

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft  
Berlin-Dahlem**

Heft 199

Januar 1981



**Untersuchungen zur Populationsdynamik  
des Rübenzystenälchens  
(*Heterodera schachtii* Schmidt)  
in der Köln-Aachener Bucht.**

**Dr. Werner Steudel, Dr. Rosmarin Thielemann**

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft;  
Institut für Nematologie, Münster/Westf., Elsdorf/Rhld.

und

**Werner Haufe**

KWS Kleinwanzlebener Saatzucht AG, Einbeck

Berlin 1981

*Herausgegeben*

*von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft  
Berlin-Dahlem*

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg  
Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61

ISSN 0067-5849

ISBN 3-489-19900-6

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Steudel, Werner:**

Untersuchungen zur Populationsdynamik des  
Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii* Schmidt)  
in der Köln-Aachener Bucht / Werner Steudel,  
Rosmarin Thielemann u. Werner Haufe.

Hrsg. von d. Biolog. Bundesanst. für Land- u.

Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. –

Berlin; Hamburg: Parey, 1981.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für  
Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 199)

ISBN 3-489-19900-6

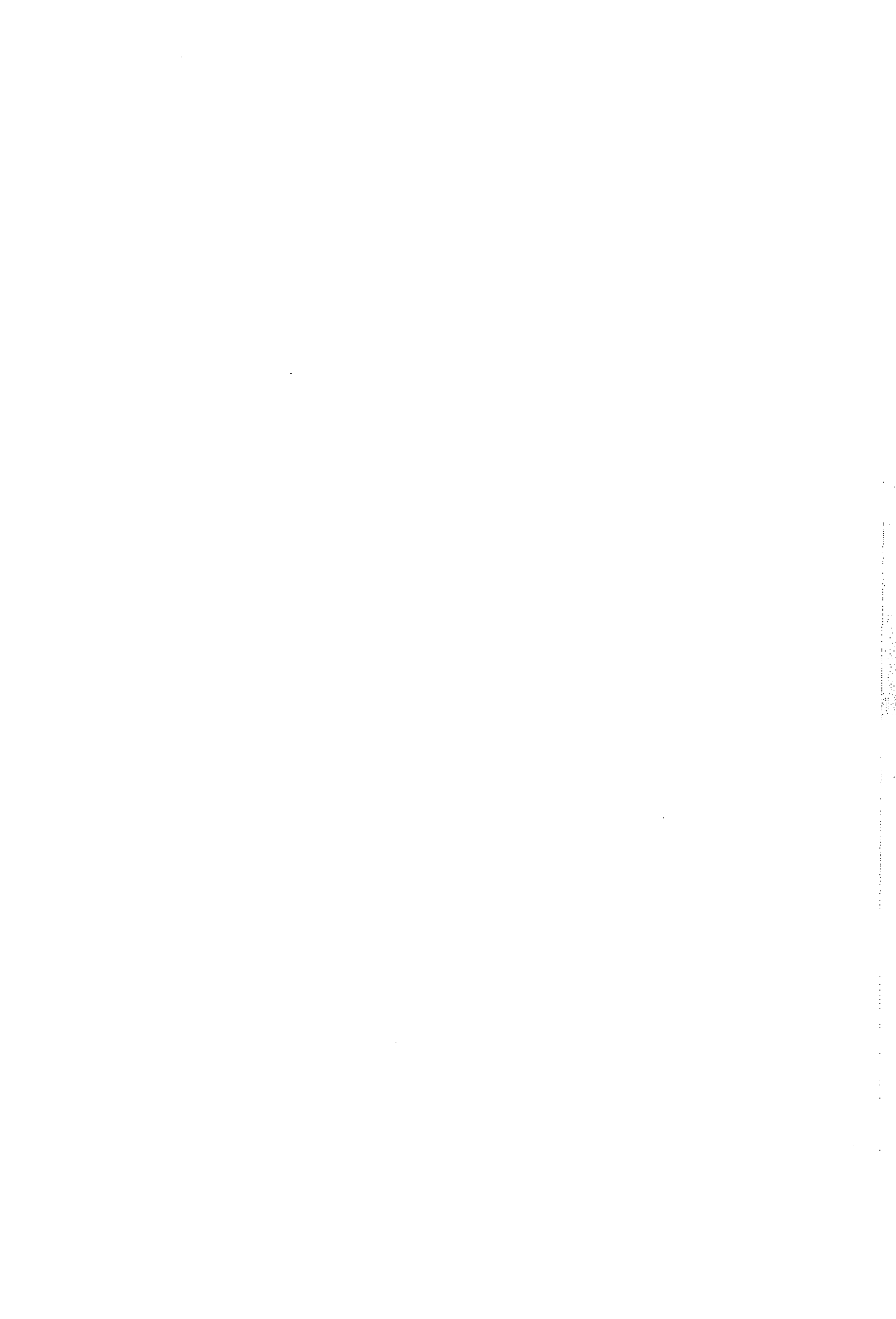
NE: Thielemann, Rosmarin.; Haufe, Werner.; Biologische  
Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin, West;  
Braunschweig>: Mitteilungen aus der...

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funk- sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Werden einzelne Vervielfältigungsstücke in dem nach § 54 Abs. 1 UrhG zulässigen Umfang für gewerbliche Zwecke hergestellt, ist an den Verlag die nach § 54 Abs. 2 UrhG zu zahlende Vergütung zu entrichten, die für jedes vervielfältigte Blatt 0,40 DM beträgt.

1981 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Lindenstraße 44–47, D-1000 Berlin 61, Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, 1000 Berlin 62. Buchbinder: C.F. Walter, 1000 Berlin 61.

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Einleitung	5
1. Durchführung der Untersuchungen	7
1.1. Allgemeine Angaben des Einzelschlages	7
1.2. Befall mit <i>Heterodea schachtii</i>	7
1.3. Leistung der Zuckerrüben	8
1.4. Klimadaten	9
2. Ergebnisse	9
2.1. Anteil der untersuchten Kulturen	9
2.2. Rotationen	14
2.3. Bodenart	30
2.4. Witterungsbedingungen	30
2.5. Aldicarb und Fruchtfolge	47
2.6. Erträge	50
Diskussion der Befunde	54
Zusammenfassung	58
Summary	61
Literaturverzeichnis	63



Die im Laufe der vergangenen zwei Jahrzehnte erfolgte Umstellung des Zuckerrübenanbaus (Vorverlegung der Aussaat infolge Verringerung der Gefahr des Schossens, Unkrautbekämpfung mit Herbiziden, Optimierung der Düngung, Übergang zur Einzelkornsaat mit pilliertem Saatgut und dem Bestreben zur Ablage auf Endabstand, sowie Verwendung leistungsfähiger Sorten) haben zu einer langsamen, aber stetig fortschreitenden Zunahme der Rüben- und Zuckererträge unter den klimatischen Bedingungen des westlichen Mitteleuropas geführt. Zu diesem Ergebnis haben auch die Fortschritte beigetragen, die Verluste an Rüben- und Zuckerertrag durch Pflanzenschädlinge und -krankheiten zu verringern, sei es durch anbautechnische bzw. züchterische Maßnahmen oder durch den Einsatz moderner Pflanzenschutzmittel nach den Empfehlungen spezieller Warndienste.

Es ist daher verständlich, daß seitens der verantwortlichen Stellen des Pflanzenschutzdienstes und der zuckerrübenbauenden Praxis schon frühzeitig der Wunsch geäußert wurde, auch das Problem der Gefährdung der Zuckerrüben durch das Rübenzystenälchen *Heterodera schachtii* unter den veränderten Anbaubedingungen erneut zu überprüfen. Insbesondere sollte geklärt werden, ob die früher erarbeiteten Fruchtfolgeempfehlungen unter den modernen Bedingungen ihre Gültigkeit behalten haben, zumal der Zuckerrübenbau in einigen Gebieten sehr verstärkt oder neu aufgenommen wurde. Außerdem hatten die Fortschritte in der nematologischen Forschung in den letzten Jahrzehnten ergeben, daß die Abundanzdynamik des Rüben nematoden und der Grad der von ihm verursachten Schäden von Faktoren wie Bodenart, Bodentemperatur und -feuchtigkeit erheblich beeinflußt werden kann und somit nicht sicher ist, ob die früheren, insbesondere in mitteldeutschen Arealen gesammelten Erfahrungen ohne weiteres auf andere Gebiete übertragen werden können.

Gewißheit in dieser Beziehung war deshalb besonders wichtig, weil Spezialisierung und Technisierung der Betriebe die Fruchtfolge zunehmend vereinfachten und die Zuckerrübe ertragsmäßig in die Spitzengruppe gehört.

