

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 53A (1943)

Artikel: Über Methoden zur quantitativen Bestimmung der im Boden freilebenden Nematoden
Autor: Stöckli, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-676343>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über Methoden zur quantitativen Bestimmung der im Boden freilebenden Nematoden.

Von A. Stöckli.

Eidg. landwirtschaftliche Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon.

Eingegangen am 11. Mai 1942.

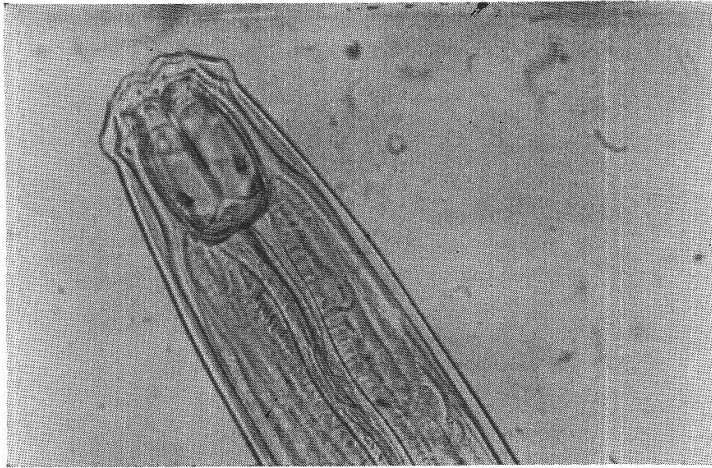
1. Einleitung.

Die Bezeichnung Bodennematoden umfaßt alle im Boden freilebenden Nematoden. Ein allgemein anerkanntes System, das zwischen parasitisch und freilebenden Nematoden unterscheidet, gibt es noch nicht. Dazu sind die verwandtschaftlichen Verhältnisse der einzelnen Arten sowie ihre Lebensgewohnheiten noch zu wenig abgeklärt. Nach der Ernährungsweise lassen sich die Bodennematoden in folgende *ökologische Gruppen* unterteilen :

Omnivore Arten,
Carnivore Tiere,
Nekrobionten,
Saprobionten.

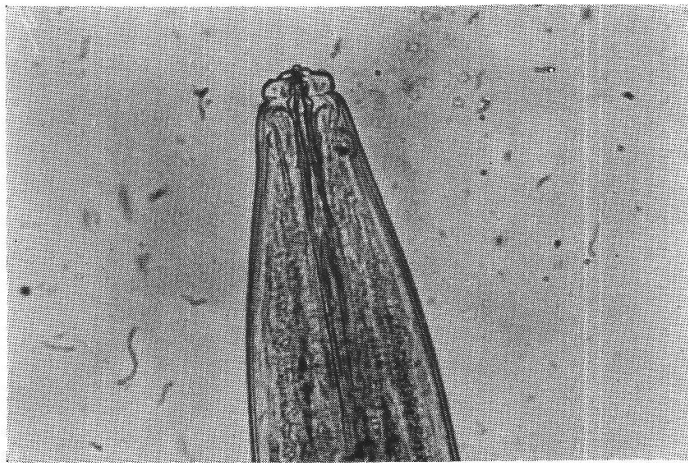
Aber auch die Ernährungsweise gestattet uns keineswegs, eine scharfe Trennung zwischen Parasiten und freilebenden Arten vorzunehmen, da es unter den Bodennematoden sehr viele sogenannte Gelegenheits- oder Semiparasiten gibt. Besonders schwierig gestaltet sich die Abgrenzung bei denjenigen Arten, in denen sich alle Übergänge von freier zu tierparasitischer Lebensweise finden. Die freilebenden omnivoren Nematoden ernähren sich sowohl von toter und lebender organischer Substanz. Auf ihrer Speisekarte stehen : Pilzfäden, Pilzsporen, Algen, Bakterien, Protozoen, Rädertiere, Tardigraden, Nematoden, Oligochaeten, Larven, Eier, Insekten; aber auch frisch abgestorbenes oder krankes Material, wie auch Ausscheidungen tierischer und pflanzlicher Herkunft werden von ihnen nicht verschmäht. Zu den omnivoren Nematoden gehören Vertreter der Familie der *Dorylaimen*. Viele davon besitzen einen Stachel, der dem Kiel einer Gänsefeder gleicht und wie dieser im Innern einen Kanal aufweist. Sofern sie sich von lebender Beute ernähren, bevorzugen sie tierische Kost. Die nicht stacheltragenden *Dorylaimen* findet man vorzugsweise in faulenden Pflanzenteilen. Doch spielen sie nur eine sekundäre Rolle, indem sie vollenden, was andere begonnen haben. Die *Dorylaimen* sind ziemlich große, stets schlanke Tiere von $\frac{1}{2}$ —9 mm Länge.

Tafel 4



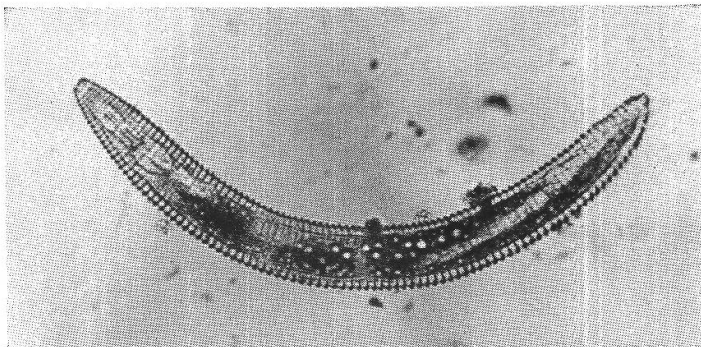
Figur 1.

Mononchus dolichorus Ditlevsen. Im hintern Drittel der Mundhöhle sind zwei nach rückwärts gerichtete Zähne sichtbar. Vergröß. 300 ×. Photo A. St.



Figur 2.

