

D I E N E U E B R E H M - B Ü C H E R E I

RÜBEN- UND  
KARTOFFELÄLCHEN

von LOTHAR KÄMPFE

mit 19 Abbildungen



Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. · Leipzig

1952

Vor nicht allzu langer Zeit, im Jahre 1950, erschien ein Buch mit einer Fülle von Beobachtungsmaterial, in dem die Lebewelt des Bodens näher untersucht worden ist. Tierformen werden da genannt, denen man im täglichen Leben — sofern man kein Zoologe ist — eigentlich recht wenig Beachtung schenkt. Wir hören dort von einigen Lebewesen, die ihre Kleinheit durch eine hohe Individuenzahl aufwiegen. Sie finden sich sowohl im Ackerboden und im Waldboden als auch in der Grasnarbe einer Wiese und scheinen nirgends zu fehlen, wo die Feuchtigkeit des Bodens nur so weit ausreicht, daß sie ihr verborgenes Dasein fristen können.

Unter diesen Tierformen des Bodens nehmen die Nematoden oder Fadenwürmer einen besonderen Platz ein. Vertreter dieser Tiergruppe, die im ganzen viel einfacher gebaut sind als die allen bekannten Regenwürmer, kennen wir als arge Parasiten des Menschen und der Haustiere. Es sind die Spulwürmer (*Ascaridae*), die besonders nach 1945 stellenweise in Deutschland eine ernste Gefahr für die Bevölkerung darstellten. Für den Wissenschaftler sind diese leicht zu beschaffenden Tiere schon seit langem ein dankbares Forschungs- und Beobachtungsobjekt. Wichtige Erkenntnisse im Ablauf der Eireifung und -befruchtung sind an diesen Tieren gewonnen worden.

Unter den Nematoden treten wahre Riesen und auch mikroskopisch kleine Arten auf. Aber von solchen Riesenformen, von denen kürzlich SKRJABIN berichtete, die eine Länge von 8 Meter erreichen und in der Gebärmutter vom Braunfisch (*Phocaena phocaena*), einem Meeressäuger, gefunden wurden und zur Gattung *Gigantonema* gehören, wollen wir uns hier nicht befassen. Es sind vielmehr die kleinen, meist unter einem Millimeter großen Formen, die im Erdreich zu Hause sind. Ihre Kleinheit ist aber unter keinen Umständen mit ihrer Bedeutungslosigkeit gleichzusetzen.

FRANZ, der Verfasser des oben genannten Werkes, hat im Alpengebiet umfangreiches Beobachtungsmaterial gesammelt und gibt an, daß in einem Ackerboden pro Quadratmeter nicht weniger als 10 Millionen solcher oft mikroskopisch kleiner Nematoden leben, im Waldboden sind es 8 Millionen und in einem Wiesenboden immer noch 7 Millionen. Die Bedeutung einer so großen Anzahl von Individuen für die Biologie des Bodens ist noch recht wenig erforscht; sie dürfte jedoch nicht zu unterschätzen sein.

Die Mehrzahl dieser ständig oder vorübergehend im Boden vorhandenen Nematoden lebt von sich zersetzenden tierischen oder pflanzlichen Stoffen. Man bezeichnet solche Formen deshalb auch als Saprobionten (Fäulnisbewohner). Man kann sie nach wenigen Tagen in einem Blumentopf finden, auf dessen Erde ein toter, in Stücke zerhackter Regenwurm gelegt wurde. Man muß nur für ausreichende Feuchtigkeit sorgen, ohne daß dabei Schimmelbildung auftritt. Solche zur Gattung *Rhabditis* gehörenden Nematoden entwickeln sich sehr schnell, wenn sie zusagende Lebensbedingungen finden; und schon nach Ablauf von drei Tagen sind eben aus dem Ei geschlüpfte Jungtiere in der Lage, selbst zur Fortpflanzung zu schreiten. Um so verständlicher ist es, daß die Tiere im Boden in so großer Menge leben.

