

Räuberische Pilze

und andere pilzliche Nematodenfeinde

von Dr. sc. Asmus Dowe, Rostock

2., neubearbeitete Auflage

Mit 102 Abbildungen



Die Neue Brehm-Bücherei

A. Ziemsen Verlag · Wittenberg Lutherstadt · 1987

Vorwort

Die Aufwendungen für den chemischen Pflanzenschutz sind international in den letzten Jahrzehnten um ein Vielfaches gestiegen. Gleichzeitig mehrten sich die Stimmen, die vor einer einseitigen „Chemisierung“ der Landwirtschaft eindringlich warnen angesichts zu befürchtender negativer Auswirkungen auf die Biosphäre. Das Interesse an den Möglichkeiten zur Schonung und Nutzung natürlicher Feinde im Kampf gegen die zahlreichen Schaderreger unserer Kulturpflanzen, darunter auch die pflanzenparasitären Nematoden, wächst und findet seinen Niederschlag in der Entwicklung biologischer bzw. nützlingsschonender Bekämpfungsverfahren.

Vom Verfasser erschien im Jahre 1972 eine kurze zusammenfassende Darstellung über die seinerzeit mit Abstand wichtigste Gruppe nematodenfeindlicher Organismen, die räuberischen Pilze. Der betreffende Band ist vergriffen. Inzwischen wurden die Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden in vielen europäischen und überseeischen Ländern intensiviert und auf weitere nematophag Pilze sowie andere natürliche Feinde ausgedehnt. Daher bedurfte der Inhalt des Bandes „Räuberische Pilze“ einer gründlichen Überarbeitung, großenteils völligen Neufassung und Erweiterung. Erstmals wurde dabei versucht, die wichtigsten pilzlichen Feinde, vorrangig der pflanzenparasitären Nematoden, in ihrer Gesamtheit vorzustellen.

Der vorliegende Band ist für alle am biologischen Pflanzenschutz, besonders an den antagonistischen Regulationsmechanismen im lebenden Boden, Interessierten gedacht.

Das „antiphytopathogene Potential“ des Bodens (d. h. „sein Vermögen der aktiven Ausschaltung, Verminderung oder Hemmung von biotischen oder abiotischen Pflanzenkrankheitserregern“, Reinmuth 1974, S. 510) war seit langem ein besonderes Anliegen meines verehrten Lehrers Prof. em. Dr. habil. E. Reinmuth. Ihm danke ich auch die Anregung zur Beschäftigung mit den nematodenfeindlichen Pilzen. Gedankt sei auch den Professoren Dr. sc. H. Decker und Dr. sc. D. Seidel für zahlreiche und wertvolle Ratschläge zur Bearbeitung dieses Bandes. Der Dank gilt außerdem den vielen Kollegen im In- und Ausland, die mich freundlicherweise mit Literatur, Fotos und Zeichnungen unterstützten sowie meinen Kolleginnen, die einen entsprechenden Anteil an der technischen Fertigstellung des Manuskriptes haben.

Rostock, im März 1986

Asmus D o w e

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Historischer Überblick	5
3. Nematoden – Angriffsobjekte von Pilzen	9
4. Nematophage Pilze beweglicher Nematodenstadien	19
4.1. Räuberische Pilze	19
4.1.1. Bau und Wirkungsweise der Fangorgane	23
4.1.2. Reize für die Bildung der Fangorgane	47
4.1.3. Attraktion von Nematoden	52
4.1.4. Pilzliche Nematotoxine und Enzyme	53
4.1.5. Wahlvermögen	55
4.1.6. Systematik	57
4.1.7. Vorkommen und Verbreitung	70
4.1.8. Konkurrenzfähigkeit	71
4.1.9. Nährstoffbedarf	76
4.1.10. Sonstige ökologische Ansprüche	79
4.1.11. Versuche und Aussichten der praktischen Nutzung	80
4.2. Endoparasitäre Pilze	83
4.2.1. Verfahren der Infektion	85
4.2.2. Versuche und Aussichten der praktischen Nutzung	103
5. Nematophage Pilze unbeweglicher Nematodenstadien	104
5.1. Endoparasitäre Pilze an Weibchen	106
5.2. Endoparasitäre Pilze an Eiern	111
5.3. Wirt-Parasit-Beziehungen	118
5.4. Die Parasitierung beeinflussende ökologische Faktoren	119
5.5. Versuche und Aussichten der praktischen Nutzung	122
6. Empfindlichkeit gegenüber chemischen Pflanzenschutzmitteln	124
7. Ausblick	125
8. Methoden	128
8.1. Nachweis, Isolierung, Haltung und Präparation von nematophagen Pilzen beweglicher Nematodenstadien	128
8.1.1. Nachweis	128
8.1.2. Isolierung	133
8.1.3. Haltung	134
8.1.4. Präparation	134
8.2. Nachweis von nematophagen Pilzen unbeweglicher Nematodenstadien	135
8.2.1. Nachweis an Weibchen	135
8.2.2. Nachweis an Eiern	135
9. Literatur	137
10. Stichwortregister	153