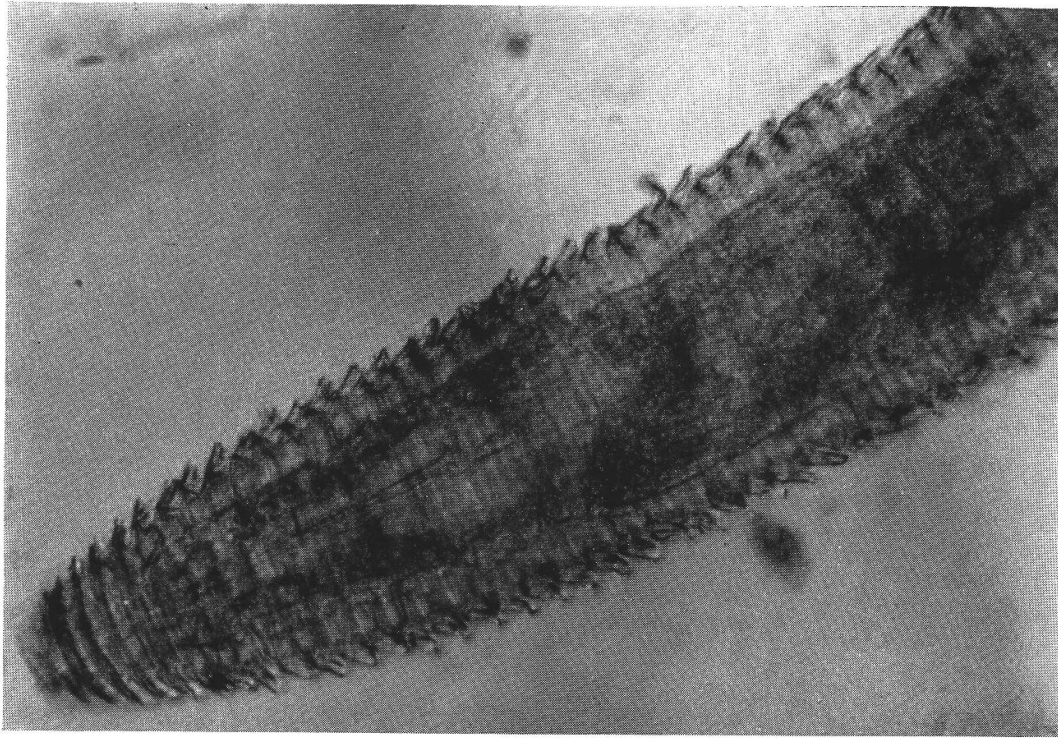
Dorylaimus spez. Mundhöhle mit chitinisierten Ausbuchtungen und einem Führungsring. Stachel gänsekielförmig. Vergröß. 300 ×. Photo A. St.



Figur 3.

Criconema rusticum Micoletzky. Körperringel glatt. Vergröß. 300 ×.
Photo A. St.

Tafel 5



Figur 4.
Jota menzeli Micoletzky. Körperringel mit nach hinten gerichteten Schuppen.
Vergröß. 450 \times . Photo A. St.



Figur 5.
Ermittlung der Zahl der Bodennematoden durch Mikroskopieren kleiner Bodenmengen in wässriger Aufschlammung.

Zu den ausschließlich räuberisch lebenden Fleischfressern gehören einige Arten der Gattung *Mononchus*. Es sind ebenfalls kräftig gebaute Tiere.

Neben den vielen Arten, die als ausschließliche Sapro- und Nekrobionten tätig sind, müssen auch die sogenannten Ektoparasiten als freilebende Bodennematoden angesprochen werden. Diese sind durch die Gruppe der sogenannten *Hoplolaimen* vertreten. Aber auch die Larven vieler Pflanzenparasiten aus der Gruppe der *Tylenchinen* halten sich vorübergehend im Boden auf. Gewisse Arten der stacheltragenden Pflanzenälchen beschränken sich aber bezüglich ihrer Ernährung nicht ausschließlich auf lebende Pflanzen. Viele davon sind nur fakultative Parasiten, indem sie sich ebenso gut auch von toter organischer Substanz wie auch von tierischen und pflanzlichen Mikroben des Bodens zu ernähren vermögen. Die Pflanzenälchen besitzen als Jugendform einen dreiteiligen Stachel. Es sind vorwiegend kleine, mit wenigen Ausnahmen höchstens 1 mm lange Tierchen. Anders gestaltet sind nur die Vertreter der Gattung *Heterodera*, deren Weibchen einen sackartig angeschwollenen Leib haben.

Ziehen wir weiterhin in Betracht, daß nicht nur Pflanzen, sondern auch Bodentiere wie Schnecken, Spinnen, Tausendfüßler, Insekten, Asseln, Würmer, ja selbst Nematoden ihre Nematodenparasiten haben können, deren Larven sich zeitweise frei im Boden aufhalten, dann erkennen wir, daß unter dem Begriff freilebende Bodennematoden eine Gesellschaft zusammengefaßt wurde, deren einzelne Glieder nicht nur in morphologischer Beziehung, sondern auch in bezug auf Ernährung, Herkunft, Lebensansprüche und Lebensgewohnheiten die größtmöglichen Verschiedenheiten aufweisen.

Soweit unsere Kenntnisse reichen, sind die zooparasitären Arten unter den freilebenden Bodennematoden von untergeordneter Bedeutung, so daß die Sapro- und Nekrobionten, die omni- und carnivoren, wie auch die semiparasitär sich ernährenden Tiere als die eigentlichen freilebenden Bodennematoden zu betrachten sind.

2. Die quantitative Ermittlung der freilebenden Bodennematoden.

Die Abklärung der Bedeutung der freilebenden Bodennematoden für die Bodenbiologie kann durch die Ermittlung ihres zahlenmäßigen Auftretens stark gefördert werden. Wie aber die Bestimmung der Arten mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, so stehen auch der genauen quantitativen Erfassung der Bodennematoden verschiedene Hindernisse im Wege. Es ist beispielsweise zum vornherein ausgeschlossen, in einem mit Nematodenparasiten befallenen Grundstück die Zahl der als eigentliche Bodennematoden zu taxierenden Tiere feststellen zu wollen. Zudem

