

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und **Dr. R. Hertwig**

Professor der Botanik

Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Der Abonnementspreis für 12 Hefte beträgt 20 Mark jährlich.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut einsenden zu wollen.

Bd. XXXIV.

20. Juni 1914.

Nº 6.

Inhalt: **Ernst Berliner u. Kurt Busch.** Über die Züchtung des Rübenematoden (*Heterodera schachtii*) Schmidt auf Agar. — **Fischer.** Über Ursachen und Symptome der Flacherie und Polyederkrankheit der Raupen (Schluss). — **Bannacke.** Studien zur Frage nach der Statozystenfunktion. — **Glock.** Rassenverwandtschaft und Eiweißdifferenzierung. — **Gruber.** Tierunterricht. — **Werner Rosenthal.** Tierische Immunität.

Über die Züchtung des Rübenematoden (*Heterodera schachtii*) Schmidt auf Agar.

(Mitteilung aus der agrik.-chem. Kontrollstation Halle-Saale,
Vorsteher Prof. Dr. H. C. Müller.)

Von Ernst Berliner und Kurt Busch.

(Mit 1 Tafel.)

Obwohl seit der Entdeckung des Rübenematoden durch Schacht im Jahr 1859 eine Unzahl von Beobachtungen über diesen Schädling veröffentlicht worden ist, die uns ein vollständiges Bild seiner Entwicklung geben, kranken alle diese Arbeiten daran, dass sie sich beschränken mussten, mehr oder minder zahlreiche Einzelbeobachtungen an verschiedenen Individuen zu einem Gesamtbilde zu fügen. An der „Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten“ in Halle sind deshalb schon seit längerer Zeit auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. H. C. Müller Versuche im Gange, den undurchsichtigen Erdboden, den natürlichen Aufenthalt des Nematoden, durch einen der in der Bakteriologie gebräuchlichen gallertigen Nährboden zu ersetzen, um uns die Möglichkeit zu geben, ein bestimmtes Individuum unter dem Mikroskope zu verfolgen, die Art seines Eindringens in die Wurzel der Wirtspflanze zu studieren und die Veränderungen, welche es im Laufe seines Lebens durchmacht, nach Belieben täglich und ständig im Bilde festzuhalten. Da auch wir bei der Erprobung von Gallerböden als Keimbett für Sämereien Ge-

legenheit hatten, die Brauchbarkeit der von Herrn Prof. Dr. Müller angeregten Methode festzustellen, sei über unsere Ergebnisse hier kurz berichtet.

Wegen ihrer Sterilität eignete sich am besten die Kieselsäureplatte, für deren Herstellung eine ganze Reihe von Vorschriften bestehen. Es keimen auf ihr Getreide, Leguminosen, Cruciferen, ja sogar der in bezug auf künstliche Keimbetten anspruchsvolle Rübensamen meist sehr gut oder doch in ausreichender Weise, für unsere Zwecke erschien sie jedoch trotz dieser Vorzüge nicht besonders geeignet. Abgesehen davon, dass die Kieselsäuregallerte eine ziemlich sorgsame Pflege erfordert, um stets den gewünschten Wassergehalt aufzuweisen, stört ihre Sprödigkeit, die auf das Vordringen der von den eingekimten Samen ausgehenden Wurzeln mit Rissen antwortet, welche das mikroskopische Bild beeinträchtigen, sowie die Neigung, Kristalle auszuscheiden und dadurch die Klarheit des Substrates herabzusetzen. Durch die Keimpflanzen werden ferner genügend Nährstoffe in das ja an sich nährstoffreie Keimbett abgegeben, um das Wachstum von Pilzen zu ermöglichen, ein Umstand, der zwar für unsere Zwecke nicht weiter ins Gewicht fällt, aber den Hauptvorzug, den sonst die Kieselsäuregallerte vor Agar und Gelatine hat, illusorisch macht. Da weiter der feste Kieselsäureboden den Nematoden das Vordringen in ihm recht erschwert — die freien Larven und Männchen kommen nur unter Anstrengungen in ihm vorwärts und bleiben oft in den Spalten hängen, während die auf die Oberfläche gestrichenen Eier der Gefahr des Austrocknens ausgesetzt sind, — blieben nur noch Gelatine und Agar-Agar übrig, von denen die erste auch ausgeschieden wurde, weil sie infolge der Verflüssigung durch die sich einstellenden Pilze schnell den Charakter eines festen Nährbodens verliert und überhaupt kein günstiges Keimbett für unsere Versuche darbot.