1. Einleitung

Für den nicht informierten Betrachter ist der Kulturboden lediglich Standort und Nährstofflieferant der Pflanze. Jeder bodenbiologisch Interessierte aber weiß um die ungeheure Vielfalt von pflanzlichen und tierischen Organismen in einem bewachsenen Boden und um die große Bedeutung einer sinnvollen Wechselwirkung zwischen ihnen für die Bodenfruchtbarkeit.

Mikroskopische Pilze sind ein immer vorhandener Bestandteil der Bodenlebewelt. Wir schätzen ihre Rolle als Saprophyten, d. h. als Verwerter von abgestorbener organischer Substanz, bei biologischen Umsetzungsvorgängen im Boden. Pflanzenparasitäre Pilze erfordern seit langem unsere Aufmerksamkeit als Erreger von Krankheiten an wohl allen Kulturpflanzen. Bodenpilze bilden gleichzeitig eine Nahrungsquelle für zahlreiche Tierarten (Nematoden, Enchytraeiden, Milben u. a.). Pilze können indessen auch Widersacher von bodenbewohnenden Tieren sein. Häufig publizierte Beispiele, z. T. schon von praktischer Bedeutung, gibt es bei den Insekten (F r a n z u. K r i e g 1982, u. a.). Weniger bekannt aber sind die Pilze als Vernichter von Nematoden, obwohl viele Arten durch ihre räuberische Lebensweise eine sehr interessante und einzigartige Stellung unter den pflanzlichen Organismen im Boden einnehmen. Auch bieten sich Ansätze für eine biologische Bekämpfung wichtiger pflanzenparasitärer sowie human- und tierparasitärer Nematoden.

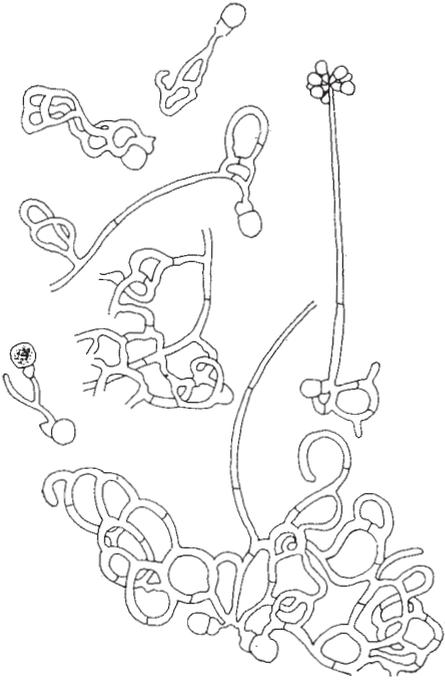
Räuberische Pilze aus der Klasse der *Deuteromycetes* stehen im Mittelpunkt der nachfolgenden Ausführungen. Über die taxonomische Einordnung dieser Pilze gibt es unterschiedliche Auffassungen. Der Autor entschied sich meist für die Originalnamen, da Umbenennungen von Gattungen bzw. Arten bisher selten Bestand hatten und häufig nicht akzeptiert werden. Neben den räuberischen werden die momentan wichtigsten endoparasitären Pilze beweglicher und unbeweglicher Nematodenstadien, in erster Linie zysten- und wurzelgallenbildender Nematoden, besonders erläutert.

2. Historischer Überblick

Die Geschichte der Erforschung von nematodenfeindlichen Pilzen beginnt in der zweiten Hälfte des 19. Jh. Sicher ist dieser Zeitpunkt nicht zufällig, denn in jenen Jahren erlebte die gesamte Nematologie einen großen Aufschwung, der auch seinen Ausdruck in der Herausgabe erster Monografien über Nematoden im Boden und an Pflanzen fand (D u j a r d i n 1845, B a s t i a n 1865, B ü t s c h l i 1873, D e M a n 1884, u. a.).