gibt es heute noch keine Methode, die erlaubt, alle Nematoden, sowohl die ausgewachsenen Exemplare, die Eier und die Larven zu erfassen. Da die vollständige Isolation der kleinen Nematoden von den Bodenteilchen technisch noch nicht möglich ist, sind auch die mit den neuesten Verfahren erzielbaren Ergebnisse als Mindestwerte zu taxieren. Neben dieser mechanischen Schwierigkeit bestehen die weiteren Unzulänglichkeiten darin, daß eine gleichmäßige Verteilung der Nematoden selten anzutreffen ist. Physikalische und chemische Bodeneigenschaften, das Entwicklungsstadium der Vegetation, ungleiche Verteilung von totem organischem Material, die Stärke der Bewurzelung, die Anwesenheit von andern Bodenbewohnern mit ihren Stoffwechselprodukten usw. sind Faktoren, welche die Verteilung der Nematodenfauna stark beeinflussen können. In Zersetzung befindliche organische Substanz und keimende Samen können Anziehungspunkte sein. Bei Untersuchungen großer Proben zwecks Ausschaltung des Einflusses der ungleichen Verteilung verursacht die Trennung der Nematoden von den Bodenteilchen große Mühe und beansprucht viel Zeit. Werden jedoch kleine Mengen Boden mit der Lupe oder dem Mikroskop möglichst genau auf die Anwesenheit von Nematoden geprüft, so lassen sich die dabei gewonnenen Resultate aus den oben angeführten Umständen nur mit Vorsicht auf größere Bodenmengen umrechnen. Wenigstens sollten dann für solche Umrechnungen nur die Durchschnittswerte von mehreren Untersuchungen herangezogen werden.

Die ersten Autoren, die sich mit der Bestimmung der Zahl der Nematoden im Boden befaßten, entschlossen sich daher für die Untersuchung von größeren Bodenproben. Der erste, der in der Schweiz das zahlenmäßige Auftreten der Bodennematoden studierte, war K. D i e m. In seiner im Jahre 1903 erschienenen Dissertation (Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen) hat er auch die Bodennematoden in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen. Über die hierzu benützte Methode schreibt er folgendes :

« In den meisten Fällen haben wir eine Fläche von $25 \cdot 25 \text{ cm} = \frac{1}{16} \text{ m}^2$ untersucht. Die Flächenmaße haben wir stets parallel der Oberfläche des Bodens, die Tiefenmaße senkrecht zur Oberfläche genommen. Die Abgrenzung der einzelnen Bodenschichten ist in manchen Fällen kaum möglich; wir haben dann festgestellt, wie weit die Hauptmasse der Wurzeln reicht, und bezeichnen diese Schicht als Wurzelregion.

Sie umfaßt je nach Mächtigkeit der Humusschicht 2—15 cm; im Durchschnitt der Proben 8—10 cm.

Zur zoologischen Analyse der Bodenprobe verwendete ich ein 2-mm-Drahtsieb von 20 cm Durchmesser und 2 cm hohem Rand. Ich brachte nach und nach kleine Portionen der vorher zerteilten und von gröberem Steinen, Pflanzenteilen und größeren *Lumbriciden* befreiten Erde auf das Sieb und siebte davon einen feinen Belag (zirka 1 mm dick) auf schwarzes Wachstuch. Das Auffinden der Tiere wollte zuerst nicht recht gelingen. Besseren Erfolg hatte ich, als ich begann,

Tabakrauch über die fein gesiebte Erde blasen. In der vorher fast tot erscheinenden Masse erwachte reges Leben. Nicht nur *Enchytraeiden* und *Nematoden*, auch *Acariden*, *Collemboden*, selbst die kleinsten *Arthropodenlarven* und -puppen begannen sich lebhaft zu bewegen und zu krümmen. Zur vollständigen Durchsichtung bediente ich mich zuletzt der Lupe. Den im Sieb verbleibenden Rückstand, Steinchen, Wurzelfilz usw. durchsuchten wir besonders, wobei dann nicht nur größere Tiere, sondern auch an Wurzeln haftende oder eingefressene kleinere *Nematoden* gefunden werden konnten. Durch mehrere Kontrollversuche, mehrmaliges Durchsieben der gleichen Erde ohne weitere Funde überzeugten wir uns von der Richtigkeit der gewonnenen Resultate, soweit sie sich auf mit der Lupe noch erkennbare Tiere beziehen. Einige *Nematoden*, die sich im Wurzelwerk versteckt aufhielten, mögen entkommen sein. »

Über die gewonnenen Resultate berichtet der Autor wie folgt :

« Frühere Erhebungen über das quantitative Vorkommen von *Nematoden* im Boden sind uns keine bekannt. Die absoluten Zahlen unserer Ergebnisse dürfen nicht schablonenhaft aufgefaßt werden, ist es doch fast unmöglich, bei der durchschnittlich geringen Größe der Tiere alle zu sammeln und zu beobachten. Die *Nematoden* bilden einen, zwar nach Quantum und Zahl verhältnismäßig kleinen, aber fast überall vertretenen Bestandteil der Bodenfauna der untersuchten Gebiete. Nur in 14 von im ganzen 86 Proben fehlten sie ganz; in 38 Proben finden sie sich aber nur in kleiner Anzahl (1—15 Stück); in 31 Proben fanden wir 16 bis 90 und in 3 Proben 100—260 Individuen. Die weitaus am zahlreichsten vorkommenden kleinen und mittelgroßen bis 20 mm langen Bodennematoden fanden wir meistens in der obersten humosen Schicht, in der Wurzelregion von 2—10 cm Tiefe. Die größeren Formen von 2—14 cm Länge waren fast ausschließlich in größeren Tiefen, 30—40 cm unter der Oberfläche. »

Nach dem heutigen Stand der Kenntnisse der Bodennematoden, dürfte es ohne weiteres klar sein, daß man mit einer Auslesemethode, die sich mit keinem andern Hilfsmittel als einer gewöhnlichen Leselupe bedient, nur der größeren Bodennematoden habhaft werden kann. Es ist deshalb erstaunlich, daß *Frenzel* noch im Jahre 1936 bei seiner Arbeit « Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens » die Zahl der *Nematoden* immer noch nach dem gleichen Verfahren ermittelt wie *Diem*. Er macht allerdings zu seinen Ergebnissen folgende Vorbehalte:

« Die kleineren Arten wurden beim Aussuchen auf braunem Papier übersehen. Durch diesen Umstand ist meine *Nematodenausbeute* etwas einseitig und nur auf die größeren Arten beschränkt. Sie umfaßt in der Hauptsache nur die Gattungen *Mononchus*, *Dorylaimus* und gewisse *Mermithiden*. »

Von der Gesamtzahl der von *Frenzel* ermittelten Bodenfauna erreichen die größeren Bodennematoden einen Anteil von 6,5 %. Sie finden sich über eine Bodentiefe von 25 cm gleichmäßig verteilt, wobei ebenfalls die Tatsache zu erwähnen ist, daß die *Mermithiden* sich mit Vorliebe erst in einer Bodentiefe von 20 cm und mehr aufhalten.