Laugt man Agar durch fortgesetztes Waschen recht sorgfältig aus, so bietet er, in der üblichen Weise in Platten gegossen, ein den meisten Nematodenwirtspflanzen zusagendes Keimbett, auf dem sich die Entwicklung von Mikroorganismen in verhältnismäßig bescheidenen Grenzen hält. Da die auftretenden Fadenpilze, Bakterien, Ciliaten und Amöben zunächst fast ausschließlich die Plattenoberfläche besiedeln und erst in älteren Kulturen tiefer eindringen, die Nematodenlarven aber alsbald in die Tiefe gehen und sich dort mit Leichtigkeit bewegen, braucht man nur die umgekehrte Petrischale unter das Mikroskop zu nehmen, um unbehindert durch die auf der Oberfläche wuchernden Organismen, Tiere und Wurzeln der eingekimten Pflanzen durch den Boden der Schale in völliger Deutlichkeit beobachten zu können. Wir haben Samen von Hafer, Rübsen, Runkelrübe, verschiedenen Wicken- und Kleearten, sterilisiert

und ohne Vorbehandlung, auf Agarplatten zur Aussaat gebracht und dann in Entwicklung begriffene Nematodeneier, teils noch umschlossen von der mütterlichen Hülle, teils in Wasser aufgeschwemmt hinzugefügt: in den meisten Fällen blieben nicht nur die widerstandsfähigeren älteren, sondern auch die erst im Beginn der Furchung befindlichen Stadien ungeschädigt und auch die dem Parasiten gebotenen Keimpflanzen hielten sich so lange frisch, dass seine gesamte Entwicklung vom Ei bis zum Geschlechtstier auf derselben Platte verfolgt werden konnte. Die beigefügten Abbildungen mögen als Beleg für unsere Ausführungen gelten.

Den Zeitpunkt des Eindringens einer Larve in eine Rübsenwurzel sehen wir in Abb. 1. Der Wurm ist mit dem Kopfe bis zum Zentralzylinder vorgedrungen, der größte Teil des Körpers aber befindet sich außerhalb der Wurzel und schmiegt sich dieser in charakteristischer Weise als Ektoparasit an, ein Fall, der übrigens neben dem als Norm angesehenen vollständigen Eindringen in das pflanzliche Gewebe recht häufig vorkommt. Nach mehreren durch reichliche Nahrungsaufnahme ausgefüllten Tagen schwollt das Tier zu dem in der folgenden Abbildung durch zwei Individuen verkörperten unbeweglichen parasitären Larvenstadium auf, welches, sofern es sich um ein männliches Exemplar handelt, unverzüglich in das sogen. Puppenstadium übergeht. In Abb. 3 hat sich die alte, als Puppenhülle dienende Haut vollständig von dem Inhalte abgehoben, dessen Verwandlung wir an der Hand der Abb. 3, 4 u. 5 am gleichen Individuum verfolgen können. Die Aufnahme 4 erfolgte vier Tage, die von 5 acht Tage nach Aufnahme 3. In 4 hat sich der Wurm schon bedeutend gestreckt und aus Mangel an Platz in mehrfachen Windungen aufgerollt, in Abb. 5 ist die Metamorphose beendet, das fast 1 mm lange, also die Larve um mehr als das doppelte an Länge übertreffende Männchen krümmt sich lebhaft, um die Hülle zu sprengen und die Suche nach einem Weibchen aufzunehmen. Ein solches ist in fast geschlechtsreifem Zu-
stande in Abb. 6 dargestellt.