Als erste Wissenschaftler beschrieben P r e u s s (1851) und F r e s e n i u s (1852) mit *Mervispora ellipospora* (Syn.: *Monacrosporium elliposporum*) bzw. *Arthrobotrys oligospora* nematodenfangende Pilzarten. Allerdings war beiden Autoren seinerzeit die räuberische Lebensweise dieser Pilze unbekannt. F r e s e n i u s beispielsweise vermutete in *A. oligospora* eine ausschließlich saprophytisch lebende Art, die sich an zersetzten organischen Stoffen im Boden entwickelt und schlanke Konidienträger mit Trauben aus zweizelligen hyalinen Konidien bildet.

Abb. 1. Schlingenbildung bei *Artbrobotrys oligospora*. Nach Voronin (1869)



17 Jahre später stellte der Nestor der russischen Mykologie Voronin (1869) in dem Sammelband „Mykologische Untersuchungen“ detaillierte Ergebnisse zur Keimung der Konidien von *A. oligospora* vor. Er prüfte die Konidienkeimung in drei verschiedenen Medien, in Wasser, auf dem Erdboden und in frischem Stalldung. Aus für ihn nicht erklärlichen Gründen entwickelte sich der Pilz in den Versuchen in zweierlei Weise. Einmal bildeten die Konidien nach der Keimung durch Verzweigung der Hyphen ein gewöhnliches Myzelgeflecht, worin Voronin nichts Besonderes sah, da viele andere Pilzarten Gleiches taten. Im anderen Fall aber legte sich der gebildete Keimschlauch schon wenige Stunden nach der Keimung um zu einer Schlinge, aus der durch Sprossung, Krümmung und Verschmelzung mit der Mutterhyphe weitere Schlingen entstanden, schließlich ein ganzes, für Voronin rätselhaftes Schlingennetz. Voronin belegte seine Beobachtungen mit genauen Zeichnungen (Abb. 1).

Wenige Jahre danach schrieb Sorokin (1876), ein Landsmann von Voronin, einen Artikel („Über Pflanzen, die an Nematoden parasitieren“), in dem er parasitäre Beziehungen zwischen Pilzen und Nematoden beschrieb. Fälschlicherweise aber hielt er die Fangringe für Pilzsporen. Ein gleicher Fehler unterlief noch einmal ein halbes Jahrhundert später Scherbakoff (1933).

Die verhältnismäßig genaue Erläuterung der räuberischen Lebensweise eines nematodenfangenden Pilzes gelang erst dem Botaniker Zopf (1888), seinerzeit Direktor

des Kryptogamen-Labors an der Universität Halle. In seinem klassischen Aufsatz „Zur Kenntnis der Infections-Krankheiten niederer Thiere und Pflanzen“ verfolgte Zopf den Fang- und Abtötungsprozeß von Nematoden durch *Arthrobotrys oligospora* und weckte damit das eigentliche Interesse an einer tiefergehenden Erforschung dieser Pilzgruppe. Er äußerte die Vermutung, daß einen Fangpilz gewisse Streßfaktoren in der Ernährung zum räuberischen Verhalten veranlassen könnten.

Schon wenige Jahre, nachdem erstmals Voronin Fangschlingen und damit einen räuberischen Pilz gesehen hatte, zeigte sich durch die Entdeckung weiterer Arten die Vielfalt der Parasitierungsformen bei nematophagen Pilzen. So fand Lohde (1874) mit *Harposporium anguillulae* den ersten endoparasitär lebenden Pilz, dessen Konidien im Unterschied zu den nematodenfangenden Pilzen durch die Mundöffnung in den Körper freibeweglicher Nematoden gelangen.

Kühn (1877) erkannte den Befall von Dauerstadien zystenbildender Nematoden durch Pilze. Er beobachtete gelbbraune Dauersporen eines rhizomyzelbildenden Pilzes in den abgestorbenen Weibchen (Zysten) des Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) und bestimmte den Pilz als *Tarychium auxiliarum* (von Tribe [1877 a] umbenannt in *Catenaria auxiliaris*). Kühn (1881) maß den natürlichen Feinden die Rolle von „wertvollen Hilfstruppen“ bei der Nematodenbekämpfung zu.