Die erste Anregung, diesen Fragenkomplex in der Köln-Aachener Bucht auf möglichst breiter Basis unter den Bedingungen der rübenbauenden Praxis erneut in Angriff zu nehmen, ging vom Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Rheinland in Bonn-Bad-Godesberg aus. Fachleute dieses Amtes hatten in orientierenden Untersuchungen in Böden des rheinischen Zuckerrübengebietes diesen Schädling in zahlreichen Betrieben festgestellt und sie benötigten neue zuverlässige Erfahrungswerte für die Beratung der u.U. gefährdeten Betriebe speziell für diesen Raum. Vom Institut für Nematologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Münster/Westfalen wurde daher in Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzamt und der Außenstelle des Instituts in Elsdorf/Rhld. im Jahre 1963 ein langfristiges Arbeitsprogramm aufgestellt. Die zusätzlichen Kosten des Programms wurden in den ersten Jahren vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen und später von der Bezirksgruppe Nordrhein-Westfalen des Vereins der Zuckerindustrie getragen.

Die Auswahl der Versuchsbetriebe in den Kreisen Grevenbroich-Neuß übernahm das Pflanzenschutzamt Bonn-Bad-Godesberg auf Grund seiner langjährigen Erfahrungen. Insgesamt wurden 18 Versuchsbetriebe mit je drei Schlägen (verteilt auf 7 Orte) auf Grund der Verseuchung mit dem Rübenematoden in die Untersuchungen aufgenommen. Die Auswahl der Betriebe und Schläge kann man als eine eingeschränkte Zufallsstichprobe ansehen, da einerseits die Untersuchungen aus arbeitstechnischen Gründen in einem begrenzten Gebiet erfolgen mußten und weil zum anderen aus Repräsentationsgründen darauf geachtet wurde, daß Felder verschiedener Befallsstärken mit einbezogen wurden. Mit der Auswahl wurde also eine stratifizierte Stichprobe aus einem Befallsgebiet angestrebt. Da die Jahreswitterung im west- und mitteleuropäischen Raum großen Schwankungen unterworfen ist und dementsprechend sehr hohe Wechselwirkungen Orte/Jahre (=Boden/Jahre) gefunden werden, sind Einschränkungen der Zufallsauswahl bei langen Zeitreihen - soweit nicht die Repräsentativität verletzt wird - ohne Bedeutung und eine Verallgemeinerung für das betreffende Gebiet ist zulässig.

Auf jedem der ausgewählten Schläge wurde zunächst ein Quadrat von 100 m<sup>2</sup> mit möglichst einheitlichen Bodenbedingungen ausgemessen und kartographisch festgelegt, um die geplanten Untersuchungen ständig auf der gleichen Fläche durchführen zu können. Da im Lauf der 15-jährigen Versuchszeit (1964-1978) infolge Änderungen bei den Besitzverhältnissen, Straßen- oder Siedlungsbau, Flurbereinigung usw. mehrere Schläge so frühzeitig ausfielen, daß die auf ihnen vorgenommenen Untersuchungen für die zusammenfassende Auswertung nicht zu verwenden waren, beschränkt sich diese auf die restlichen siebenundzwanzig Flächen, auf denen die geplanten Untersuchungen mindestens 10 Jahre regelmäßig stattgefunden hatten.

## 1. Durchführung der Untersuchungen

### 1.1. Allgemeine Angaben des Einzelschlages:

Es wurde die Bodenart, der Bodenzustand, die Nährstoffversorgung und die Fruchtfolge erfaßt.

### 1.2. Befall mit *Heterodera schachtii*:

Nach der Zuckerrübenenernte wurde auf jedem der festgelegten Quadrate die im Sommer angebaute Fruchtart ermittelt und je 10 Bodenproben zu 1 Kg Gewicht, aus zahlreichen Einstichen bestehend, aus einer Tiefe von ca. 10 - 30 cm entnommen. Die Proben wurden in Münster in einem kühlen Kellerraum, später in einem neu eingerichteten Kühlraum gelagert und in den Monaten bis zum Jahresende untersucht. 300 ml jeder Probe wurden im Seinhorst-Elutriator ausgespült, die Nematodenzysten gesammelt, gezählt, der Gesamtinhalt aller gefundenen Zysten an lebensfähigen sowie geschädigten Eiern und Larven getrennt gezählt und die Mittelwerte für 100 ml Boden berechnet. In einigen Proben wurden neben Zysten von *Heterodera schachtii* auch solche von *H.avenae*, *H.cruciferae* oder *H.trifolii* gefunden. Sofern Verdacht auf Vorliegen einer Mischpopulation bestand, wurden alle Zysten einzeln an Hand der in der Literatur veröffentlichten systematischen Merkmale sorgfältig untersucht und Fremdzysten verworfen. Nur eindeutig als der Art *H.schachtii* zuzuordnende Zysten wurden für die Bestimmung des Zysteninhalts verwendet.

Die Ergebnisse der 10 Einzelproben je Fläche, insgesamt 10 mal 300 ml = 3000 ml Boden, wurden gemittelt und der Mittelwert in die Kartei eingetragen. Da von jeder Probe noch genügend Material übrig war, konnte die Untersuchung in Zweifelsfällen wiederholt werden. Ab 1968 wurde neben jeder der Prüfparzellen der einzelnen Schläge eine weitere Parzelle von 100 m<sup>2</sup> ausgemessen. Wenn dann im Rahmen der Fruchtfolge auf dieser Fläche Zuckerrüben angebaut wurden, behandelten wir die zweite Fläche kurz nach der Aussaat mit dem Granulat Temik 10 G. Das Präparat wurde als 5-10 cm breites Band mit 50 kg/ha (= 0,25g AS Aldicarb je lfd. m Drillreihe) auf die zugestrichene Reihe gestreut und leicht eingearbeitet. Für weitere Untersuchungen standen somit auf den mit Zuckerrüben bestellten Prüfflächen je eine mit Temik behandelte und eine unbehandelte Fläche zur Verfügung. Unmittelbar vor dem Ausbringen des nematiziden Granulates wurden dann zusätzlich im Frühjahr von beiden Vergleichsflächen nochmals je 10 Proben - wie später im Herbst - entnommen - und der Vorbefall getrennt für beide Teile festgestellt. Über wesentliche Ergebnisse dieses Teils der Arbeiten wurde bereits berichtet (STEUDEL, THIELEMANN u. HAUFE (1978)). Insgesamt wurden für die Arbeiten 10260 Proben je 300 ml Boden auf diese Weise untersucht und ausgewertet.

### 1.3. Leistungen der Zuckerrüben:

Wenn im Rahmen der Fruchtfolge Zuckerrüben auf den Probeflächen standen, wurden von jeder Fläche 20 m<sup>2</sup> mit gleichmäßigem, lückenlosem Rübenbestand ausgemessen. Lückige oder sehr ungleiche Bestände wurden verworfen. Die Rüben wurden von Hand gerodet. Das Blattgewicht wurde an Ort und Stelle ermittelt. Das Gewicht des Erntegutes, der Zuckergehalt und die übrigen zuckertechnisch wichtigen Eigenschaften bestimmte das Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, mit seinem Laborwagen.

Schon vorher waren im Laufe der Vegetationsperiode mehrfach der Stand und die Gesundheit der Bestände beurteilt worden. Die im Versuchsgebiet vom Pflanzenschutzamt empfohlenen Maßnahmen gegen Blattläuse und Vergilbungsviren wurden von den Betrieben im allgemeinen termingerecht durchgeführt, sodaß größere Verluste durch Frühbefall mit diesen Schäd-



lingen bzw. Erregern in den Versuchspartellen nur sehr selten beobachtet werden konnten. Partellen mit erheblichen Schäden, die erkennbar nicht durch Nematoden verursacht waren, wurden nicht beerntet. Alle Arbeiten wurden während der ganzen Versuchszeit streng nach der gleichen Methode durchgeführt, obwohl die Entwicklung der Extraktionsmethodik von Nematoden nicht stehen geblieben war und daher u.U. noch bessere Ergebnisse zu erwarten gewesen wären. Auch wurden neue Hilfskräfte sorgfältig eingearbeitet, ehe sie bei den langfristigen Arbeiten beschäftigt wurden. Nur auf diese Weise war es möglich, die unvermeidlichen methodischen Schwächen, insbesondere der nematologischen Untersuchungen, sowie die persönliche Fehlerquote so gering wie möglich zu halten.

#### 1.4. Klimadaten:

Zur Prüfung des Einflusses einiger Klimafaktoren, insbesondere auf die Abundanzdynamik des Rübennematoden, wurden die Wetterdaten der von unserer Außenstelle in Elsdorf betriebenen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes herangezogen. Es war nicht möglich, die speziellen Bedingungen bei den einzelnen Betrieben gesondert zu erfassen.

## 2. Ergebnisse

### 2.1. Anteile der untersuchten Kulturen

Die Gesamtzahl der Felder, die nach der Zuckerrübenernte nematologisch untersucht werden konnten, betrug im Laufe der Jahre 182. In Tabelle 1 sind die Kulturen der nach Zuckerrüben folgenden Jahre zusammengestellt.