Sorgen diese zu den Fadenwürmern gehörenden Saprobionten für die Beschleunigung des Kreislaufes der lebensnotwendigen Stoffe im Boden und sind uns Menschen als Nutznießer des Bodens damit willkommene Helfer, so haben sie leider auch Verwandte, die uns weniger sympathisch sind und deren Lebensäußerungen letztlich unsere Arbeit und den Erfolg unseres Mühens um das tägliche Brot schmälern. Diese Nematoden begnügen sich nicht mit abgestorbenen Pflanzen oder Tieren im Boden — nein, sie greifen direkt oder indirekt lebende Organismen an, zehren von ihnen oder leben in ihnen. Es sind die echten Parasiten unter den Nematoden, von denen uns besonders einigen Pflanzenparasiten interessieren sollen. Es gibt wohl kaum eine Pflanze unserer Äcker, die nicht von irgendeinem besonders spezialisierten Nematoden angegriffen würde.

Die deutschen Rüben- und Kartoffelanbauer sind ebenso bedroht wie die Besitzer von Zuckerrohrplantagen in Jamaica; die gleiche Gefahr besteht für die Obstkulturen in Kalifornien wie für das Frühgemüse in Holland oder für die Alpenveilchen im Gewächshaus einer mittel-deutschen Gärtnerei.

Sind unter den Nematoden ohnehin Lebenskünstler der verschiedensten Art zu finden, die in extreme Lebensräume vorgedrungen sind, so kennen wir von den Pflanzenparasiten unter ihnen ebenfalls besondere Leistungen. — Wir finden Nematoden in warmen Quellen ebenso wie in salzigem Wasser, sie scheuen nicht die scharfen Verdauungssäfte im Verdauungskanal der Wirbeltiere und treten als eine weit verbreitete Form in Gestalt des Essigälchens in Essig und saurem Kleister auf. Die Pflanzenparasiten unter ihnen haben in einigen ihrer Vertreter wahre Hungerkünstler hervorgebracht. Es sind dies die Weizenälchen, die — wie andere Nematoden auch — wegen ihrer aalförmigen Gestalt Ä l c h e n heißen und die in den sog. gichtkranken Weizenkörnern eine

Ruhepause bis zu 27 Jahren, wie einwandfrei beobachtet wurde, ohne weiteres durchstehen können. Ja, man wollte in Getreide aus alten ägyptischen Mumienbeigaben solche Älchen gefunden und wieder zum Leben erweckt haben. Aber das dürfte selbst für Nematoden zu lange sein, und wir müssen eine solche Angabe wohl als Legende zu einigen übrigen dieser Art legen.

Waren 27 Jahre völliger Ruhe schon eine beachtliche Leistung, so wird sie noch übertroffen von einem anderen Nematoden, *Tylenchus polyhypnus*, bei dem nach amerikanischen Angaben noch nach 39 Jahren eine Wiederbelebung möglich war.

Nachdem wir einiges Allgemeine über die Älchen gehört haben, ist es notwendig, daß wir etwas über ihr Aussehen und ihre Gestalt erfahren. Wie oben schon einmal erwähnt, ist es der aalartige Typus, der hier in einer Miniaturausgabe wiederkehrt und zum Namen Älchen geführt hat. Auch der wissenschaftliche Name *Nematode* deutet auf die langgestreckt-fadenförmige Gestalt hin. Nur wenige Ausnahmen gibt es; die Weibchen der nachher genauer zu betrachtenden Rüben- und Kartoffelälchen haben die schlanke Gestalt gegen einen anderen Vorteil eingetauscht.

Die kleinen Arten, so auch unsere Pflanzenparasiten, lassen unter dem Mikroskop schon bei schwacher Vergrößerung eine Reihe von Einzelheiten gut erkennen. — Die Tiere bestehen aus zwei Schläuchen, von denen der äußere den sog. Hautmuskelschlauch darstellt, so bezeichnet, weil Hautbedeckung und Muskelzellen innig miteinander verbunden sind. Der innere Schlauch stellt den Darm dar, der den Tierkörper vom Kopfende bis nahezu zur Schwanzspitze als gerade gestrecktes Rohr durchzieht. Die Haut ist durch eine äußerst widerstandsfähige Kutikula geschützt. Ihre Resistenz gegen Chemikalien verschiedenster Art ist ganz erstaunlich.