Wir haben die Ergebnisse der beiden Autoren an einer Reihe von Wiesen-, Acker- und Waldböden nachgeprüft. Um direkt vergleichbare Werte zu erzielen, wurden die Ergebnisse auf die oberste, 15 cm mächtige Bodenschicht von 1 m² Fläche umgerechnet.

Tabelle 1.

Die Anzahl der großen Bodennematoden pro m² bis zu einer Tiefe von 15 cm.

Bodennutzung	Autoren		
	Diem 1903 Alpen	Frenzel 1936 Schlesien	Stöckli 1938 Schweiz. Mittelland
Wiese	2400	1500	3200
Wiese	350	1850	2800
Wiese	900	1020	2100
Wiese	90	2640	1300
Acker			1300
Acker			900
Acker			800
Acker			700
Alpweide	150		
Alpweide	500		
Laubwald	700		650
Nadelwald	150		700

Es ist auffallend, daß trotz der verschiedenen Herkunft der Proben die Ergebnisse gut übereinstimmen. Da jedoch mit der Sieb- und Auslesemethode nur die ausgewachsenen Exemplare der großen Bodennematoden erfaßt werden können, geben die gewonnenen Resultate keine befriedigende Auskunft. Man hat daher nach anderen Verfahren Ausschau gehalten. C o b b beschreibt 1918 ein Vorgehen, das die Nematoden durch Schlämmen und Sieben von den Bodenteilchen zu trennen versucht. Der Autor beschreibt sein Verfahren wie folgt :

« Eine Bodensäule von 40,5 cm² Grundfläche und 15 cm Höhe wird mit Hilfe eines Zylinders ausgestochen und in einem Gefäß mit einer 10—20fachen Menge Wasser vermischt. Der Boden wird mit Hilfe von Preßluft gut mit dem Wasser vermischt. Dabei ist darauf zu achten, daß sich die festen Teilchen nicht absetzen können. Hierauf werden nur während fünf Sekunden die gröbern Bestandteile absitzen gelassen. Die überstehende Flüssigkeit wird rasch in ein Gefäß umgeschüttet. Das Sediment wird mehrere Male mit Wasser gewaschen, um die anhaftenden Nematoden abzuspielen. Das Wasser wird dem ersten Abguß einverleibt. Dieser Prozeß wird wiederholt, bis die anorganischen Bestandteile frei sind von Nematoden. Die Flüssigkeit wird dann durch eine Anzahl übereinanderstehender Siebe gegossen mit Maschenweiten von 1,6—0,126 mm. Während das Wasser durch die Siebe fließt, werden dieselben leicht bewegt. Durch das Sieb mit 1,6 mm Maschenweite gehen alle Nematoden. Um sicher zu sein, ob das Wasser frei ist von Nematoden, wird dasselbe mehrere Male durch das feinste Sieb passiert. Nachdem ein Teil der Flüssigkeit als nematodenfrei befunden worden ist, wird die Waschflüssigkeit weggegossen. Jetzt werden die Siebe bei schwacher Neigung mit wenig Wasser abgespült und das Washwasser entweder vereinigt oder separat aufbewahrt. Die auf den Sieben zurückbleibenden Rückstände werden mit einer Lupe auf Nematoden geprüft und solange abgespült, bis keine mehr nachzuweisen sind. In diesem Washwasser finden sich neben

Nematoden eine Masse feiner Tonteilchen. Die Trennung der Tierchen von dem suspendierten Ton basiert auf der Tatsache, daß die Tiere rascher sinken als der Ton. Dabei ist aber darauf zu achten, daß keine Tiere an der Oberfläche schwimmen. Durch Zusatz von etwas Alkohol sinken diese Tiere rasch. Nach Zugabe des Alkohols schüttelt man noch einmal gut durch, läßt hierauf 30 Minuten absitzen und gießt dann die überstehende Flüssigkeit ab. Von der zurückbleibenden Flüssigkeit wird ein bestimmter Teil zentrifugiert. Im Zentrifugat werden die Nematoden mikroskopisch ausgezählt.»

Es darf zum vornherein angenommen werden, daß dieses Verfahren eine reichere Ausbeute liefert als die Auslesemethode. Trotzdem liegen die Fehlerquellen dieser Prozedur offensichtlich klar zutage. So ist beispielsweise die Trennung der Nematoden von den Bodenteilchen mit Hilfe von Wasser nicht restlos möglich, da sich niemals alle Krümel zerteilen lassen. Ebenso werden auf den Siebsätzen eine gewisse Anzahl Nematoden zurückbleiben. Dazu kommt der Verlust derjenigen Tiere, die durch die kleinsten Siebmaschen durchschlüpfen. Die Methode ist zudem sehr umständlich und zeitraubend. Trotz diesen vielen Mängeln erzielt das Verfahren bedeutend höhere Werte als die Auslesemethoden von *Diem* und *Frenzel*. Über die damit erreichten Ergebnisse gibt die Tabelle 2 Auskunft.

Tabelle 2.

Zahl der freilebenden Nematoden in mit Mais bepflanzten Böden nach *Cobb*, Versuchsfläche 1 m², Schichttiefe 15 cm.