Die nächsten Jahrzehnte brachten keinen wesentlichen Fortschritt in der Erforschung von Zystenpilzen. Erst Bunnacke (1922) machte von neuem in seiner ausführlichen Schrift „Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Rüben-nematoden *Heterodera schachtii* Schmidt“ auf zystenbewohnende Pilze aufmerksam und erwähnte in diesem Zusammenhang auch einige insektenpathogene *Entomophthora*-Arten. Mit einer systematischen Untersuchung von mehr als 250 000 *H. schachtii*-Zysten auf Pilzparasitierung begann Korab (1929) in der Ukrainischen SSR. In einigen seiner Proben waren bis zu 90 % der Zysten durch Parasitierung zerstört. Auch Goffart (1932) am Getreidezystennematoden (*Heterodera avenae*) sowie Rademacher u. Schmidt (1933) und Rozsypal (1934) am Rüben-zystennematoden (*H. schachtii*) beschäftigten sich mit der praktischen Bedeutung der Parasitierung des Zysteninhaltes.

In der Folgezeit war kaum und wenn, dann nur sporadisch von Zystenpilzen in Veröffentlichungen die Rede, so von Jones (1945) und Grainger (1964) in Großbritannien und Van der Laan (1953, 1956, 1959) in den Niederlanden. Letzterer befaßte sich erstmals ausführlich mit Pilzen in Zysten des Kartoffelzysten-nematoden (*Globodera rostochiensis*). In diesen Untersuchungen wurde deutlich, daß außer „echten“ Parasiten viele saprophytische Pilze Zysten besiedeln können und eine Trennung beider Formen oftmals Schwierigkeiten bereitet.

Frischen Auftrieb erhielten die Arbeiten über parasitäre Pilze an Dauerstadien von zystenbildenden Nematoden, als Kerry (1974) in Großbritannien einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Anbaues von Getreide, der Populationsdichte des Getreidezystennematoden (*Heterodera avenae*) und der Wirksamkeit von Zystenpilzen bemerkte. In diesen Jahren wurde ohnehin in allen hochentwickelten Ländern immer mehr das Bemühen um nützlingsschonende „umweltfreundliche“ Bekämpfungsverfahren spürbar, was zweifellos in breitem Maße die Forschung über die natürlichen Feinde von Schadorganismen beflügelte. In bisher nicht gekanntem

Ausmaß werden seitdem in Großbritannien (Crump, Kerry, Tribe u. a.), den USA (Dunn, Gintis, Mankau, Morgan-Jones, Stirling u. a.), der UdSSR (Kondakova u. a.), BRD (Hännsler, Knuth, Müller, Thomas u. a.), ČSSR (Vinduška), DDR (Hamann, Sager u. a.) und weiteren Ländern Untersuchungen über die Bedeutung dieser Pilzgruppe unter verschiedenen ökologischen Bedingungen angestellt. Dabei wurde auch eine Reihe neuer, z. T. vielversprechender pilzlicher Antagonisten von zysten- und wurzelgallenbildenden Nematoden aufgespürt.

Doch nochmals zurück zu den nematophagen Pilzen der beweglichen Nematodenstadien. Diese blieben nach der Entdeckung durch Zopf für Jahrzehnte, bis weit in das 20. Jh., nur eine „wissenschaftliche Kuriosität“ (Barron 1977), der man nur gelegentlich Aufmerksamkeit beimaß. Gründe hierfür waren sicher die seinerzeit unzureichende optische Ausstattung und methodische Mängel beim Nachweis.

Eine Wende trat ein, als sich Anfang der 30er Jahre dieses Jahrhunderts in den USA Charles Drechsler für räuberische und parasitäre Pilze von Nematoden und Protozoen zu interessieren begann. Drechsler widmete sich mit großem Eifer einer tiefgründigen und systematischen Bearbeitung dieser Pilzgruppe. Er verfaßte von 1933–1975 eine Vielzahl fundamentaler und besonders in taxonomischer Hinsicht richtungweisender Veröffentlichungen, viele mit ausgezeichneten Zeichnungen illustriert. Drechsler verdanken wir die Isolierung und taxonomische Einordnung der meisten an Nematoden sowie Protozoen parasitierenden Pilze.