Der Darm beginnt am Kopfende mit der Mundöffnung, die bei Pflanzenparasiten häufig mit einem festen, chitinösen Stachel bewehrt ist, der durch kräftige Muskeln vor- und zurückbewegt werden kann. Außerdem münden hier Drüsen ein; und bei einigen Formen ist ein Organ beschrieben worden, das man Amphidialorgan genannt hat und das als Geruchsorgan dienen soll. Über verschiedene Anschwellungen führt der Verdauungskanal schließlich in den eigentlichen Darm, der kurz oberhalb der Schwanzspitze im After ausmündet. Der Hohlraum zwischen Darm und Körperwand wird von den Geschlechtsdrüsen erfüllt, die besonders bei Parasiten eine hohe Zahl von Geschlechtsprodukten hervorbringen. Die überflüssigen Abbauprodukte, die bei uns von der Niere und den übrigen Harnorganen ausgeschieden werden, werden bei den

Nematoden in einem langen Kanal gesammelt und durch eine kleine Öffnung — einen Porus — nach außen entleert.

Schließlich sind auch Nerven vorhanden, die in Längssträngen den Körper durchziehen und um den Schlund eine ringförmige Anschwellung bilden.

Wir werden später sehen, in welcher ausgezeichneten Weise die Nematoden ihrer Umwelt gegenüber angepaßt sind, obwohl ihr Gesamtbauplan relativ einfach ist.

Die Nematoden sind im allgemeinen getrenntgeschlechtlich, d. h. Männchen und Weibchen treten auf, und ihre Geschlechtsprodukte müssen sich vereinigen, um Nachkommenschaft zu erzielen. Daneben gibt es aber auch eine Reihe von Ausnahmen. So finden sich Zwitter (Hermaphroditen), die an Stelle der Fremdbefruchtung die Selbstbefruchtung aufweisen. Man stellt sich vor, daß die Männchen immer mehr zurückgegangen sind und schließlich keine Funktion mehr ausübten, so daß es zur Selbstbefruchtung kommen mußte. Der nächste Schritt in der Rückbildung der Verschiedengeschlechtlichkeit wäre dann in der Jungfernezeugung (Parthenogenese) zu erblicken, wobei ein Weibchen ohne Fremd- oder Selbstbefruchtung in der Lage ist, entwicklungsfähige Nachkommen zu produzieren. Bei einigen Nematodenarten sind die Übergänge so fließend, daß wir offenbar unmittelbarer Zeuge eines Entwicklungsvorganges in der Lebewelt sind. Die Wissenschaftler finden hier ein reiches Feld für neue, erkenntnisreiche Beobachtungen.

Aus der Vielfalt der Nematoden wollen wir nun zwei eng verwandte Arten herausgreifen und näher betrachten, um einen kleinen Einblick in die interessanten Lebenserscheinungen, die auch ein kleiner Nematode hervorbringt, zu gewinnen. Außerdem greifen diese kleinen Nematoden unmittelbar in unsere landwirtschaftliche Erzeugung ein.

Daran pflegen wir kaum zu denken, wenn wir unseren Tee mit einem Löffel Zucker süßen oder wenn wir eine Schüssel dampfender Kartoffeln als gewohnte Speise auf dem Mittagstisch sehen. Daß die Höhe der Zuckerrüben- und Kartoffelernte neben vielen anderen wichtigen Faktoren auch von eben den kleinen Älchen mitbestimmt wird, die wir nun genauer kennenlernen wollen, wissen viele nicht. Schließlich ist diese Erkenntnis auch noch nicht viel älter, als ein Menschenleben dauern kann.

Seit MARGGRAF und ACHARD den Weg zur Gewinnung von Zucker aus Rüben gewiesen hatten, nahm der Rübenanbau besonders in Mitteleuropa einen stetigen Aufschwung. Er wurde in zunehmendem Maße ein bedeutender Erwerbszweig der Landwirtschaft und damit ein

wirtschaftlicher Faktor von steigendem Interesse. Mit dem intensivierten Anbau der Zuckerrüben, der häufig jahrelang hintereinander ohne Fruchtwechsel erfolgte, steigerten sich auch die Schäden, die an den Rüben auftraten. So klagten die Anbauer immer wieder über ein Nachlassen der Erträge aus ungewissen Gründen. Nährstoffmangel im Boden sollte die Ursache sein. „Der Boden ist rübenmüde geworden“, hieß es, und damit umschrieb man eine Erscheinung, deren Ursache man noch nicht erfassen konnte.