Tabelle 1  
Anteil der Folgekulturen in Prozent

Jahr	Weizen	Wintergerste	Roggen	Sonstiges
1. Jahr nach Rüben	96,8	0,5	0,5	2,2
2. " " "	6,6	30,5	51,9	11,0
3. " " "	3,9	43,7	40,7	11,8
4. " " "	23,5	41,2	0	35,3
5. " " " und mehr	29,2	20,8	25,0	25,9

Wie zu erwarten, wurde nach Zuckerrüben überwiegend Winterweizen angebaut. Im 2. und 3. Folgejahr dominierten Wintergerste und Winterroggen. Das scheinbare Übergewicht des Roggens resultiert aus dem stärkeren Anbau dieser Kultur im ersten Teil der Versuchsperiode. Im Laufe der weiteren Jahre ging sein Anteil zugunsten der Wintergerste immer mehr zurück. Vom 4. Folgejahr an wird keine der genannten Kulturen mehr bevorzugt angebaut. Außer Weizen, Gerste und Roggen wurde gelegentlich Kohl, Kartoffeln oder Mais in die Fruchtfolge eingeschoben.

Insgesamt konnten 136 volle Rotationen untersucht werden und zwar

2-jährige Rotation	3,7 %
3- " "	51,5 %
4- " "	37,5 %
5- und " mehr "	7,3 %

Es dominierte also im Untersuchungsgebiet eindeutig die drei- bzw. vierjährige Fruchtfolge mit Winterweizen als erste Nachfrucht und dann in den folgenden Jahren mit Wintergerste oder Winterroggen.

In Abb. 1 sind die Mittelwerte aller im Herbst durchgeführten auswertbaren nematologischen Untersuchungen (lebensfähige Eier und Larven je 100 ml Boden) für die einzelnen Kulturen, die mehr als 10 mal vertreten waren, zum Vergleich graphisch dargestellt.

Entsprechend ihrer Stellung in der Fruchtfolge nahm der Befall im Herbst von Rüben über Weizen zu Roggen oder Gerste kontinuierlich ab. Die Mittelwerte für Roggen und Gerste sind in dieser Darstellung allerdings unabhängig von ihrer Stellung in der Fruchtfolge aufgeführt; die Aufteilung der Werte für das zweite bzw. dritte Folgejahr ergab keine signifikanten Differenzen zwischen den beiden Fruchtarten, sodaß auf eine detaillierte Besprechung verzichtet werden kann.

Den Befunden ist zu entnehmen, daß frühere Vorstellungen über den Roggen als Feindpflanze von *H. schachtii* einer sorgfältigen Nachprüfung nicht standhalten, weil der Rückgang der Nematodenpopulation unter Roggen nicht anders verläuft als unter Gerste.

Die sehr hohen Werte für *H. schachtii* nach Kohl (Weißkohl, Vertragsanbau für die Fabrikation von Sauerkraut) belegen eindeutig die Gefahr durch diese Kultur in der Zuckerrübenfruchtfolge, obwohl der Mittelwert für Kohl auf Grund der geringen Zahl der Untersuchungen ( $n = 12$ ) mit dem für Zuckerrüben ( $n = 200$ ) nur mit Einschränkungen verglichen werden kann. Sehr interessant sind auch die Befunde für das Versuchsglied "Zuckerrüben nach Temik" (0,25 g AS Aldicarb/lfd. m Reihe als Band nach der Saat). In einer früheren Veröffentlichung (STEUDEL, THIELEMANN u. HAUFE (1978)) wurde schon mitgeteilt, daß der Einsatz des Nematizids in der erwähnten Weise einen Rückgang der Vermehrung des Rübennematoden zur Folge hat, dessen Ausmaß von der Höhe des Vorbefalls bestimmt wird. Die Zusammenfassung aller auswertbaren Befunde ( $n = 119$ ) und der Vergleich dieses Mittelwertes mit dem der nicht behandelten Zuckerrüben ergab einen Rückgang nach Temik um ca. 60 % auf die Höhe des Wertes nach Weizen. Man kann also mit Temik in der gewählten Anwendung den gleichen Effekt auf die Population von *H. schachtii* erzielen wie durch den einjährigen Anbau einer Nichtwirtspflanze. Wie sich der wiederholte Einsatz des Nematizids im Rahmen der Fruchtfolge auf die Abundanzdynamik des Rübennematoden auswirkte, soll später besprochen werden.

Variationsstatistische Untersuchungen ergaben für das Merkmal "Anzahl Eier und Larven / 100 ml Boden", daß die Standardabweichung in etwa dem Mittelwert entspricht (s. auch Abb. 1), d.h.  $s^2 = \bar{x}^2$ . Aufgrund der Beurteilung der primär gruppierten Verteilungen wurden die Werte in Klassen mit der Klassengröße 750 zusammengefaßt. Die so erstellten sekundär gruppierten Verteilungen wurden auf Übereinstimmung mit den theoretischen Verteilungen überprüft. Dabei stellte sich heraus, daß wir es hier mit einer negativen Binominalverteilung (ansteckende Verteilung) zu tun haben, die mit der Poisson-Verteilung (Verteilung der seltenen Ereignisse) eng verwandt ist.

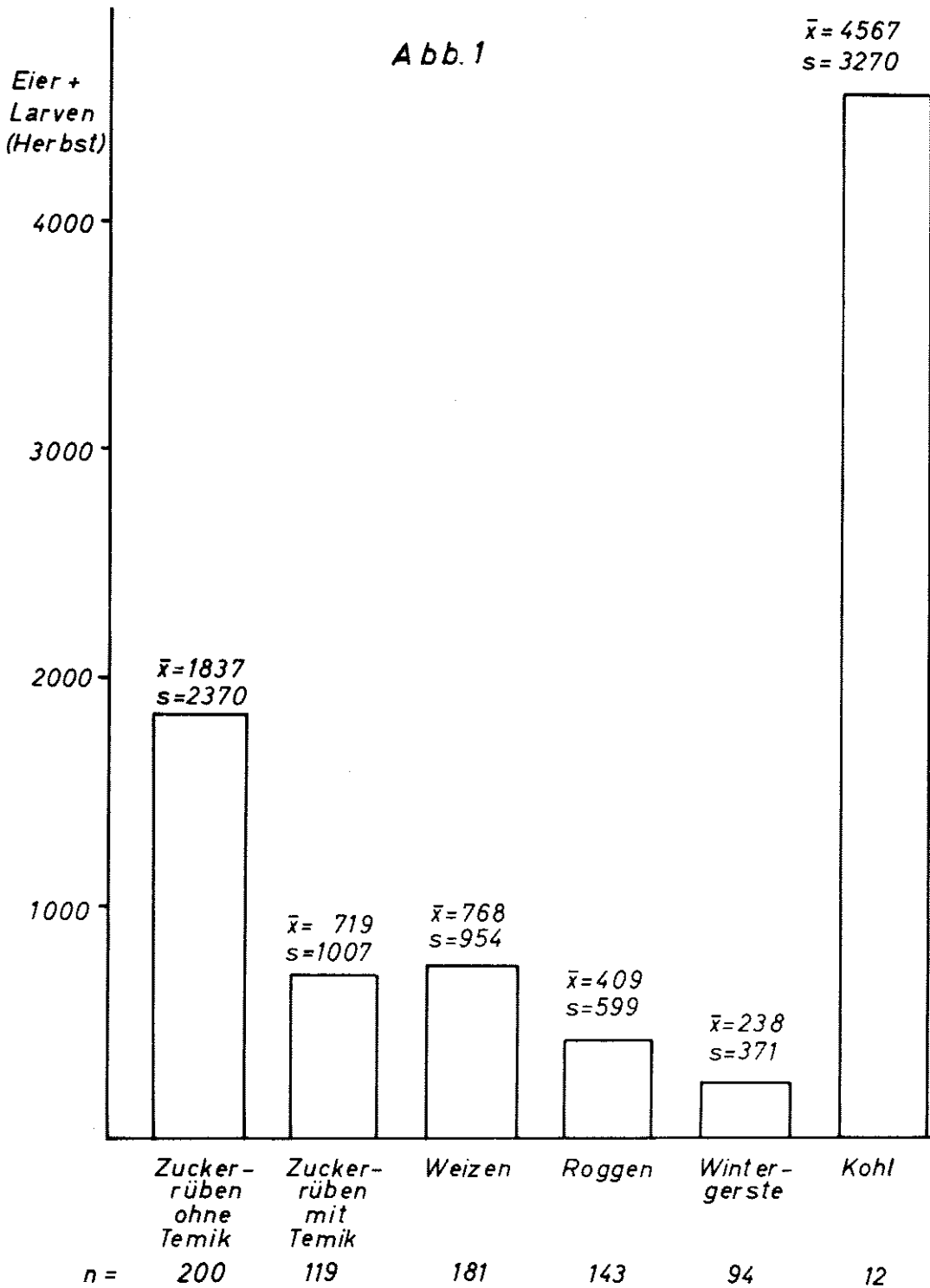


Abb. 1 Anzahl lebensfähiger Eier + Larven je 100 ml Boden. (Mittelwerte aller Untersuchungen) im Herbst nach Anbau der häufigsten Kulturen..