Missouri	160 000
North Carolina	60 000
New Jersey	32 000
Rhode Island	151 000
New Hampshire	24 000
Minnesota	30 000
Vermont	144 000
Kansas	69 000

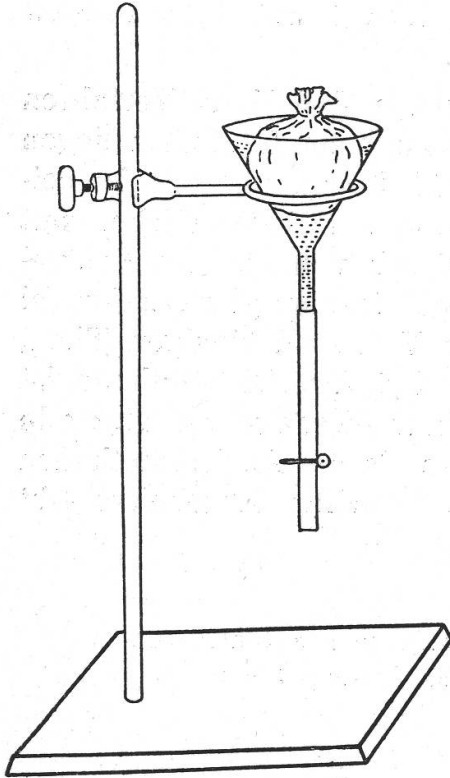
Die Resultate sind durchschnittlich weit mehr als das Zehnfache der Auslesemethoden. Trotzdem fand dieses Verfahren wegen seiner Umständlichkeit und seiner offensichtlichen Fehlerquellen wenig Anklang.

H. Goffart bediente sich bei der Prüfung von Nematodenmitteln eines außerordentlich einfachen Verfahrens, das ihm über den Verseuchungsgrad eines Bodens Aufschluß zu geben hat. Er schildert sein Vorgehen folgendermaßen :

« Eine größere Erdprobe wird gut gemischt. Davon werden 50 g in einen Gazebeutel (Müllergaze) gewickelt und in einen Trichter mit Wasser gehängt. Am Ausflußende des Trichters ist ein Gummischlauch angebracht, der mit einem Quetschhahn versehen wird. »

Da die Älchen positiv rheotaktisch sind, schwimmen sie gegen das langsam in den Boden einströmende Wasser und gelangen so zu einem schönen Teil in das den Beutel umgebende Wasser, wo sie zufolge ihres

Gewichtes verhältnismäßig rasch sinken. Die Älchen sammeln sich in der Wassersäule oberhalb des Klemmhahmens und können in bestimmten Intervallen in Glasschälchen entleert und unter einer Binokularlupe ausgezählt werden. (Siehe Fig. 6.)



Figur 6.
Vorrichtung zum Gewinnen von freilebenden
Nematoden aus dem Boden.

Auf diese Weise versuchte Goffart den Verseuchungsgrad und die Wirkung von Nematodenbekämpfungsmitteln festzustellen. Dieses Vorgehen schien mir jedoch geeignet, auch über die gesamte freilebende Nematodenfauna des Bodens in kurzer Zeit wertvolle Aufschlüsse liefern zu können. Bei den diesbezüglichen Versuchen konnten folgende Feststellungen gemacht werden :

Die Schnelligkeit wie auch die Vollständigkeit der Auswanderung der Nematoden in das Trichterwasser ist sowohl von der Beschaffenheit des Bodens wie auch von der qualitativen Zusammensetzung der Nematodenfauna abhängig. Aus Böden, deren Krümel leicht zerfallen und daher verschlämmen, geht die Auswanderung langsamer und nicht restlos vor sich. Ebenso erfolgt in Böden mit verhältnismäßig viel unvollständig zersetzter organischer Substanz die Evakuierung der Tiere langsamer als in humusarmer Erde. Die Hauptmasse der größeren Nematodenarten ist jedoch schon in 24 Stunden in das Wasser übergegangen. Die nächsten Tage liefern je nach Bodenart einen größeren oder kleineren Prozentsatz an Nachzüglern, die sich hauptsächlich aus Larven und Vertretern der Nekrobionten und Parasiten rekrutieren. Was nach

Ablauf von 4—5 Tagen noch erbeutet wird, ist zahlenmäßig meistens von nebensächlicher Bedeutung. Aus den Ergebnissen, die in Tabelle 3 enthalten sind, können die Zusammenhänge zwischen Bodenart, Dauer der Auswanderung und dem Fangergebnis abgeleitet werden.

Tabelle 3.

Zahl der freilebenden Nematoden in 50 g feuchter Erde.
Methode Goffart.

Bodenart	Ausbeute nach Tagen											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Erdkompost 3jährig . . .	380	67	11	14	12	3	3	10	6	3	10	0
» 3jährig . . .	182	37	2	4	24	11	5	6	0			
» 4jährig . . .	65	11	2	3	0	0	0	0	0			
» 4jährig . . .	82	2	2	0	1	0	0	0	0			
Ackerboden, ton. Lehm . .	4	13	2	6	2	0						
Wiese, Lehmboden . . .	60	19	3	0	1	0						
Waldboden, Rohhumus . .	340	66	10	6	0	0						

Aus der Aufstellung ist ersichtlich, daß die Tiere nicht aus allen Böden mit der gleichen Geschwindigkeit in das Wasser auswandern. Fein disperse Böden, deren Krümel zudem leicht zerfallen, erschweren den Tieren die Bewegung und sehr wahrscheinlich auch die Orientierung. Ebenso dürfte die Beschaffenheit der organischen Substanz wie auch die Artenzusammensetzung der Nematodenfauna das Tempo der Auswanderung beeinflussen. Für die in Tabelle 3 erwähnten Böden ist das Tempo der Auswanderung in der Tabelle 4 zur Darstellung gebracht.

Die Ergebnisse zeigen, daß nach vier Tagen die Auswanderung der Nematoden in das Wasser praktisch beendet ist. Die in den nachfolgenden Ausführungen erwähnten Resultate der Methode Goffart

Tabelle 4.

Fangergebnisse der Methode Goffart.

Bodenproben	Ausbeute nach	
	1 Tag	4 Tagen
Erdkompost 3jährig	73 %	91 %
» 3jährig	67 %	83 %
» 4jährig	80 %	100 %
» 4jährig	94 %	100 %
Ackerboden, ton. Lehm	15 %	92 %
Wiesenboden, Lehmboden	72 %	100 %
Waldboden, Rohhumus	80 %	100 %

beziehen sich auf Zahlenwerte, bei denen die Auszählung am vierten Tage abgeschlossen wurde. Rechnen wir die Ergebnisse der Methode G o f f a r t auf eine Fläche von 1 m² und eine Schichttiefe von 15 cm aus, so erhalten wir Werte, die annähernd zehnmal größer sind als die Resultate von C o b b.