Nach 1945 erschien von Dollfus (1946) in Frankreich eine erste umfassende Veröffentlichung aller wichtigen Feindorganismen von Nematoden. In der Nachkriegsperiode verdienen zunächst Duddington und Soprunov hervorgehoben zu werden. Beide Forscher haben, aufbauend auf den Ergebnissen von Drechsler, in ihren Heimatländern, Großbritannien bzw. der UdSSR, eingehende Untersuchungen zum Artenspektrum nematophager Pilze sowie zu deren biologischen und ökologischen Besonderheiten angestellt. Duddington (1957) schrieb das erste und gleichzeitig einen breiten Leserkreis ansprechende Buch über räuberische Pilze, „The Friendly Fungi“ („Die freundlichen Pilze“). Schon ein Jahr danach erschien von Soprunov „Chiščnye griby – gifomicety i ich primenenie v bor'be s patogennymi nematodami“ („Räuberische Hyphomyzeten – Pilze und ihre Anwendung im Kampf gegen pathogene Nematoden“), ein Buch, in dem der Autor seine 10jährigen unter dem streng kontinentalen Klima der Turkmenischen SSR gewonnenen Versuchsergebnisse darlegte. Neue interessante Ergebnisse und Hypothesen zum Verhalten nematodenfangender Hyphomyzeten innerhalb der Biozönose des Bodens lieferte Cooke (1961, 1962, 1963 a, b), außerdem den ersten und bis heute einzigen ausführlichen Bestimmungsschlüssel über nematodenzerstörende Pilze (Cooke u. Godfrey 1964).

Einen ganz entscheidenden Fortschritt für die Erkennung der Ultrastruktur der Fangorgane und des Parasitierungsgeschehens brachte die Anwendung der Elektronenmikroskopie, zuerst durch Heintz u. Pramer (1972) sowie Nordbring-Hertz (1972).

In einigen Ländern, besonders der UdSSR und Frankreich, laufen bereits seit längerem z. T. erfolgversprechende Bekämpfungsversuche mit nematodenfangenden Pilzen (Udalova 1971, Strepkova 1976, Cayrol 1978, Cayrol u.

Frankowski 1979, u. a.). Die zur biologischen Bekämpfung von Helminthen an Nutztieren in der Kasachischen SSR gemachten Erfahrungen mit Raubpilzen beschrieb in einem längeren Beitrag Prjadjko (1972). In demselben Jahr erschien für den deutschsprachigen Raum die erste zusammenfassende Darstellung über räuberische Pilze (Dowe 1972). Der Kanadier Barron, von dem in den letzten Jahren eine Vielzahl wertvoller Beiträge über nematophage Pilze stammt, faßte 1977 das inzwischen sprunghaft angewachsene Wissen in seinem Buch „The nematode-destroying fungi“ („Die nematodenzerstörenden Pilze“) zusammen. Hervorgehoben zu werden verdient gleichfalls das bald darauf veröffentlichte Buch der sowjetischen Mykologin Mechtieva (1979) „Chiščnye nematofagovye griby-gifomicety“ („Räuberische nematophage Hyphomyzeten – Pilze“), in dem sie aus ihrer Sicht unter anderem eine kritische Analyse der Systematik dieser Pilzgruppe vornahm.

Die gegenwärtige Periode ist gekennzeichnet durch eine Fülle von neuen Erkenntnissen und Veröffentlichungen über nematodenfeindliche Organismen in vielen Ländern der Erde. Auch werden immer mehr natürliche Widersacher von Nematoden als solche erkannt und wissenschaftlich bearbeitet. Doch nach wie vor beanspruchen die nematophagen Pilze, schon wegen ihrer biologischen Vielfalt in der Natur, das breiteste Interesse der Wissenschaft.

3. Nematoden — Angriffsobjekte von Pilzen

Eine zentrale Stellung als Beute- bzw. Wirtstiere von räuberischen und bestimmten endoparasitären Pilzen nehmen die Fadenwürmer (Nematoden) ein. Sie sind im Boden nach den Protozoen die individuenreichste Tiergruppe. Wir finden sie in jedem Kulturboden und im Salzwasser der Meere ebenso wie im Süßwasser von Flüssen und Seen. Nematoden lebten aber auch als gefährliche Parasiten in Warmblütern, Insekten und Pflanzen.

Der Inhalt des vorliegenden Bandes ist in der Hauptsache auf die im Erdboden und in Pflanzen lebenden Nematoden zugeschnitten. Die im Menschen und Nutztier parasitierenden Fadenwürmer werden nur in einzelnen Abschnitten erwähnt (vgl. Müller, B. [1953]: Parasitische Würmer, Teil I: Rundwürmer. – Die Neue Brehm-Bücherei 114).

Ein Kulturboden kann in 100 cm³ durchschnittlich 4000–5000 Nematoden enthalten. Diese sind zumeist wegen ihrer geringen Größe von durchschnittlich 0,5–2 mm Länge – im Gegensatz zu vielen in Warmblütern vorkommenden Fadenwürmern – nur mit Hilfe eines Mikroskopes erkennbar. Die Populationshöhe und artenmäßige Zusammensetzung hängen weitgehend von Bodenfaktoren (Bodenart, Feuchtigkeit, Temperatur, Gehalt an organischer Substanz usw.), der Nutzungsform des Bodens und dem Klima ab.