Im Jahre 1859 — also vor nunmehr fast 100 Jahren — machte der Bonner Botaniker SCHACHT eine scheinbar nicht allzu wichtige Beobachtung. Er fand nämlich an den feinen Wurzeln der Rüben „kleine weiße Pünktchen“ von der Größe eines Stecknadelkopfes in so großer Menge, daß sie seine Aufmerksamkeit erregten. Im Inneren des „häutigen Sackes“ vermutete er zahllose, „vielleicht über 1000 Eier“, wie er in einer Fachzeitschrift mitteilte. Zwei damals führende Wurmspezialisten, die zu Rate gezogen wurden, bestätigten die Vermutung, daß es sich um Nematoden handeln müßte. Drei Jahre später konnte SCHACHT die näheren Einzelheiten mitteilen, nachdem er Männchen und Weibchen beobachtet hatte. Bereits ein Jahr, bevor SCHACHT von den „kleinen weißen Pünktchen“ gesprochen hatte, hatte BAUMANN aus Buckau die Nematoden als die schlimmsten Feinde der Zuckerrübe bezeichnet, ohne allerdings ihre tierische Natur erkannt zu haben.

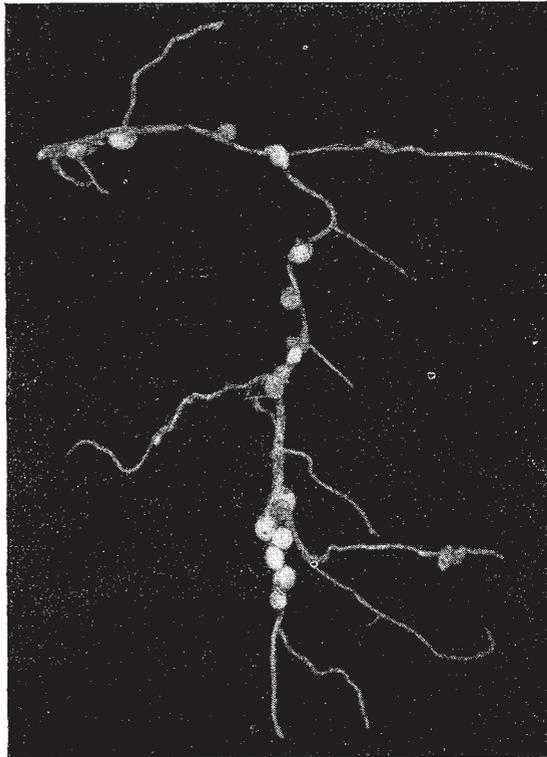


Abb. 1. Seitenwurzel der Zuckerrübe mit weißen Weibchen des Rübenälchens besetzt.  
Aufnahme HARTWIG.

SCHACHTS Kenntnisse verhallen ungehört, und erst ein Jahrzehnt später nahm der Archidiakonus SCHMIDT in unserem mitteldeutschen Raum, der mehr und mehr zur bedeutendsten Zuckerrübenanbaufläche Deutschlands werden sollte, die Untersuchungen erneut auf. Er reihte den Parasiten in das System ein. Veranlaßt durch die verschiedene Gestalt der Geschlechts-tiere wählte er die Gattungsbezeichnung *Heterodera*, der er für das Rüben-älchen als Artbezeichnung den Namen SCHACHTS beifügte.

Die bedeutenden Arbeiten des Halleschen Gelehrten KÜHN klärten dann das Rätsel der Rübenmüdigkeit endgültig auf. Das Rübenälchen *Heterodera schachtii* SCHMIDT wurde damit als Ursache der Rübenmüdigkeit entlarvt und den Landwirten durch KÜHN erste Bekämpfungshinweise gegeben.

Unsere Aufgabe soll es nun sein, das Rübenälchen auf seinem Lebensweg genauer zu verfolgen. Wir wollen dazu an die von SCHACHT erstmalig beschriebenen „kleinen weißen Pünktchen“ anknüpfen, die ihm zufällig aufgefallen waren. Wir finden sie an Rüben, die auf verseuchten Äckern gewachsen sind, besonders reichlich Ende Juni bis Anfang Juli und dann nochmals Ende August bis September. Sie hängen an den feinen Seitenwurzeln des Rübenkörpers. Ihre Größe schwankt zwischen 0,5 und 1 mm. Mit Hilfe einer guten Lupe oder schwacher mikroskopischer Vergrößerung läßt sich unschwer ihre typische, zitronenförmige Gestalt erkennen.