Tabelle 5.

Anzahl der freilebenden Bodennematoden
pro m² bis zu einer Schichttiefe von 15 cm.
Nach Methode G o f f a r t.

Ackerland	Wiesland	Waldböden
470 000	200 000	400 000
400 000	380 000	350 000
300 000	320 000	400 000
300 000	600 000	400 000
1 000 000	440 000	
700 000	700 000	

Trotzdem die Methode G o f f a r t auf verhältnismäßig einfache Weise einen weitgehenden Einblick in das zahlenmäßige Auftreten der Nematodenfauna zu geben vermag, muß angenommen werden, daß noch sehr viele Tiere im Boden verbleiben und nicht in das Wasser auswandern. Als eines der Mittel, die uns über diese Vermutung Aufschluß geben könnten, ist die direkte Mikroskopie des Bodens zu betrachten. Da sich die Tiere jedoch sehr schlecht vom Bodenmaterial abheben, muß der Boden als wässrige Aufschwemmung und mit schräg einfallendem Durchlicht mikroskopiert werden. Es empfiehlt sich weiterhin, die Glasschalen mit der Bodenaufschlammung auf ein Blauglas zu stellen, damit sich die silberglänzenden Tiere besser vom Hintergrund abheben.

Unsere Untersuchungen wurden wie folgt ausgeführt (siehe Fig. 6) :

« Wir vermischten kleine Bodenmengen von $\frac{1}{10}$ Gramm in Glasschalen von 5 · 5 cm mit zirka 10 m³ Wasser. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Durchmesser der Bodenkrümel nicht mehr als 2 mm betragen. Man läßt nun den Tieren, die sich noch innerhalb der größeren Bodenteilchen befinden, mindestens vier Stunden Zeit, um in das Wasser auszuwandern. Nach Ablauf dieser Frist wird unter Benutzung einer schwachen Blauscheibe im schräg durchfallenden Lichte mit einer Binokularlupe und bei 30facher Vergrößerung mikroskopiert. Der Doppel-tubus der Lupe ist auf einem Kreuzschlitten montiert, so daß die Grundfläche der Glasschalen von 5 · 5 cm bequem und zuverlässig nach Nematoden abgesucht werden kann. Die Tiere heben sich, sofern sie im freien Wasser liegen, silberglänzend vom blauen Untergrund ab. Zerfällt jedoch die Erde in einen tonigen Brei, dann ist die Möglichkeit vorhanden, daß kleinere Tiere, namentlich wenn sie sich nicht bewegen, übersehen werden. Weiterhin besteht die Gefahr, daß die kleinsten Exemplare, die sich unter einem Erdkrümel aufhalten, der Beobachtung ebenfalls entgehen. Wiederholte Auszählungen der gleichen Bodenaufschlammung

unter dem Mikroskop haben ergeben, daß die Resultate bei nur einmaliger Feststellung der Individuenzahl bis 20 % zu niedrig sein können.»

Die Methode der mikroskopischen Ermittlung der Bodennematoden wurde bisher zum vornherein mit dem Argument abgelehnt, daß die ungleiche Verteilung der Bodennematoden es nicht gestattet, die Ergebnisse von kleinen Quantitäten Erde auf größere Mengen oder Volumen umzurechnen. Um diesen Einwand auf seine Richtigkeit zu prüfen, haben wir in einer Reihe von Böden sehr viele Untersuchungen in $\frac{1}{10}$ Gramm Boden vorgenommen und dabei sehr interessante Ergebnisse erzielt, die in der Tabelle 6 vereinigt sind.

Tabelle 6.
Die Verteilung der Bodennematoden.

Böden	Ergebnisse in $\frac{1}{10}$ g Boden										Total in 1 g
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Wiesenboden I	6	10	11	7	8	8	5	7	10	9	81
» II	4	1	5	2	5	5	3	4	6	4	39
» III	3	3	3	2	4	3	3	3	4	3	31
Ackerboden I	2	0	1	0	2	1	1	0	2	3	12
» II	2	2	2	0	1	2	0	3	5	3	20
» III	2	1	1	0	1	2	1	0	3	1	12
Komposterde 3jährig . .	8	0	7	4	5	1	1	1	6	5	38
Rohhumusboden	50	15	20	18	17	40	33	22	32	17	264
Fichtenwaldboden	4	8	7	5	10	9	9	10	4	8	74
Laubwalderde	4	11	3	3	2	1	13	6	7	6	56

Die Resultate zeigen, daß die im Boden freilebenden Nematoden entgegen der bisherigen Annahme viel gleichmäßiger verteilt sind, als angenommen wurde. Die Umrechnung der Ergebnisse kleinerer Quantitäten als 1 Gramm Boden, beispielsweise $\frac{1}{10}$ Gramm oder sogar noch weniger, wie dies Francé getan hat, der sogar die Befunde von 1 mm^3 untersuchter Erde auf beliebige Volumina umrechnete, könnte zu sehr großen Fehlschlüssen führen. Ein auf diese Weise vom genannten Autor erzielt Resultat von 30 000 Nematoden pro Fingerhut Ackererde hat sich leider in vielen populärwissenschaftlichen Abhandlungen über das Edaphon des Bodens unausrottbar eingenistet.