Nematoden sind, abgesehen von wenigen Gattungen (*Heterodera*, *Globodera*, *Meloidogyne*, *Tylenchulus*, *Rotylenchulus* u. a.), fadenförmig (Abb. 2). Der Körper ist unsegmentiert und zylindrisch mit einem runden Querschnitt (Abb. 3). Eine aus drei Schichten bestehende, den ganzen Leib überziehende Kutikula schützt die Tiere gegen ungünstige Umwelteinwirkungen. Während die beiden inneren Schichten hauptsächlich Proteine enthalten, besteht die äußere Schicht u. a. aus Lipiden sowie Kohlen-

hydraten und wirkt wahrscheinlich als Barriere für Chemikalien (Hooper 1978). Die Zusammensetzung der Kutikula ist von Bedeutung für die Einleitung einer Wirt-Parasit-Beziehung zwischen Raubpilzen und ihrer Beute, den Nematoden (vgl. 4.1.1.). Nematoden häuten sich 4mal bis zum Erreichen des adulten Stadiums.

Unterhalb der Kutikula liegt ein Hautmuskelschlauch, zusammengesetzt aus der Hypodermis und Muskelzellen. Die einem Aal ähnliche, typisch schlängelnde Fortbewegung (daher auch die Bezeichnung Älchen) geschieht durch Kontraktionswellen der dorsalen und ventralen Muskulatur.

Gewissen Aufschluß über die Ernährungsgewohnheiten der Nematoden gibt der Bau der Kopfregion (Abb. 4). Die Mehrzahl der Nematodenarten (z. B. Angehörige der Ordnungen *Rhabditida* und *Mononchida*) hat eine Mundhöhle. Über die Mundhöhle der *Rhabditida* können feste Nahrungspartikel, wie Bakterien, einzellige Algen und Protozoen, aufgenommen werden. Solche Älchen treten verstärkt beim Abbau organischer Substanzen in Erscheinung. Sie vermehren sich besonders intensiv nach einer organischen Düngung des Bodens. Wir bezeichnen diese Nematodengruppe auf-

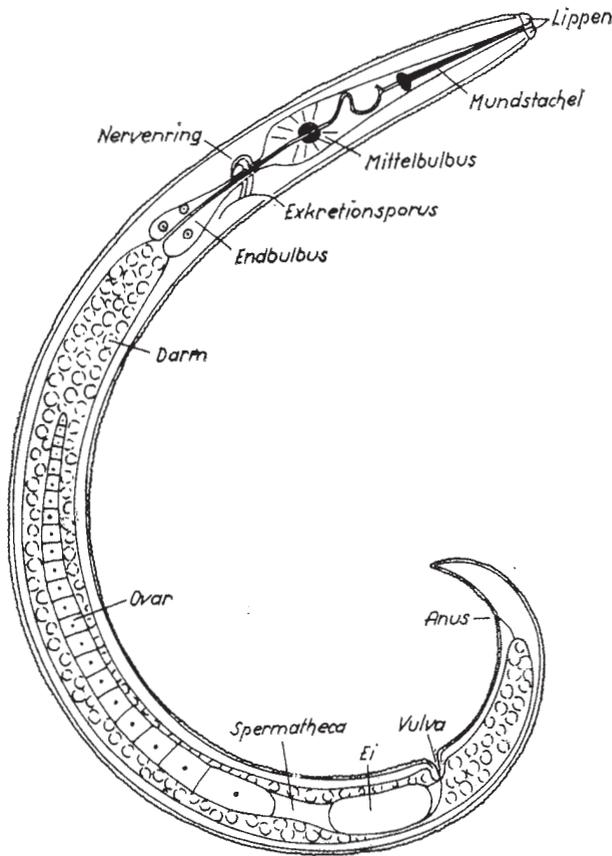


Abb. 2. Anordnung der wichtigsten Organe im Nematodenkörper (*Paratylenchus* sp.). Nach Decker (1969)