Diese Tatsache hat Konsequenzen bei der Signifikanzbewertung der Differenzen zwischen den Prüfgliedern. Der Test mit den Ausgangswerten bringt bei einem Teil der Vergleiche zu häufig signifikante Differenzen. RASCH et al (1978, Band 1, S. 215) empfehlen hier die hyperbolische Arcsinus Transformation, wobei wir nach dem Rat von DYCKA (1980) die Konstante 'k' gleich 1 gesetzt haben. Bei vergleichenden Untersuchungen zwischen

- nicht transformierten Werten und
- transformierten Werten

mit

$$y = Ar \sinh \sqrt{\frac{x+c}{k-2c}}$$

wobei  $c = 3/8$

$k = 1$

ergab sich als Faustregel, daß man auf der sicheren Seite bleibt, wenn man bei einem konservativen Test (als konservativer Test wird hier ein Test mit nicht transformierten Daten definiert) die Signifikanzschwelle eine Stufe niedriger setzt, also beispielsweise anstelle einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von  $P = 5 \%$  eine solche von  $P = 1 \%$  fordert.

Unter diesem Gesichtspunkt müssen die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche aus Abb. 1 (konservatives Verfahren) betrachtet werden (s.Tab. 2).

Tabelle 2

Herbstuntersuchungen "Eier + Larven / 100 ml Boden",  
Vergleich zwischen verschiedenen Kulturen

Kultur	: Kultur	Differenz der Mittelwerte	t-Wert	Überschreitungswahrschl. P
Zuckerr.o. Temik	: Zuckerr. m.Temik	- 1118	5,84	< 0.1
Zuckerr.o. Temik	: Weizen	- 1069	5,87	< 0.1
Zuckerr.o. Temik	: Kohl	+ 2730	2,85	0.5
Weizen	: Kohl	+ 3799	4,01	< 0.1

Für die Vergleiche mit Kohl gelten dabei die oben erwähnten Einschränkungen. Alle nicht aufgeführten - sachlich interessierenden - Mittelwertvergleiche, die sich aus Abb. 1 ergeben, zeigen schon beim konservativen Verfahren keine signifikanten Differenzen.

## 2.2. Rotationen

Die Mittelwerte der herbstlichen Untersuchungen (Zahl aller Zysten und lebensfähigen Eier und Larven je 100 ml Boden) für die einzelnen Rotationen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Wie bei Untersuchungen unter Praxisbedingungen zu erwarten, unterscheiden sich die Ausgangsbedingungen für die einzelnen Rotationen (Befall nach Zuckerrüben, vergleiche 1. Spalte). Der Befall bei weiter gestellter Rotation war zunächst höher, sodaß die Vermutung naheliegt, daß die Betriebsleiter auf Grund der bei höherem Befall sichtbar werdenden Schäden zu einer weiter gestellten Fruchtfolge übergingen, um den Befall wieder zu senken. Im Laufe der Jahre ging beim Anbau mit Nichtwirtpflanzen der Befall kontinuierlich zurück. Bei 3- und 4-jähriger Rotation werden dann beim nächsten Zuckerrübenanbau etwa gleich hohe Werte wie beim ersten Anbau gefunden.

In Abb. 2 werden die Zahlen der lebensfähigen Eier und Larven je 100 ml Boden des zweiten Zuckerrübenanbaujahres als Relativwerte zu denen des vorangegangenen Rüben-Anbaujahres (jeweils = 100) dargestellt (Auszug aus Tab. 3). Eine eindeutige Zunahme ergab sich bei der Rotation "Rübe alle zwei Jahre"; eine ebenso eindeutige Abnahme für die Rotation "Rübe alle fünf Jahre". Die beiden anderen Rotationen, die ja im praktischen Rübenbau des Untersuchungsgebietes dominierten, passen mit ihren Mittelwerten in der Tendenz der Zu- bzw. Abnahme zwar in das Gesamtbild, heben sich aber in ihren Werten für den nachfolgenden Anbau nur wenig von denen des vorangegangenen Anbaus ab und in den Einzelfällen sind große Schwankungen zu **verzeichnen**, so daß eine Entscheidung nicht ganz einfach ist, ob sie auf Dauer ohne Gefahr für den Rüben- und Zuckerertrag durchgehalten werden können.

Abb. 2

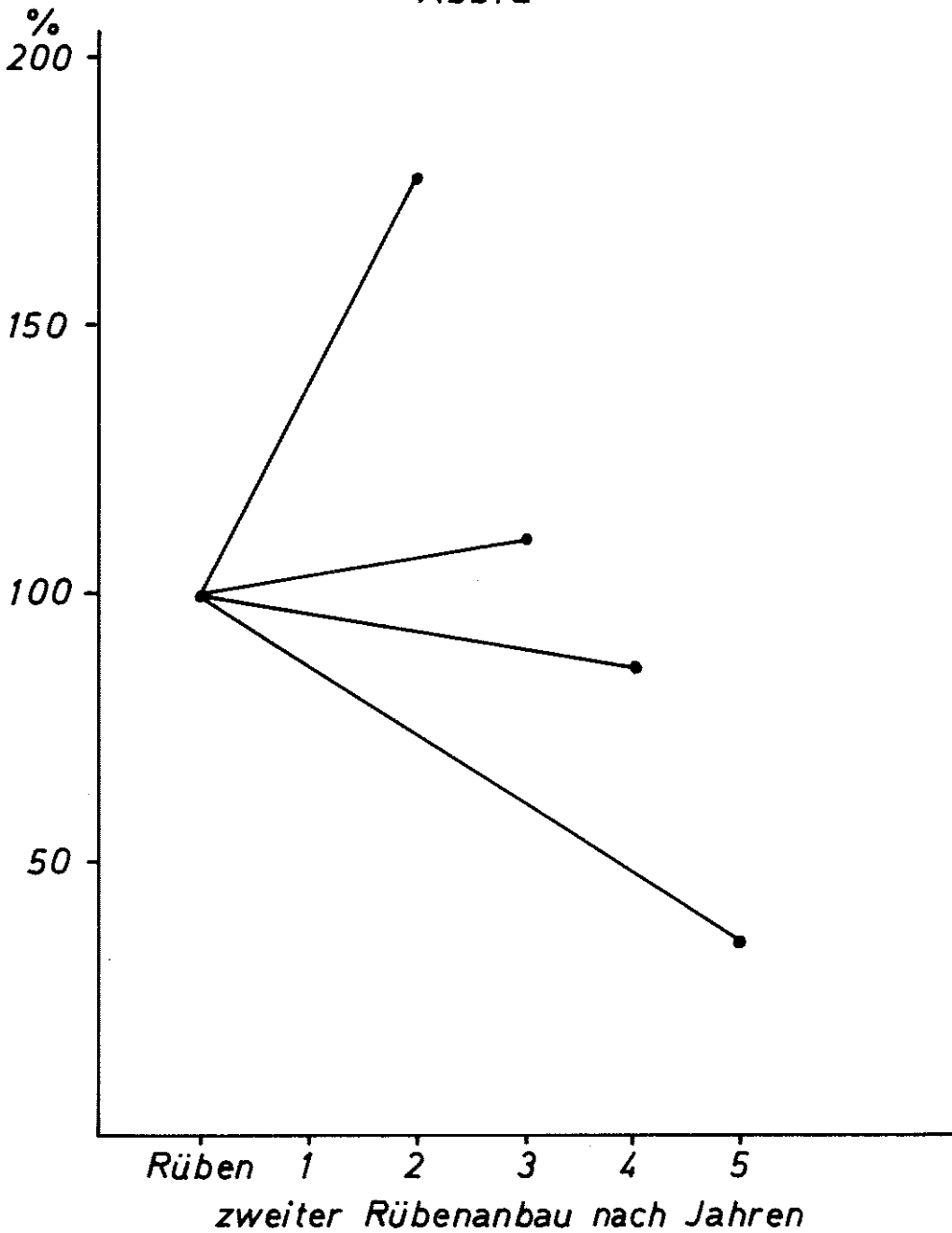


Abb. 2 Zu- bzw. Abnahme der Zahl lebensfähiger Eier + Larven je 100 ml Boden in Prozent nach der Stellung in der Fruchtfolge. Mittelwert aller Untersuchungen; erster Anbau = 100.

Tabelle 3

Befall mit Heterodera schachtii im Herbst  
 bei einzelnen Rotationen  
 Mittelwerte für Zysten und lebensfähige  
 Eier + Larven je 100 ml Boden

1964 - 1978

Rotation	Rüben		Zwischenjahre												Rüben			
	Zysten	E + L		1.			2.			3.			4.			Zysten	E + L	
		abs.	rel.	Zysten	E + L	abs.	Zysten	E + L	abs.	Zysten	E + L	abs.	Zysten	E + L	abs.		abs.	rel.
				abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.							
2-jährig	34	1818	100	19	1046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	3235	178	
3-jährig	18	1555	100	17	829	10	465	-	-	-	-	-	-	-	25	1785	115	
4-jährig	20	2005	100	12	551	8	293	8	224	8	224	-	-	-	17	1729	86	
5-jährig	23	3937	100	15	614	12	515	20	534	20	534	8	134	8	18	1344	34	



Die Ergebnisse der Abb. 2 weisen eine Kontinuität im biometrischen Sinne auf und sie entsprechen auch den sachlogischen Erwartungen. Der so eindeutigen Ausprägung in den Mittelwerten stehen die schon erwähnten großen Schwankungen in den Einzelwerten gegenüber. Die fehlerkritischen Untersuchungen unter Einbeziehung der hyperbolischen Areasinus Transformation brachte bei allen 4 Rotationsvarianten keine signifikanten Differenzen zwischen dem vorangegangenen und den nachfolgendem Anbau mit Zuckerrüben. Stellt man jedoch die 4 Varianten gemeinsam in eine Regressionsanalyse mit der Kennziffer der Rotation (= Jahre) als Einfluß-Größe, dann ändert sich das Bild. Die Regressionen wurden mit folgenden Zielgrößen gerechnet

- absolute Anzahl Eier + Larven / 100 ml Boden des nachfolgenden Zuckerrübenanbaues
- relative Werte dieses Merkmals des nachfolgenden Anbaues bezogen auf den vorangegangenen Anbau
- absolute Differenzen dieses Merkmals zwischen vorangegangenen und nachfolgenden Anbau

In Tab. 4 sind die gefundenen Mittelwerte den Schätzwerten gegenübergestellt. Es ergibt sich, daß die Schätzwerte in allen drei Analysen weitgehend mit den gefundenen Werten übereinstimmen und daß die F-Werte der Analysen mit den Relativzahlen und den absoluten Differenzen Signifikanz aufweisen ( + = signifikant für  $P \leq 5\%$ , ++ = signifikant für  $P \leq 1\%$ ; gilt auch für die übrigen Tabellen).