Die Mittelwerte, die durch zehn Untersuchungen von je $\frac{1}{10}$ Gramm gewonnen werden, dürfen jedoch, sofern das Gesamtergebnis mehr als 10 ist, ohne weiteres auf größere Gewichts- oder Volumeinheiten Boden umgerechnet werden. Selbstverständlich gilt dies nur für Böden, die nicht von einem ausgesprochenen Nematodenparasiten befallen sind. Wenn weiterhin bei der mikroskopischen Bodenuntersuchung darauf Bedacht genommen wird, daß nicht größere Partikel von frisch in Zer-

setzung begriffener organischer Substanz im Untersuchungsmaterial enthalten sind, so dürften die so gewonnenen Ergebnisse genauer sein als jene, die an größeren Mengen Boden nach einem andern Verfahren vorgenommen werden. Wenn wir zudem berücksichtigen, daß die freilebenden omnivoren Nematoden unter günstigen Verhältnissen sich außerordentlich rasch vermehren, beispielsweise Essigälchen, so verliert die Annahme, daß die Ansammlung von Nematoden in der Wurzelnähe gesunder und kranker Pflanzen auf Chemotaxis zurückzuführen sei, viel von ihrer Überzeugungskraft. Nach J. S c h u r m a n s S t e k h o v e n jr. vermehren sich die meisten freilebenden Nematoden unheimlich rasch. So soll sich bei einigen *Rhabditiden* alle drei Tage eine neue Generation einstellen, während diese Zeit bei den parasitischen Älchen länger dauert. Die Ansammlung von Nematoden in der Wurzelnähe gewisser Pflanzen kann aber zu einem guten Teil durch starke Vermehrung der ortsansässigen Nematodenfauna veranlaßt worden sein. Wenn aber die Anreicherung allein auf chemotaktische Ursachen zurückzuführen wäre, dann müßten in der weitem Umgebung der betreffenden Pflanzenwurzeln weniger Nematoden vorhanden sein als im übrigen Boden. Die Methode der mikroskopischen Untersuchung kleiner Bodenmengen scheint uns geeignet, diese Fragen einer Abklärung entgegenführen zu können. Im Jahre 1923 veröffentlichte S e i d e n s c h w a r z eine Arbeit über den Jahreszyklus der Bodennematoden in einer Tiroler Alpenwiese. Dieser Autor hat zum erstenmal den Boden mikroskopisch auf seine Nematodenfauna untersucht. Für den Monat August erhielt er mit 32 Stück pro Kubikzentimeter die höchste Individuenzahl. Wenn wir nun dieses Ergebnis auf eine Bodenschicht von 1 m² Fläche und 15 cm Tiefe umrechnen, was ohne weiteres statthaft ist, da die Nematoden in einem Wiesenboden in dieser Tiefe noch keine wesentliche Abnahme zeigen, so erhalten wir eine Zahl von 4 800 000. Im Jahre 1940 berichtet F r a n z in einer Arbeit über die Bodenbiologie alpiner Grünland- und Ackerböden ebenfalls über das mengenmäßige Vorkommen der Nematoden. Gestützt auf mikroskopische Untersuchungen kleiner Bodenmengen erhält er für die obersten Bodenschichten von 3 cm Mächtigkeit pro Quadratmeter mehr als 1 Million Exemplare. Wenn wir die in Tabelle 6 für 1 g ermittelten Nematoden ebenfalls auf eine Bodenschicht von 15 cm Tiefe und 1 m² Grundfläche ausrechnen, kommen wir zu Resultaten, die den beiden obenerwähnten ziemlich nahe kommen. (Siehe Tabelle 7.)

Da wir unsere Zahlenangaben für alle bisher besprochenen Methoden auf das gleiche Volumen Boden berechnet haben, sind die erhaltenen Werte für die betreffenden Methoden direkt vergleichbar. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse ergibt daher, daß die Methode C o b b eine rund 10mal größere Ausbeute liefert als die Auslesemethode; die

Tabelle 7.

Zahl der Bodennematoden pro m² bis zu einer Tiefe von 15 cm.
Mikroskopische Methode.

Herkunft der Proben	Nematoden
Wiesenboden Oerlikon I	18 050 000
Wiesenboden Beckenhof II . . .	8 750 000
Wiesenboden Fahrweid III . . .	6 950 000
Ackerboden Oerlikon	2 700 000
Ackerboden Fahrweid	4 500 000
Ackerboden Juchhof	2 700 000
Komposterde 3jährig	8 500 000
Rohhumusboden	8 000 000
Fichtenwaldboden	4 500 000
Laubwaldboden	8 400 000

Methode G o f f a r t erzielt wiederum zehnmals größere Werte als das Verfahren nach C o b b. Mit der Bodenmikroskopie steigern sich die Ergebnisse nochmals um das Zehnfache gegenüber der Methode G o f f a r t. Da aber die verschiedenen Methoden nicht an den gleichen Böden ausprobiert wurden, sind die erwähnten Feststellungen noch keineswegs als gesichert zu betrachten. Wir sahen uns deshalb veranlaßt, die hauptsächlichsten Verfahren gleichzeitig an ein und demselben Boden vorzunehmen. Dieses Vorgehen zeitigte die in Tabelle 8 vereinigten Resultate. Die Methode C o b b wurde nicht in den Vergleich aufgenommen, da ihre Fehlerquellen zu offensichtlich sind und ihre Ausführung zudem sehr zeitraubend ist.

Tabelle 8.

Die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Methoden zur quantitativen Bestimmung der freilebenden Nematoden.

(Pro m² bis zu einer Schichthöhe von 15 cm.)

Herkunft der Bodenprobe	Auslese- methode	Methode Goffart	Boden- mikroskopie
Dauerwiese Oerlikon	4 000	1 370 000	18 000 000
Dauerwiese Fahrweid	3 800	2 400 000	8 500 000
Ackerland Juchhof	2 200	380 000	5 700 000
Ackerland Fahrweid	1 800	1 200 000	4 500 000
Mischwald	700	450 000	10 000 000

Mit diesen Ergebnissen dürfte der Beweis erbracht sein, daß die Bodenmikroskopie unter den bisher bekannten Verfahren zur Ermittlung der Zahl der Nematodenfauna die höchsten Werte liefert.

3. Die Verwendbarkeit der Methoden zur quantitativen und qualitativen Untersuchung.

Wenn wir nochmals rückblickend die mit den verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate vergleichen, so erkennen wir, daß mit jedem neuen Verfahren pro Volumeneinheit Boden annähernd eine zehnmals größere Ausbeute erzielt wurde.

Tabelle 9.

Steigerung der Ergebnisse durch Verbesserung der Untersuchungsmethode.

	Auslese- methode	Schlamm- verfahren	Methode Goffart	Boden- mikroskopie
Diem 1903	1500	25 000	300 000	4 000 000
Cobb 1918				
Stöckli 1938				
Franz Admont 1941 . . .				