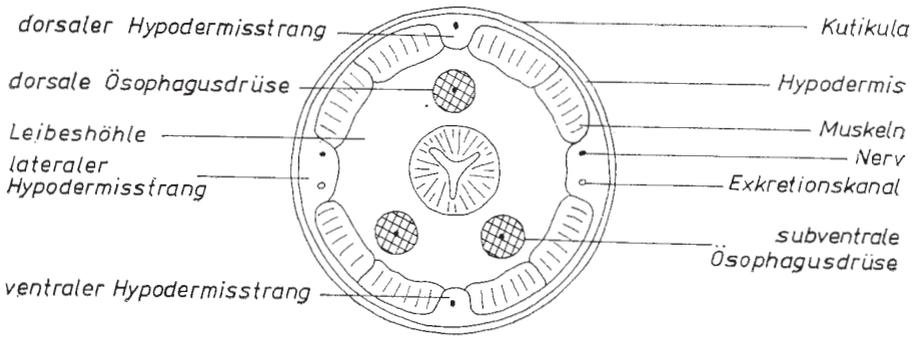


Abb. 3. Nematodenquerschnitt im Bereich der Ösophagusdrüsen. Nach Jones (1965)

grund ihrer Bindung an abgestorbene tierische und pflanzliche Substanzen als Saprophyten („Fäulnisbewohner“).

Andere Bodennematoden, wie die *Mononchida*, verfügen über eine mit Zähnen bewaffnete becherförmige Mundhöhle. Die Arten dieser Ordnung leben räuberisch und bevorzugen neben Protozoen auch Nematoden und weitere Kleintiere als Beuteobjekte. Alle mit einer Mundhöhle ausgestatteten Nematoden sind bei ihrer Nahrungsaufnahme auch unerwünschten Begleitorganismen, d. h. den Sporen nematophager Pilze ausgesetzt, die, einmal verschluckt, für das Wirtstier meist den Tod bedeuten (vgl. 4.2.1.).

Bei einer dritten Gruppe von Nematoden hat sich im Verlauf ihrer Entwicklungsgeschichte aus der Mundhöhle ein Mundstachel gebildet. Mit dem einer feinen Kanüle vergleichbaren Mundstachel kann ein Nematode Pflanzen- oder Pilzzellen anstechen und den Inhalt aufnehmen. Meist wirken ausgeschiedene Enzyme bei der Aufspaltung der Inhaltsstoffe, die dann in flüssiger Form aufgenommen werden. Daher sind

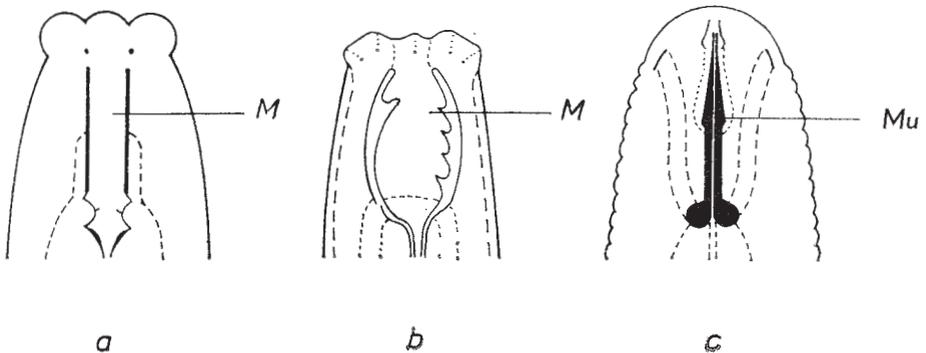


Abb. 4. Kopfregion von Nematoden. a) Zylindrische Mundhöhle der *Rhabditida*, b) mit Zähnen bewaffnete becherförmige Mundhöhle der *Mononchida*, c) Mundstachel der *Tylenchida*. M = Mundhöhle, Mu = Mundstachel. Nach Andrassy (1976) und Southey (1978), verändert

mundstacheltragende Nematoden gegen eine orale Aufnahme der Sporen von endoparasitären Nematodenpilzen gefeit. Zu den saftsaugenden Nematoden gehören neben den pilzfressenden (mykophagen) alle pflanzenparasitären Arten.

Über den Mundstachelkanal bzw. die Mundhöhle gelangt die Nahrung in die Speiseröhre (*Ösophagus* mit Mittel- und Endbulbus) und wird anschließend in den Darm gepumpt, der den größten Teil des Körpers ausfüllt. Von drei *Ösophagus*drüsen abgesonderte Verdauungssäfte mit Enzymen übernehmen die Verdauung der Nahrung. Unverdaute Nahrungsreste werden über den Anus (bei Weibchen) bzw. die Kloake (bei Männchen) ausgeschieden. Bestimmte Exkrete gelangen über einen Kanal durch den Exkretionsporus nach außen.