Zu den Bildern sei noch bemerkt, dass es sich nur um Gelegenheitsaufnahmen handelt, deren Qualität durch die Benutzung gewöhnlicher Petrischalen aus dickem, unreinem Glase sowie eines für photographische Aufnahmen nicht bestimmten Mikroskopes und mangelhafter Beleuchtung beeinträchtigt ist, es unterliegt aber keinem Zweifel, dass sich unter günstigeren Bedingungen Aufnahmen erzielen lassen, die alle im Mikroskope dem Auge sichtbaren Einzelheiten auf der Platte wiedergeben. Da es nicht in unserer Absicht liegt, die Versuche mit *Heterodera schachtii* fortzusetzen, mögen noch einige Beobachtungen Erwähnung finden, die eine kleine Erweiterung unserer biologischen Kenntnisse bedeuten.

Der Mundstachel der parasitischen und — soweit ihm diese überhaupt besitzen — auch der semiparasitischen Nematoden wird allgemein als ein Apparat zum Eindringen in Pflanzengewebe aufgefasst. So schildert der gewiss sorgfältige Strubell¹⁾, wie die Larve von *Heterodera schachtii* „beständig den Stachel vor- und rückwärts stoßend“ durch den Erdboden wandert und sich vermittelst dieses „beträchtlich ausgebildeten“ Organs „in die Wurzelfasern der Rübe einbohrt, indem sie durch unausgesetzte Stoßbewegungen die derbe Epidermis der Pflanze zum Reißen bringt“, ein Vorgang, den er sicherlich nie beobachtet hat, der ihm aber so selbstverständlich schien, dass er ihn wie eine einwandfrei festgestellte Tatsache mitteilt. Auch Marcinowski²⁾ folgt dieser landläufigen Auffassung von der Funktion des Nematodenstachels, weist allerdings schon auf den Widerspruch hin, dass gerade die eigentlichen Parasiten diesen in schwächerer Ausbildung besitzen als andere freilebende, nur gelegentlich in Pflanzen eindringende Formen.

Wir haben nun niemals unter den Hunderten von Larven auch nur eine gefunden, die sich auf ihrer Wanderung in Agar oder Kieselsäure des Stachels bedient hätte und es ist kaum anzunehmen, dass sich die Tiere im Erdboden anders verhalten, denn auch durch die Berührung fester Gegenstände, wie der Wandung der Petrischale, Sandteilchen oder Wurzeln wurde ein Reiz zum Vorstoß des Stachels nicht ausgelöst. Bei günstiger Gelegenheit sieht man auf den Agarplatten sechs und mehr Larven in einem einzigen Gesichtsfelde, die sich bemühen, in das Wurzelgewebe der ihnen gebotenen Keimlinge einzudringen. Sie stemmen die festgefügte Kopfkappe gegen den betreffenden Wurzelteil, mit dem Hinterende einen Stützpunkt suchend und die gesamte stark entwickelte Muskulatur sichtlich anspannend. Wie groß der Kraftaufwand hierbei ist, kann man daran ermessen, dass die Tiere, wenn sie plötzlich abrutschen, oft eine ganze Strecke durch den weichen Agar fortgeschleudert werden. Um ihnen einen besseren Halt zu geben, setzten wir dem Agar sterilen Quarzsand in möglichst gleichmäßiger Verteilung zu — wir sehen auf den Abbildungen 3—6 einige Sandkörnchen —, aber selbst dann vermochten die Nematoden nicht die unverletzte Wurzelepidermis zu durchstoßen. Wo wir einen Wurm in gesundes Zellengewebe eindringen sahen, waren stets Verletzungen der äußersten Zellschichten vorhanden, wie sie bei dem Durchbruch der Seitenwurzeln aus dem Zentralzyylinder und durch die dem Agar zugesetzten scharfkantigen Quarzkörnchen entstehen. Wir glauben

1) A. Strubell, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Rübennematoden *Heterodera schachtii* Schmidt. *Bibliotheca zoolog.* Heft 2, 1888.