Erwartungsgemäß werden die statistischen Maßzahlen noch eindeutiger, wenn man in solche Regressionsanalysen nicht die Einzelwerte, sondern die Mittelwerte einbezieht (s. Tab. 5).

Es ist zu erwarten, daß bei Anbau von Rübe nach Rübe (Rotation = 1) die Anzahl Eier + Larven / 100 ml Boden (absolut, relativ, Differenzen) aufgrund der Konkurrenzverhältnisse und der Begrenzung durch Parasitierung einen über dem 2-jährigen Rübenanbau liegenden, aber doch nach oben limitierten Wert einnehmen wird und daß genau so bei einer Erwei-

Tabelle 4

Regressionsergebnisse (lineares Modell)

Einzelwerte Eier + Larven / 100 ml Boden : Rotation

Rotation (Jahre)	absolute Werte des nachfolgenden Zuckerrübenbaues		relative Werte des nachfolgenden Zuckerrübenbaues		absolute Differenzen zwischen vorangegangenem und nachfolgendem Zuckerrübenbau	
	gefunden	geschätzt	gefunden	geschätzt	gefunden	geschätzt
2	3234	2227	178	157	1417	1410
3	1785	1930	115	119	230	374
4	1729	1634	86	81	- 276	- 662
5	1344	1337	34	42	-2593	-1699
r		-0.10		-0.20		-0.26
B		0.01		0.04		0.07
F-Wert		1.43		5.38+		9.92++

Tabelle 5

Regressionsergebnisse

Mittelwerte Eier + Larven / 100 ml Boden : Rotation

statistische Maßzahlen	absolute Werte des nachfolgenden Zuckerrübenbaues	relative Werte des nachfolgenden Zuckerrübenbaues	absolute Differen- zen zwischen vor- angegangenem und nachfolgendem Zuk- kerrübenbau
<u>Lineares Modell</u>			
r	- 0.89	- 0.99	- 0.96
B	0.79	0.98	0.93
F-Wert	7.60	110.29++	25.00+
<u>Quadratisches Modell</u>			
B	0.93	0.99	0.96
F-Wert	6.48	32.80	13.20

terung über die 5-jährige Rotation hinaus sich der Wert unterhalb der 5-jährigen Rotation einpendelt. Der Untersuchungsbereich entspricht also in etwa dem mittleren Teil einer umgekehrten Wachstumsfunktion.

Der Vermehrungsindex für den nachfolgenden Anbau von Zuckerrüben nahm mit Weiterstellung der Zuckerrübe in der Fruchtfolge nach dem Rückgang der Population in den Zwischenjahren mit Nichtwirtspflanzen deutlich zu, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt:

Rüben alle zwei Jahre	:	Vermehrungsindex	3,1
" " drei "	:	"	3,9
" " vier "	:	"	8,1
" " fünf "	:	"	9,3

Dieser Befund entspricht früheren Erfahrungen, nach welchen die Population von *H. schachtii* stärker zunimmt, wenn der Vorbefall niedrig ist.

Die weiteren Untersuchungen ergaben, daß der Rückgang der Population im ersten Zwischenjahr nach Zuckerrüben absolut und auch relativ umso deutlicher ausfällt, je weitergestellt die Zuckerrübe in der Fruchtfolge stand. Da bei der Fruchtfolge "Rübe alle fünf Jahre" die Ausgangspopulation nach Rüben, im Vergleich zu den übrigen, am höchsten war, wurde zunächst ein anderes Ergebnis vermutet. Zur Klärung wurden aus den in Tabelle 3 zusammengestellten Mittelwerten für die Zysten und lebensfähigen Eier und Larven die mittlere Zahl der lebensfähigen Eier und Larven je gefundener Zyste berechnet. Diese Befunde sind in Abb. 3 zeichnerisch dargestellt. Beim ersten Anbau von Zuckerrüben nimmt in dieser Darstellung die Zahl der je Zyste gezählten Eier und Larven mit der Erweiterung der Rotation ständig zu, weil sich das Verhältnis von neu gebildeten zu den älteren aus früheren Anbaujahren mit teilweise oder ganz geschlüpften Inhalt zugunsten der neuen verschiebt. Daraus geht hervor, daß die Berücksichtigung der älteren, nur noch teilweise gefüllten Zysten mit lebensfähigen Larven für die Bestimmung der Gesamtpopulation umso wichtiger ist, je enger die Fruchtfolge gewählt wird.

Abb. 3

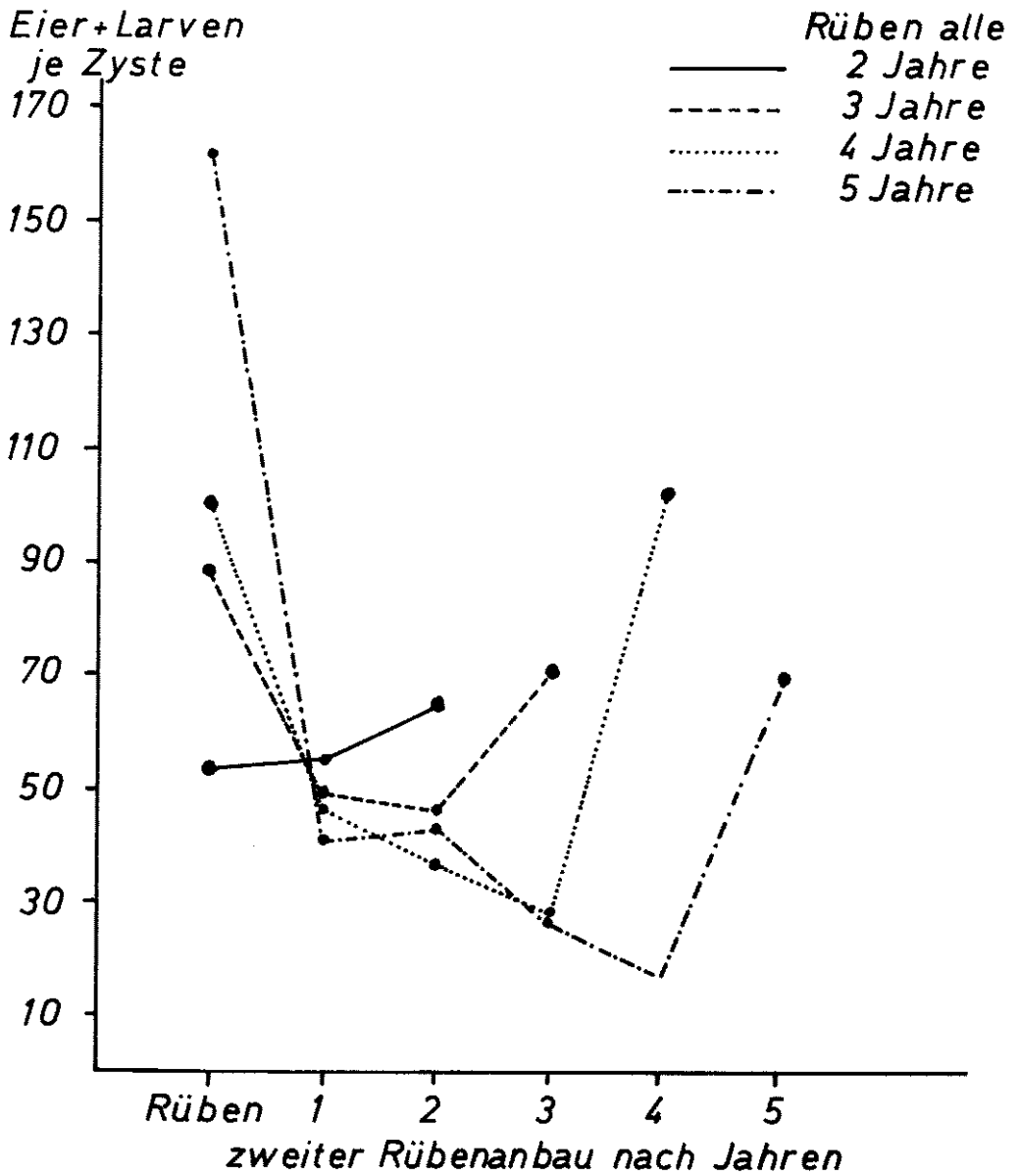


Abb. 3 Mittlere Zahl lebensfähiger Eier + Larven je gefundener Zyste in Abhängigkeit von der Stellung in der Fruchtfolge.