Die meisten Nematodenarten sind bisexuell. Der weibliche Geschlechtsapparat besteht aus Vulva, Vagina, Uterus und Ovar bzw. zwei Uteri und zwei Ovarien. Bei Weibchen mit einem Ovar (Abb. 2) liegt die Vulva im hinteren Körperteil, bei solchen mit zwei Ovarien etwa in der Körpermitte. Arten mit bisexueller Vermehrung haben eine Samentasche (*Spermatheca*), welche die zur Befruchtung benötigten Spermatozoen enthält. Der männliche Geschlechtsapparat besteht aus Hoden (*Testis*), Samenblase (*Vesicula seminalis*), Samenleiter (*Vas deferens*) und dem paarigen Kopulationsorgan (*Spicula*, Abb. 5). Der Samenleiter und Rektaldrüsen münden in das Darmende (*Rectum*). Die *Spicula* werden bei manchen Arten über eine Führungs- bzw. Gleitschiene (*Gubernaculum*) geführt und sind häufig von seitlich angeordneten Kutikulafüßeln, der *Bursa*, überdeckt.

Das Zentrum des Nervensystems bildet ein um den *Ösophagus* gewundener Nervenring, von dem aus Nervenstränge in Kopf- und Schwanzrichtung ziehen. Diese

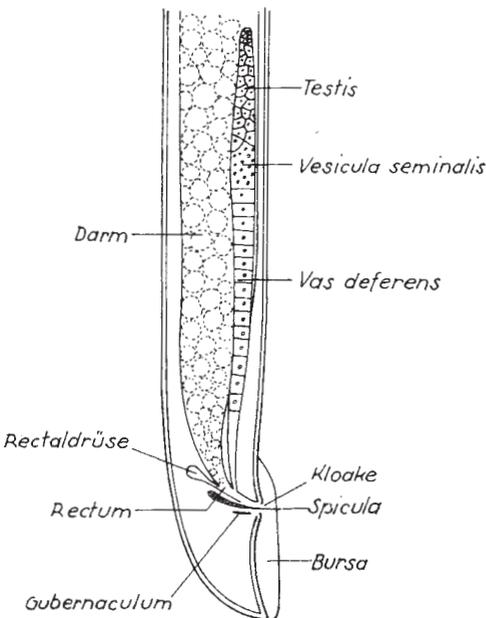
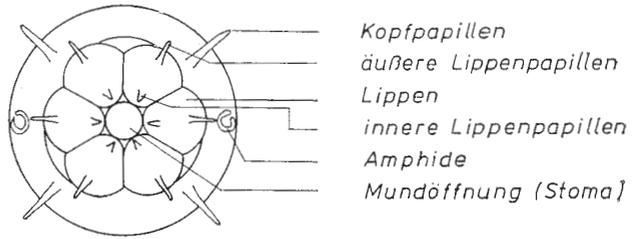


Abb. 5. Hintere Körperregion eines Nematodenmännchens. Nach Decker (1969)

Abb. 6. Kopfregion eines Nematoden mit Sinnesorganen. Nach Jones (1965), geringfügig verändert



führen zu einer Vielzahl von Sinnesorganen (Papillen, Amphiden, Deiriden, Phasmiden u. a.), vor allem am Kopf und in Schwanznähe (Abb. 6). Mit ihrer Hilfe können die Nematoden bestimmte physikalische und chemische Reize aus ihrer Umgebung wahrnehmen, z. B. Änderungen der Temperatur oder des CO₂-Gehaltes. Von Bedeutung sind diese sensorischen Eigenschaften unter anderem für die Partner- und Wirtsfindung sowie die Auslösung des Larvenschlupfes bei manchen zystenbildenden Nematodenarten. Auch die Attraktion von beweglichen Nematodenstadien durch Fangmyzelien räuberischer Pilze (vgl. 4.1.3.) ist ein Ergebnis des Wahrnehmungsvermögens bestimmter Sinnesorgane. Die Funktion der Sinnesorgane läßt viele, auch die Beziehungen zwischen Nematoden und ihren pilzlichen Feinden betreffende Fragen offen.

Pflanzenparasitäre Nematoden gehören zu den häufigsten und gefährlichsten bodenbewohnenden Schädlingen an unseren Kulturpflanzen. Sie sind vor allem auf vielen landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzflächen verbreitet und für Ertrags- bzw. Qualitätsminderungen bei zahlreichen einheimischen und tropischen Pflanzen (Ge-



Abb. 7. Nematodenherd (*Globodera rostochiensis*) im Kartoffelbestand. Aufn. Decker