2) K. Marcinowski, Parasitisch und semiparasitisch an Pflanzen lebende Nematoden. *Arb. Biol. Anst. Land- u. Forstw.* VII. Bd., 1910.

auf Grund sorgfältiger Beobachtungen behaupten zu dürfen, dass der Rübenematode im vollen Gegensatze zu den bisherigen Anschauungen nur durch Verletzungen der Wurzelepidermis, wie sie an im Erdboden wachsenden Pflanzen durch Bodenteilchen, Bakterienangriffe, Tierfraß und durchbrechende Seitenwurzeln sicher zahlreich verursacht werden, eindringt. Er erweitert diese bereits vorhandenen Eingangspforten mit der Kopfkappe und vermag nun allerdings die zarteren Membranen der inneren Zellagen zu durchstoßen, alles aber ohne Benutzung des Mundstacheln.

In schwachen Wurzeln lässt sich der Weg der Larve mikroskopisch recht gut verfolgen. Wir sehen die Zellwände vor dem andringenden Tiere sich weit ausbuchen und schließlich nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze zerreißen. Wie es scheint, kommt es der Larve weniger darauf an, ihren ganzen Körper im Wurzelgewebe zu bergen als vielmehr das den Zentralzylinder umkleidende Endoderm zu erreichen. Dringt sie senkrecht zur Längsachse der Wurzel ein, so bleibt meist, je nach der Pflanzenart und dem Durchmesser der Wurzel, ein mehr oder minder großer Teil des Körpers außerhalb des Wirtsgewebes und das Tier entwickelt sich als Ektoparasit, findet dagegen der Vorstoß im spitzen Winkel zum Zentralzylinder statt, so hat die Larve einen weiteren Weg bis zu diesem zurückzulegen und sie wird zum Endoparasiten, wenigstens solange, bis durch die fortschreitende Turgeszenz des Körpers das Wirtsgewebe aufplatzt und den Parasiten freilegt, was bei den gewaltig anschwellenden Weibchen stets, bei den Männchen seltener geschieht.

Ist eine Larve im Innern einer Wurzel zur Ruhe gekommen, so tritt sofort der bis dahin unbenutzte Mundstachel in lebhafte Tätigkeit. In kurzen rhythmischen Stößen wird er bis etwa zu einem Drittel seiner Gesamtlänge in den Plasmakörper der den Kopf umschließenden Zelle gestoßen und wieder eingezogen, Hand in Hand mit seinen Bewegungen erfolgt ein Zusammenziehen und Erweitern des Oesophagealbulbus, der offenbar auf diese Art die flüssigen Plasmabestandteile durch den engen Stachelkanal ansaugt. Die nach Strubell in den oberen Teil des Oesophagus mündende „Stacheldrüse“ dient vielleicht zur Aufbereitung (Verflüssigung?) des pflanzlichen Plasmas, das wohl mit dem Zellsaft die einzige Nahrung der heranwachsenden Larve darstellt. Dass der Stachel als Saugorgan nicht besonders fest zu sein braucht, leuchtet ein. Und er ist es auch gar nicht! Strubell erwähnt, dass er die Spitze des Stachels, wenn sie auf einen festen Gegenstand stieß, mit der nachfolgenden Partie einen Winkel von fast 100° machen sah, ohne dass allerdings ein Bruch erfolgte und wir sahen sogar schon bei scharfen Einknickungen des Kopfendes eines noch in der

Puppenhülle befindlichen Männchens den Stachel im Kopfe sich säbelförmig krummbiegen. Der Mundstachel der *Heterodera schachtii* ist also zwar entsprechend seiner chitinigen Zusammensetzung sehr elastisch, aber durchaus nicht fest und starr, was zum Durchstoßen fester Membranen unbedingt notwendig wäre. Und nehmen wir einmal an, der Parasit könnte mit dem Stachel die derbe Wurzel-epidermis durchbohren, was wäre damit erreicht? Es entstände eine äußerst kleine Öffnung, welche die Festigkeit der Epidermis in keiner Weise beeinträchtigte und vielleicht einem Bakterium, aber niemals einem Organismus von der Größe der Nematodenlarve den Eingang gestattete. Bei der stumpfen Form des Vorderendes der Larven ist auch nicht daran zu denken, dass diese etwa durch allmähliche Erweiterung der geschaffenen Öffnung sich hineinzwängte.