Es ist anzunehmen, daß mit der direkten Bodenmikroskopie die Entwicklung der Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Boden-nematoden ihren Abschluß gefunden hat. Alle Nematoden sind aber auch mit dieser Methode nicht zu erfassen, da nicht erwartet werden darf, daß im Zeitpunkt der Durchmusterung alle Nematoden sich bewegen und vollständig von den Erdpartikelchen getrennt vorliegen und daher gut sichtbar sind. Es sei auch erwähnt, daß die Nematodeneier, tote oder sonstwie sich ruhig verhaltende Tiere nicht ermittelt werden. Die erhaltenen Werte sind also nur Mindestzahlen. Die tatsächliche Menge der vorhandenen Tiere dürfte um 10—20 % größer sein. Man kann sich nun fragen, ob diese Fehler nicht dadurch teilweise behoben werden könnten, daß die Bodenaufschlemmung mit einer stärkeren Vergrößerung abgesehen würde. Es ist anzunehmen, daß dadurch die ganz kleinen Exemplare der Wahrnehmung zugänglicher werden. Andererseits besteht jedoch die Gefahr, daß die durch die Verkleinerung des Gesichtsfeldes notwendig gewordenen zahlreicheren Verschiebungen des Kreuzschlittens die Fehler in der Auszählung vergrößern. Zudem nimmt bei stärkerer Vergrößerung die Tiefenschärfe ab, wodurch wiederum eine Fehlerquelle vermehrt ins Gewicht fallen würde. Wo aber die mikroskopische Durchmusterung von 1 Gramm Erde in wässriger Aufschlammung uns sehr kleine Werte liefert, ist mit der Übertragung der Ergebnisse auf größere Bodenvolumina Vorsicht geboten. Unter solchen Umständen ist es angezeigt, entweder größere Bodenmengen zu mikroskopieren oder aber sich der Methode Goffart zu bedienen.

Wenn also die Ergebnisse der Bodenmikroskopie unter Berücksichtigung der eben erwähnten Fehlerquellen in quantitativer Beziehung

vollauf genügen, so befriedigen sie in qualitativer Beziehung ganz und gar nicht. Wie wir mit der Auslesemethode nur die ausgewachsenen Exemplare der größern Arten erfassen (*Dorylaimen*-, *Mononchus*-, *Mermithiden*- und *Diplogaster*arten), so erhalten wir dagegen bei der mikroskopischen Durchmusterung kleiner Bodenquantitäten vorwiegend Vertreter der überaus zahlreich vorkommenden kleinern Arten, wie auch eine Menge junger Tiere im Larvenstadium.

Ist es uns aber darum zu tun, auch über das Mengenverhältnis der Hauptgruppen der freilebenden Nematoden eines Bodens orientiert zu sein, dann müssen wir uns unbedingt einer Methode bedienen, bei der größere Mengen Boden in verhältnismäßig kurzer Zeit untersucht werden können. Zu diesem Zweck eignet sich besonders die Methode *G o f f a r t*. Unter Umständen ist es sogar nötig, sich zusätzlich auch noch der Auslesemethode zu bedienen.

4. Schlußbetrachtungen.

Im Jahre 1903 schrieb *D i e m* über das Vorkommen der Bodennematoden folgendes: «Die Nematoden bilden einen, zwar nach Quantum und Zahl verhältnismäßig kleinen, aber fast überall vertretenen Bestandteil der Bodenfauna der untersuchten Gebiete.» *F r e n z e l* berechnet den Individuenanteil der größeren Nematoden an der Metazoenfauna des Bodens mit 6,4%. Mit den Methoden *C o b b* und *G o f f a r t* steigt der Anteil der Nematoden an der Bodenfauna auf 20—25 resp. 75—80%. Die mit der mikroskopischen Methode ermittelte Nematodenzahl beträgt jedoch rund 95—99% der gesamten Metazoenfauna des Bodens. Innerhalb rund 40 Jahren konnte zufolge Verbesserung der Methoden die pro Volumeinheit Boden feststellbare Zahl der freilebenden Bodennematoden um das Tausendfache gesteigert werden. Da die Tiere jedoch äußerst klein sind und durchschnittlich nur eine Länge von wenig mehr als 1 mm erreichen, dürfte ihr Anteil am Gewicht der Metazoenfauna des Bodens nur zirka 2—5% betragen. Die Leistungen einer bestimmten Gruppe der Geobionten und ihre Auswirkungen auf den Boden und den Pflanzenbestand läßt sich aber niemals nach ihrer Zahl und Größe allein bewerten. Der große Schaden, den gewisse parasitisch lebende Nematoden verursachen können, ist allgemein bekannt. Wenig oder gar nicht beachtet werden hingegen die Leistungen der viel zahlreicher vorkommenden freilebenden Bodennematoden, die unter anderem darin bestehen, daß sie unerwünschte Bodenorganismen zerstören, an der Humusbildung aktiven Anteil haben und die Durchlüftung des Bodens fördern.

Literaturverzeichnis.

- Diem, K.: Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen. Diss., Universität Zürich, 1903.
- Frenzel, G.: Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. Verlag v. Gust. Fischer in Jena, 1936.
- Cobb, N. A.: Estimating the nema population of soil. Bur. Pl. Ind. U. S. Dept. Agr. 1918.
- Seidenschwarz, L.: Jahreszyklus freilebender Erdnematoden einer Tiroler Alpenwiese. Arb. Zool. Inst. Univ. Innsbruck. Bd. 1, S. 37—71. 1923.
- Goffart, H.: Richtlinien für die Prüfung von Nematodenmitteln. Mitteilungen aus der biolog. Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 55, S. 155. 1937.
- Franz, H. Admont: Untersuchungen über die Bodenbiologie alpiner Grünland- und Ackerböden. Forschungsdienst, Bd. 11. Heft 3—4. S. 355. 1941.
- Francé, R. H.: Das Leben im Ackerboden. Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung, 1922. Stuttgart.
- Schuurmans-Stekhoven, J. H.: Betrachtungen über die Pflanzenälchen und deren Bedeutung für Landwirtschaft und Gartenbau. Tydschrift over Plantenziekten 47.e Jaarg. Afl. 1. 1941.
-