Da die Ergebnisse des jeweils zweiten Anbaujahres weniger deutlich sind wurden zum besseren Vergleich der unter praktischen Bedingungen möglichen Unterschiede auch die Mittelwerte für alle Werte beim Anbau mit Rüben für die verschiedenen Rotationen errechnet und nachfolgend dargestellt:

Rüben alle 2 Jahre :	60,1	lebensfähige Eier + Larven je Zyste
" " 3 " :	77,7	" " " "
" " 4 " :	101,0	" " " "
" " 5 " :	128,8	" " " "

Der schnellere Rückgang der Population im ersten Folgejahr nach Zuckerrübe wird besser verständlich, wenn man bedenkt, daß aus den vollen Zysten bei gleich hohem prozentualen Schlupf viel mehr Larven auswandern als aus älteren, die schon teilweise entleert sind. Dies zeigt sich in Abb. 3 auch daran, daß die zunächst sehr großen Unterschiede im mittleren Inhalt je Zyste schon im ersten Folgejahr auf einen relativ einheitlichen Wert zurückgegangen sind.

Im weiteren Verlauf der Rotation unter Nichtwirtspflanzen nahm der mittlere Zysteninhalt kontinuierlich ab und erreichte im vierten Jahr nach Zuckerrübe den Wert von 16 lebensfähigen Eiern und Larven je Zyste. Theoretisch wäre also aus dem Verhältnis Zyste/Inhalt auf die Häufigkeit von Zuckerrüben in der Rotation zu schließen, doch ist dieses sicher auch von den Witterungsbedingungen der einzelnen Jahre abhängig; außerdem ist zu berücksichtigen, daß es sich hier um einen Mittelwert handelt und daß die Streuung der einzelnen Schläge relativ groß ist. Die sehr geringe Restpopulation nach den vier Zwischenjahren war noch voll lebensfähig, wie der hohe Vermehrungsindex von 9,3 im fünften Jahr beweist.

Wie schon zuvor besprochen, hat die Entwicklung des Befalls von *H. schachtii* sowohl im dreijährigen wie auch in vierjährigem Anbau von Zuckerrüben im Mittel die Tendenz zur engeren oder weiteren Fruchtfolge grundsätzlich bestätigt, aber mit den Relativwerten von 115 für die dreijährige und 86 für die vierjährige Fruchtfolge keine signifi-

kante Zu- bzw. Abnahme gegenüber den Werten nach dem ersten Anbau von Zuckerrüben erbracht. Um weitere Erkenntnisse zu gewinnen, werden die Befunde der Flächen diskutiert, bei welchen die drei- bzw. vierjährige Rotation mehrere Male ohne Unterbrechung untersucht werden konnte. Nur ein einziger Betrieb baute seine Zuckerrüben in der Zeit von 1963 - 1978 ohne Unterbrechung in dreijähriger Rotation an; Insgesamt wurden in dieser Zeit sechsmal Zuckerrüben in dreijährigem Turnus angebaut. Abb. 4 zeigt in zusammenfassender Darstellung den mittleren Befall von *H. schachtii* nach dem Anbau von Zuckerrüben in den Jahren 1963, 1966, 1969, 1972, 1975 und 1978.

Die Zahl der lebensfähigen Eier und Larven nahm von 1963 zu 1966 zunächst stark zu, hielt sich dann bis 1969 etwa auf gleicher Höhe und ging im Jahre 1972 stark und zwar etwa auf den Ausgangsbefall von 1963 zurück. Der Befall hielt sich 1975 auf gleicher Höhe und erreicht erst 1978 wieder einen Wert über 1000 lebensfähiger Eier und Larven je 100 ml Boden. Daß es sich nicht um ein Zufallsergebnis handelt, ergibt sich aus den Werten, die bei der mit Temik 10G behandelten Vergleichs-Parzelle ermittelt wurden. Das Präparat wurde bei diesem Schlag 1969 erstmalig eingesetzt. In diesem Jahr war praktisch kein Unterschied zwischen "Behandelt" und Unbehandelt" zu erkennen. In den nächsten Versuchsjahren entwickelte sich die Population nach Temik gleichsinnig wie die des unbehandelten Teilstücks, aber auf deutlich niedrigerem Niveau. Der Wert von 500 lebensfähigen Eiern und Larven von je 100 ml Boden wurde in den drei folgenden Rübenjahren nicht mehr erreicht. In ähnlicher Form verläuft auch die Zusammenstellung der mittleren Zahl gefundener Zysten. Die Möglichkeit technischer Fehler oder Fehler bei der Entnahme der Proben kann in diesem Beispiel natürlich nicht ausgeschlossen werden, doch ist der Darstellung zu entnehmen, daß im Jahre 1978 der Befall von *H. schachtii* auf den behandelten Parzellen nicht höher war als im Herbst 1963.

Um die Möglichkeit eines Zufallsergebnisses zu überprüfen, wurden alle Werte der einzelnen Rotationen in drei- bzw. vierjähriger Fruchtfolge in Zweijahresgruppen zusammengefaßt (bei 3-jähriger Rotation jeweils die Werte der Ausgangsjahre 63 und 64, 65 und 66, 67 und 68, 69 und 70,

Anzahl  
Zysten

35

30

25

20

15

10

5

NR

NR

NR

NR

NR

NR

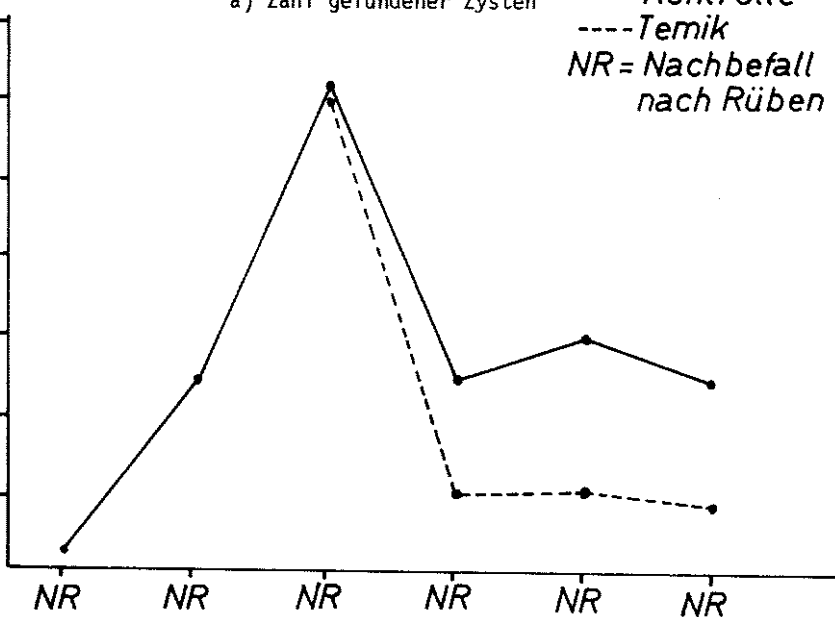
Abb. 4a

a) Zahl gefundener Zysten

— Kontrolle

---- Temik

NR = Neubefall  
nach Rüben



lebensfähige  
Eier + Larven

4000

3500

3000

2500

2000

1500

1000

500

NR

NR

NR

NR

NR

NR

Abb. 4b

b) Zahl lebensfähiger Eier + Larven je 100 ml  
Boden

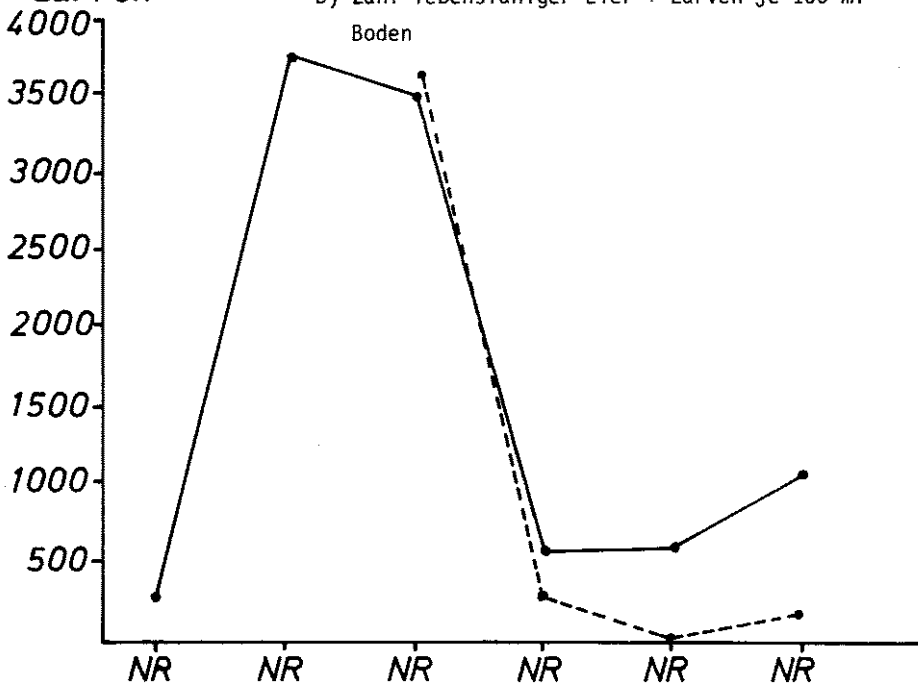


Abb. 4

Neubefall von *H. schachtii* nach Zuckerrüben in ununterbrochener Folge von sechs 3-jährigen Rotationen 1963-1978.