Fassen wir auch den Mundstachel der halbparasitischen Nematoden nur als der Ernährung dienendes Saugorgan auf, so verstehen wir auch seine derbere Beschaffenheit. Gebrauchen die echten Parasiten diesen Apparat erst, wenn der Kopf bereits in einer Zelle steckt und allseitig von Plasma und Zellsaft umgeben ist, so werden die bestachelten Halbparasiten ihre Waffe entsprechend ihrer beweglicheren Lebensweise nicht immer unter gleich günstigen Bedingungen benutzen. Sie werden die von ihnen bevorzugten mehr oder minder weit in Zersetzung begriffenen Pflanzenteile bald von außen anstechen, was bei deren Beschaffenheit weniger Schwierigkeiten bietet als bei Angriffen auf gesundes Gewebe, bald werden sie, in dem kranken Gewebe umherwandernd, verschiedenen Stellen ihre Nahrung entnehmen, ein Modus, der ihren Mundstachel auch zuweilen mit festeren Zellbestandteilen in Berührung bringen muss.

Auch zur Frage der Entwicklungsmöglichkeit des Rübennematoden außerhalb gesunden Pflanzengewebes können wir einen kleinen Beitrag beisteuern. Strubell gibt an, in bloßer humusreicher Erde Larven in spätere Stadien (geschlechtsreife Weibchen und „fast fertig ausgebildete Männchen“) übergeführt zu haben. Auf den von uns benutzten Agarplatten fand niemals eine Weiterentwicklung der Jugendstadien außerhalb von pflanzlichem Gewebe statt. Die nicht in Wurzeln eingedrungenen Larven verhungern eher, als dass sie versuchten, aus dem Agar oder etwa aus den gewiss leicht anzusteckenden Pilzfäden und Wurzelhaaren Nahrung aufzunehmen. 14 Tage wohl reichen die hauptsächlich im Darm aufgespeicherten Reservestoffe, die die Larve aus dem Ei mitnimmt, währenddem wird der Körper immer zarter und durchsichtiger, die Darmzellen bekommen Vakuolen, die Bewegungen werden matter, bis schließlich das Tier an Erschöpfung zugrunde geht, ohne seine larvale Natur nur im geringsten geändert zu haben. Der Wider-

spruch zwischen Strubell's und unseren Erfahrungen wird aber durch folgende Beobachtung aufgeklärt:

Die Wurzel, in der sich die in Abb. 2 dargestellten Tiere niederließen, ging, wie auch die Abbildung erkennen lässt, unmittelbar darauf sehr schnell in Zersetzung über. Vier Tage blieben die eingedrungenen Larven unverändert, um am fünften zu dem im Bilde festgehaltenen Umfange anzuschwellen. Während nun die untere Larve offenbar aus Nahrungsmangel auf diesem Stadium stehen blieb und allmählich verhungerte, wie aus dem Verschwinden der körnigen Inhaltsstoffe und dem Auftreten größerer und kleinerer Hohlräume im Körper gefolgert werden konnte, verwandelte sich das andere Exemplar in weiteren fünf Tagen in eine männliche Puppe, in welcher sich der wachsende Wurm bald lebhaft hin- und herwand. Die Längsstreckung des Tieres hörte aber merkwürdigerweise schnell wieder auf. Zwei Tage später hat das wenig mehr als die Hälfte der normalen Länge messende Männchen mit der Kopfkappe die alte Larvenhaut durchbrochen und saugt eifrig in der oben beschriebenen Manier; man erkennt durch das in seinen Umrissen noch angedeutete Wurzelgewebe die für das Männchen charakteristische Mundstachelform und die beiden bei der Begattung eine Rolle spielenden Spicula. In den folgenden fünf Tagen verändert das Tier seine Lage innerhalb der Puppenhülle mehrfach, indem es bald durch die Öffnung am Kopfende der alten Haut Nahrung aufnimmt, bald sich umwendet und sein enges Gefängnis am hinteren Ende zu sprengen sucht. Am sechsten Tage ist die Puppenhaut der Länge nach aufgeplatzt und der Wurm in einiger Entfernung im Agar auf der Wanderung begriffen. Wie jetzt nochmals konstatiert wird, ist das Männchen, abgesehen von seiner abnormalen Kürze vollständig ausgebildet. Es wurde mittels einer Präpariernadel in die Nähe eines geschlechtsreifen Weibchens gebracht, doch konnte eine Begattung nicht bemerkt werden. Wir haben hier also den Fall, dass sich in mindestens im Absterben begriffenen Wurzelteilen ein lebensfähiges, allerdings nur zwergenhaftes Geschlechtstier entwickelte. Zur Kontrolle zerschnitten wir später in Agar gewachsene Wurzeln in mehrere 3—5 mm lange Teile und beobachteten auch hier, je nach dem Erhaltungszustand der abgetrennten Stücke eine mehr oder minder weitgehende Metamorphose der eingedrungenen Larven. So mögen auch in Strubell's Erde relativ gut erhaltene Pflanzenteile gewesen sein, welche den ja ausgesprochen polyphagen Parasiten die notdürftigste Nahrung boten. Gelegentliche Mitteilungen aus der Praxis scheinen diese Erklärung zu bestätigen.

Wir ziehen es vor, auf die Veröffentlichung einer Reihe weiterer Beobachtungen zu verzichten, da sie der Nachprüfung bedürfen und die „Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten“ in Halle a./S. auf dem

gleichen Gebiete arbeitet. Es sei uns nur noch gestattet, dem etwaigen Einwande zu begegnen, dass ein Experimentieren unter derartig künstlichen Verhältnissen wenig Wert habe. Gewiss lassen sich wie bei jedem Laboratoriumsversuche so besonders in unserem Falle die Ergebnisse durchaus nicht unmittelbar auf die natürlichen Verhältnisse übertragen, und doch können wir gerade mit Hilfe solcher oft unnatürlicher, dafür aber von uns innerhalb gewisser Grenzen regulierbarer Bedingungen vielen Fragen überhaupt erst ernsthaft zu Leibe gehen. Dass z. B. die Vermutung einer chemotaktischen Fernwirkung der Pflanzenwurzeln auf die Nematodenlarven wahrscheinlich zu Recht besteht, lehrt das Verhalten der Tiere auf einer mit Rübsen besäten Agarplatte. Ob dieser Reiz nur von den Wurzeln der als Wirte des Rübenematoden bekannten Pflanzen ausgeht oder ob die Wurzeln aller Pflanzenarten durch ihre Ausscheidungen die Larven anlocken, die Mehrzahl von ihnen aber gegen deren Angriffe geschützt ist, sei es rein mechanisch durch die Festigkeit ihrer Gewebe, sei es durch Abwehrstoffe, die sie produzieren oder durch das Fehlen einer für jene unentbehrlichen Nahrungsquelle, diese für eine erfolgreiche Bekämpfung des Schädlings geradezu fundamentale Frage muss sich auf dem angedeuteten Wege ebenso entscheiden lassen wie die Lehre von der Bildung biologischer Rassen von *Heterodera* infolge längerer Gewöhnung an eine bestimmte Pflanzenart — man unterscheidet vielfach zwischen einer Rüben-, Hafer- und Leguminosenrasse — und andere noch der Bestätigung durch den exakten Versuch harrende Lehrsätze.

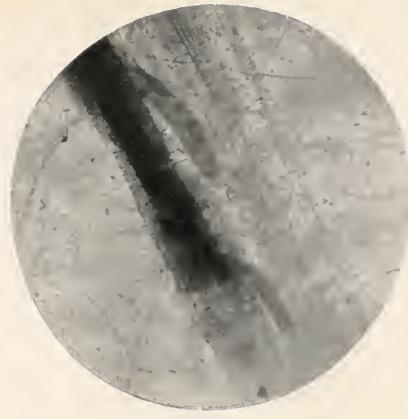
Tafelerklärung.

