr spezialisierter Ernährung wie Holzfresser, Blut- und Pflanzensaftsauger sowie einige kleinere Gruppen. Dieses Prinzip ist auch keineswegs auf die Insekten beschränkt. Symbionten finden sich bei vielen Würmern; die Leuchtorgane zahlreicher Fische sind mit symbiontischen Leuchtbakterien gefüllt, und seit der Einführung der Antibiotica wissen wir, daß auch die symbiontische Bakterienflora im menschlichen Darm einen nicht unwesentlichen Anteil an der Vitaminversorgung unsers Organismus hat. So erweist sich die Symbiose mit Mikroorganismen als ein im Tier- (und auch Pflanzen-) Reich weit verbreitetes Prinzip, das durch den Zusammenschluß zweier verschiedener Stoffwechselsysteme ein neues System mit wesentlich größeren Möglichkeiten schafft.

Literatur:

- Becker, G.: Beiträge zur Oekologie der Hausbockkäfer-Larven. Z. ang. Ent. 31 (1949)
 Breitsprecher, E.: Beiträge zur Kenntnis der Anobiidensymbiose. Z. Morphol. Oekol. Tiere 11 (1928)
 Buchner, P.: Studien an intrazellulären Symbionten. III. Die Symbiose der Anobiiden mit Hefepilzen. Arch. Protistenk. 42 (1921)
 — Tier und Pflanze in Symbiose. 1. Aufl. Berlin 1921
 — Holznahrung und Symbiose. Forsch. und Fortschr. 3 (1927)
 — Holznahrung und Symbiose. Berlin 1928
 — Die Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Basel-Stuttgart 1953
 Cartwright, K. St. G.: Notes on a fungus associated with *Sirex cyaneus*. Ann. Appl. Biol. 16 (1929)
 Francke-Grosmann, H.: Beiträge zur Kenntnis der Beziehungen unserer Holzwespen zu Pilzen. Verh. VII. intern. Entom. Kongr. Berlin 1939.
 — Über das Zusammenleben von Holzwespen (*Siricinae*) mit Pilzen. Z. angew. Ent. 25 (1939)
 Koch, A.: Über das Verhalten symbiontenfreier *Sitodrepa*-Larven. Biol. Zbl. 53 (1933)
 Kühlwein, H., und G. Jurzitza: Studien an der Symbiose der Anobiiden. 1. Mitt. Die Kultur des Symbionten von *Sitodrepa panicea* L. Arch. Mikrobiol. 40 (1961)
 Milne, D. L.: A study of the nutrition of the Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* F. (*Anobiidae*) and a suggested new method for its control. J. Ent. Soc. S. Africa 26 (1963)
 Müller, W.: Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakterien. Über die Pilzsymbiose holzfressender Insektenlarven. Arch. Mikrobiol. 5 (1934)
 Pant, N. C., and G. Fraenkel: Studies on the symbiotic yeasts of two insect species, *Lasioderma serricorne* F. and *Stegobium paniceum* L. Bio. Bull. 107 (1954).
 Pant, N. C., P. Gupta and J. K. Nayar: Physiology of intracellular symbiotes of *Stegobium paniceum* L. with special reference to amino acid requirements of the host. Experientia 16 (1960)
 Rasmussen, S.: Nutritional preference experiments with larvae of house longhorn beetle, *Hylotrupes bajulus*. Oikos 7 (1956)
 Van der Walt, J. P.: The mycetome symbiont of *Lasioderma serricorne*. Antonie van Leeuwenhoek 27 (1961)