71 und 72, 73 und 74; bei 4-jähriger Rotation von den Ausgangsjahren 63 und 64, 65 und 66, 67 und 68, 69 und 70, 71 und 72) und die Mittelwerte der lebensfähigen Eier und Larven je 100 ml Boden graphisch dargestellt. Für die dreijährige Rotation ergaben sich auf diese Weise sechs und für die vierjährige fünf Vergleichskurven, die in Abb. 5 zusammengestellt sind.

#### Dreijährige Rotation:

Die Mittelwerte der Gruppen 63/64 und 65/66 lassen einen deutlichen Anstieg der Population erkennen. Dieser hohe Bestand bleibt bei der Gruppe 67/68 zunächst erhalten. Bei den Kurven der Jahre 69/70 - 73/74 dagegen nimmt die Population sehr deutlich ab; der durchschnittliche Verlauf der Abundanzdynamik aller Untersuchungen entspricht somit grundsätzlich den in Abb. 4 diskutierten Befunden. Ein Zufallsergebnis kann daher ausgeschlossen werden. Der relativ ausgeglichene Mittelwert über die ganze Untersuchungszeit von 1963-1978 umfaßt also Jahre mit Zunahme, Stagnation und Rückgang des Nematodenbefalls. Daher ist es kaum möglich, die Ergebnisse der Zuckerrübenanbaujahre einer Rotation schematisch auf eine andere zu übertragen.

Nach den Beobachtungen der Jahre 1963-1970 konnte man die dreijährige Rotation durchaus als befallsvermehrend mit entsprechend steigenden Ertragsverlusten einstufen (wenigstens für das Untersuchungsgebiet und die geprüften Böden), aber im zweiten Teil der Versuchsperiode war das nicht mehr möglich, weil der Befall wieder zurückging. Dieses unerwartete Ergebnis setzt voraus, daß es Bedingungen gibt, welche die normale Vermehrung von *H. schachtii* unter den Bodenbedingungen und Witterungsverhältnissen der Köln-Aachener Bucht so wechselhaft gestalten, daß die gefundenen Ergebnisse verständlich werden.

#### Vierjährige Rotation:

Der Kurvenverlauf der Zweijahrsmittel aller vierjährigen Rotationen entspricht grundsätzlich den Ergebnissen bei der dreijährigen Rotation. Im ersten Teil der Versuchsperiode nahm auch hier der Befall zu; dann folgten drei Perioden, in welchen sich die Population auf dem erreichten Niveau stabilisierte. In der letzten Periode 71/72 - 75/76 ging



Abb. 5a

a) dreijährige Rotation

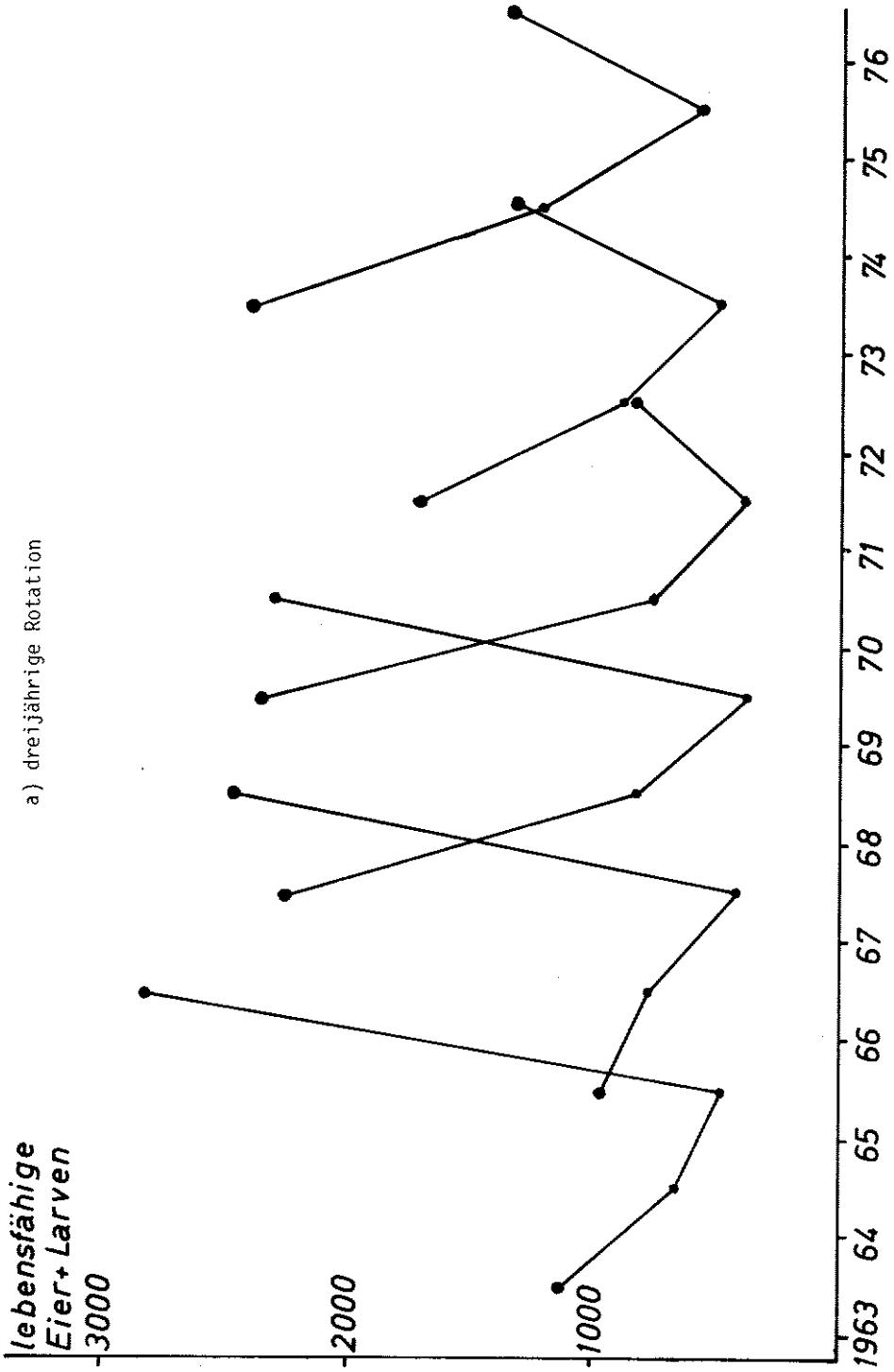


Abb. 5 a Abundanzdynamik von *H. schachtii*; 1963-1976  
lebensfähige Eier + Larven je 100 ml Boden.