Abb. 2, 3, 5 und 6 wurden mit Zeiß Obj. C Okul. 2, Abb. 1 und 4 mit Zeiß Obj. C Okul. 4 aufgenommen.

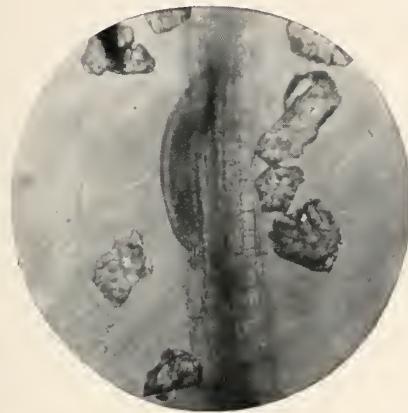
- Abb. 1. Erstes Larvenstadium von *Heterodera schachtii* in eine schon stark zersetzte Wurzel eindringend. Das Vorderende wird durch den Zentralzylinder der Wurzel verdeckt.
- Abb. 2. Zwei unbewegliche Larvenstadien von *Heterodera schachtii* an einer ebenfalls im Absterben begriffenen Wurzel. Während das untere Exemplar zugrunde ging, entwickelte sich das obere, größere zu einem allerdings infolge der ungünstigen Ernährungsverhältnisse nur zwergenhaften Männchen.
- Abb. 3, 4 und 5. Aufnahmen einer männlichen Puppe. Die in der Nähe der Wurzel befindlichen Quarzkörnchen erleichterten der Larve das Eindringen in das Wurzelgewebe.
- Abb. 3. Beginn der Differenzierung des Larvenkörpers innerhalb der als Puppenhülle dienenden alten Larvenhaut.
- Ahb. 4. Dieselbe Puppe vier Tage später. Der Wurm liegt aufgerollt in der Hülle.
- Abb. 5. Dasselbe Individuum nach weiteren vier Tagen. Die Metamorphose ist beendet, das Männchen steht im Begriff, die Puppenhaut zu sprengen. Der zur Zeit der Aufnahme 3 noch sterile Agar ist vielfach von Pilzhyphen durchzogen.
- Abb. 6. Junges Weibchen von *Heterodera schachtii*, welches zwei Quarzkörnchen als Stützpunkte benutzend, an der Durchbruchsstelle einer Seitenwurzel eingedrungen ist.



1



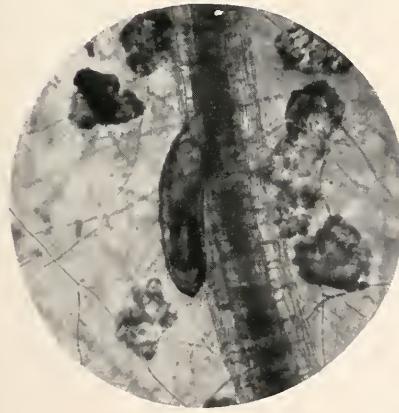
2



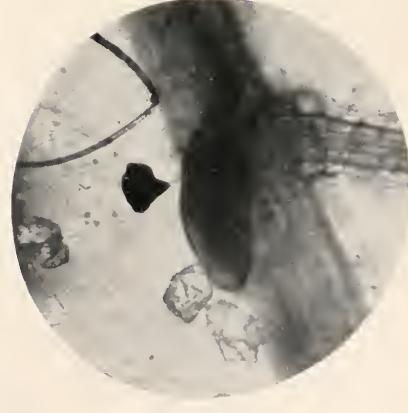
3



4



5



6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Berliner Ernst, Busch Kurt

Artikel/Article: [Über die Züchtung des Rüsselennematoden \(*Heterodera schachtii*\) Schmidt auf Agar. 349-356](#)