Was haben diese eigenartigen Gebilde nun mit einem Nematoden zu tun, dessen Körperform nach der vorhin gegebenen Beschreibung ja lang-fadenförmig und nicht kugelig-dick sein sollte? Hier stoßen wir auf die erste Merkwürdigkeit, mit der diese Tiere ausgezeichnet sind. Es handelt sich nämlich um reife Weibchen, die — zitronenförmig aufge-trieben — in ihrem Inneren fast ausschließlich Eier bergen. Je nach

Größe dieser reifen Weibchen enthalten sie 150 und mehr Eier, bisweilen bis 400 Stück. In den Eiern, die durch Zerquetschen der Weibchen heraustreten, erkennt man deutlich die gewundenen, zusammengerollten jungen Nematoden, die Larven also, die jetzt auch tatsächlich langgestreckt-wurmförmige Gestalt

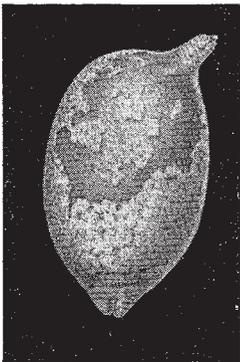


Abb. 2. Weibchen des Rübenälchens mit Resten der alten Larvenhaut (rechts oben Mundöffnung, unten Geschlechtsöffnung). Nach STRUBELL.

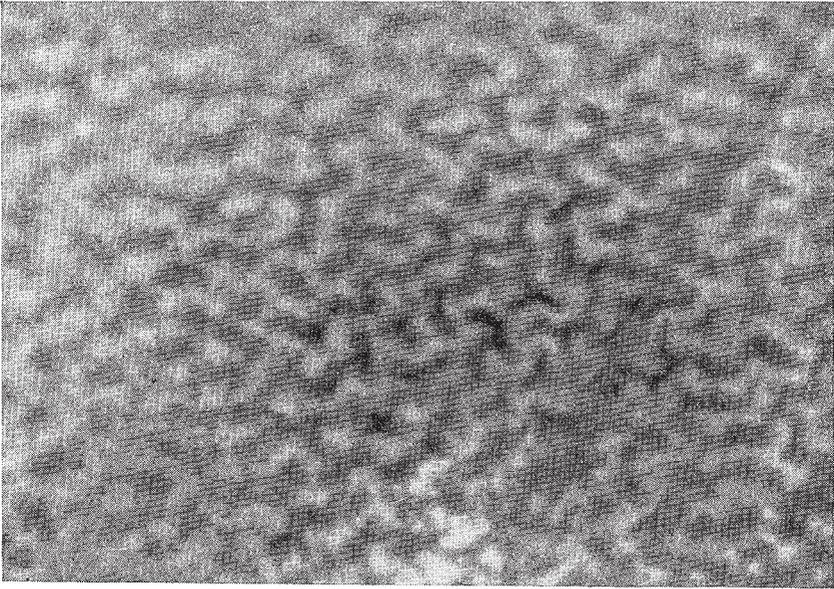


Abb. 3. Oberflächenstruktur einer braunen Zyste des Rübenälchens.  
Stark vergrößert. Aufnahme Verfasser.

haben. Durch den Druck des Deckglases werden häufig einige schlüpfreife Larven aus den Eiern herausgedrückt. Sie beginnen — soweit sie unverletzt sind, sich bald schlängelnd zu bewegen.

Wir haben damit bereits drei Phasen aus dem Lebenszyklus unserer Rübenälchen — die Verhältnisse beim Kartoffelälchen (*Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER) liegen sehr ähnlich — kennengelernt. Es waren dies die Eier, die daraus freiwerdenden Larven und das Muttertier als weiße, winzige Zitrone selbst. Das Auftreten dieser drei Zustände, die recht verschieden voneinander sind, schließt die Notwendigkeit einer Metamorphose — einer Umwandlung mit verschiedenartigen Durchgangsstadien — in sich. Unter natürlichen Verhältnissen werden die jungen Nematodenlarven selbstverständlich nicht aus dem Weibchen herausgequetscht. Die weißen, dicken Weibchen lösen sich vielmehr von den Wurzeln, in denen sie mit ihrem Kopfteil steckten und nehmen eine tiefbraune Farbe an. Gleichzeitig wird die Haut dieses nunmehr als Zyste zu bezeichnenden Gebildes lederartig fest. Die Umbildung und Umfärbung kann sich schon an der Wurzel vollziehen, sofern das weiße Weibchen seine Entwicklung abgeschlossen hat.

Die Umbildung des weißen Weibchens in eine braune Dauerzyste stellt