Abb. 5b

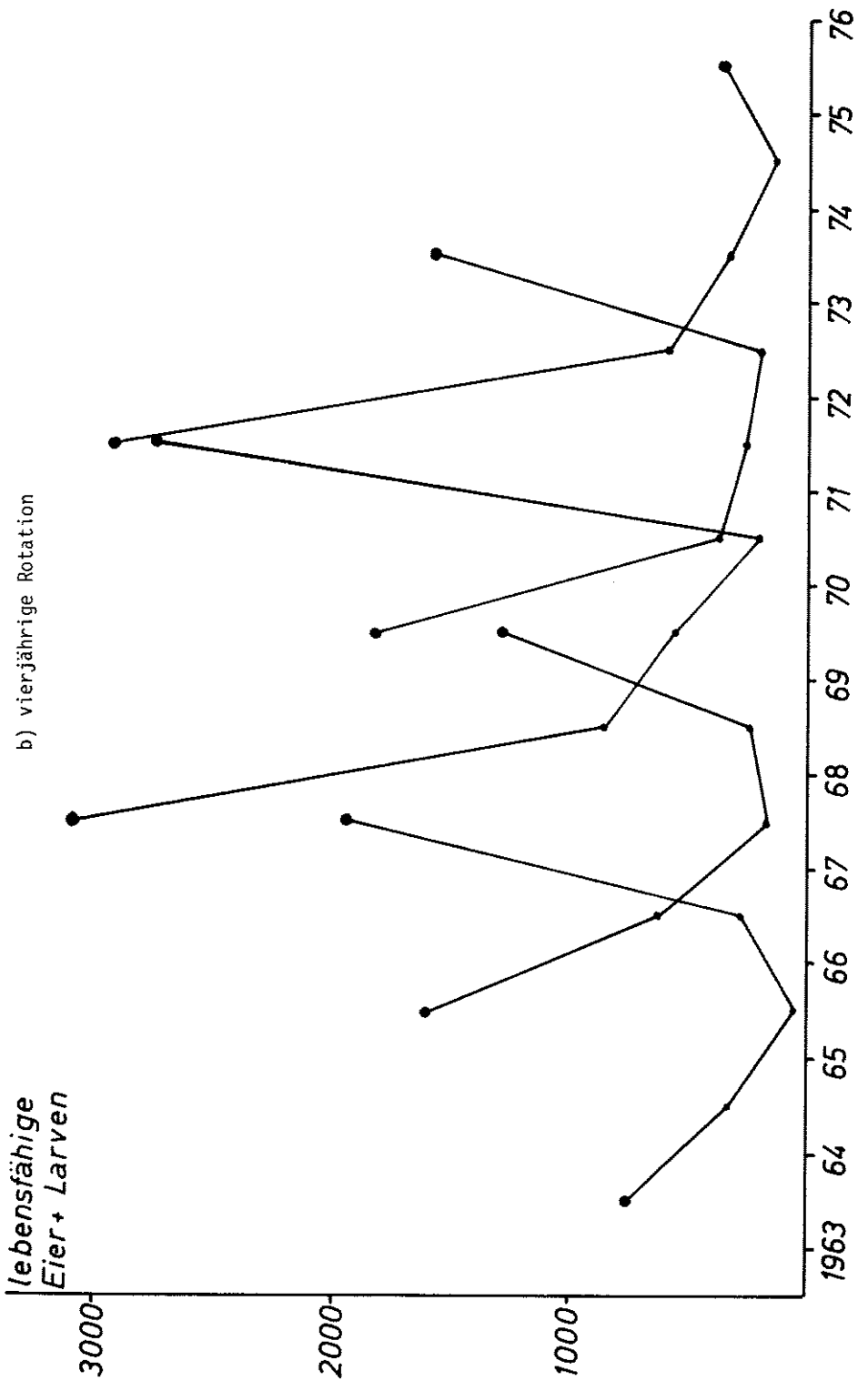


Abb. 5 b Abundanzdynamik von *H. schachtii*; 1963-1976  
Lebensfähige Eier + Larven je 100 ml Boden.

der Befall dann auffällig stark zurück; in diesem nachfolgenden Anbau 1975/76 war der Befall etwas geringer als im ersten Anbau der 1. Periode 1963/64.

Die beschriebenen Ergebnisse führen zu der Frage, ob das Ausmaß der Vermehrung oder Verminderung in den einzelnen Zweijahresmitteln zum Teil durch stärker oder schwächer befallene Probeflächen in den einzelnen Gruppen erklärt werden kann. Wir haben daher für die Periode von 1968-1978 die Ergebnisse aller dreijährigen Rotationen in zwei Gruppen unterteilt - schwache Ausgangsverseuchung und hohe Ausgangsverseuchung - und die Mittelwerte des Befalls vor und nach dem Anbau von Zuckerrüben für jedes Rübenjahr bestimmt (s. Abb. 6a und b). Diese Perioden wurden deswegen gewählt, weil ab 1968 die Versuche durch je eine mit Temik behandelte Parzelle erweitert worden waren und daher die doppelte Anzahl von Beobachtungen zur Verfügung stand. Der Vergleich der Abundanzdynamik des Rübennematoden bei beiden Gruppen (Anzahl Zysten und lebensfähiger Zysteninhalt je 100 ml Boden) zeigt weitgehende Übereinstimmung des Verlaufs der Kurven, allerdings in verschiedener Höhe.

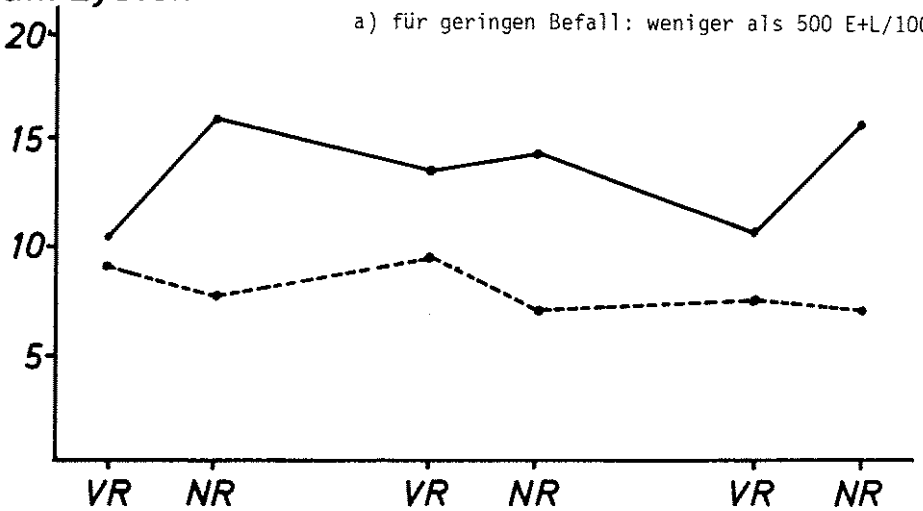
Die Befunde mit Temik bestätigen dieses Ergebnis, doch sollen die Konsequenzen eines wiederholten Einsatzes dieses systemischen Nematizids im Rahmen der Fruchtfolge erst später diskutiert werden. In beiden Befallsgruppen geht die Zahl lebensfähiger Eier und Larven je 100 ml Boden von der ersten zur dritten Anbauperiode allmählich zurück, während die Zahl der Zysten bei schwacher Ausgangsverseuchung in etwa stagniert. Die Tatsache, daß in der Untersuchungsperiode bei dem Anbau von Zuckerrüben der Befall mit Rübennematoden sowohl ansteigen, als auch abnehmen kann, trifft demnach für höhere Ausgangsbefallswerte ebenso zu wie für niedrigere.

Weitere Faktoren, welche die Populationsdynamik zystenbildender Nematoden grundsätzlich beeinflussen können, sind Bodenart und -zusammensetzung, Bodentemperatur und -feuchtigkeit, sowie Anzahl möglicher Generationen im Laufe der Vegetationsperiode. Über die Bedeutung der ge-

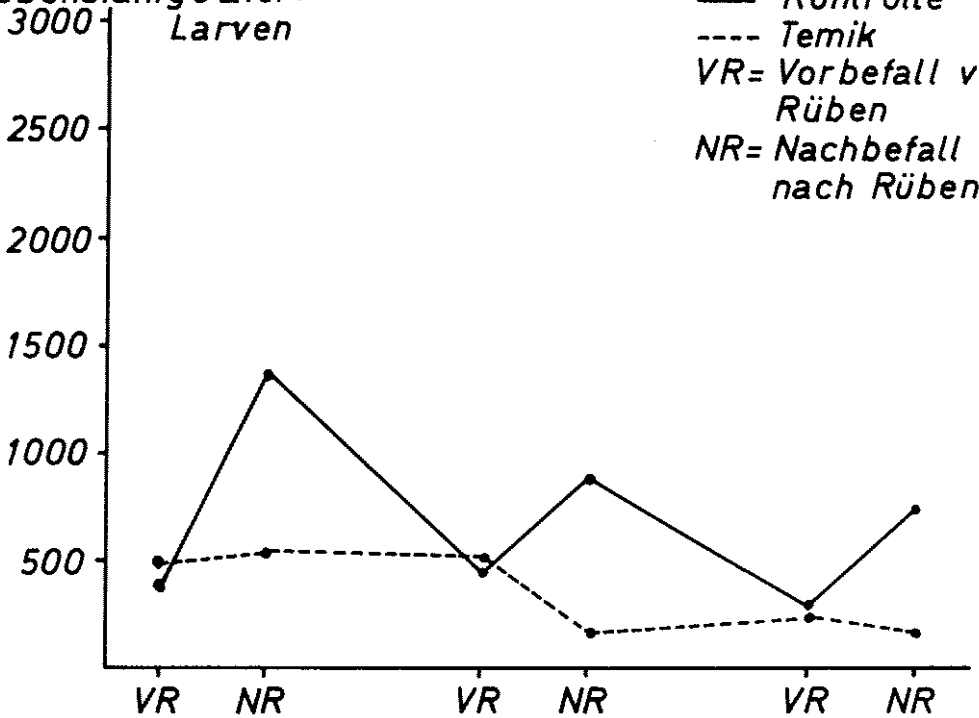
Abb. 6a

Anzahl Zysten

a) für geringen Befall: weniger als 500 E+L/100ml



lebensfähige Eier +  
Larven



— Kontrolle  
--- Temik  
VR= Vorbefall vor  
Rüben  
NR= Nachbefall  
nach Rüben

Abb. 6 a Abundanzdynamik von *H. schachtii* (Vor- und Nachbefall in Zuckerrüben für 3-jährige Rotationen (1968-78)). Mittelwerte Zahl der Zysten u. lebensfähigen Eier + Larven je 100 ml Boden

Abb. 6b

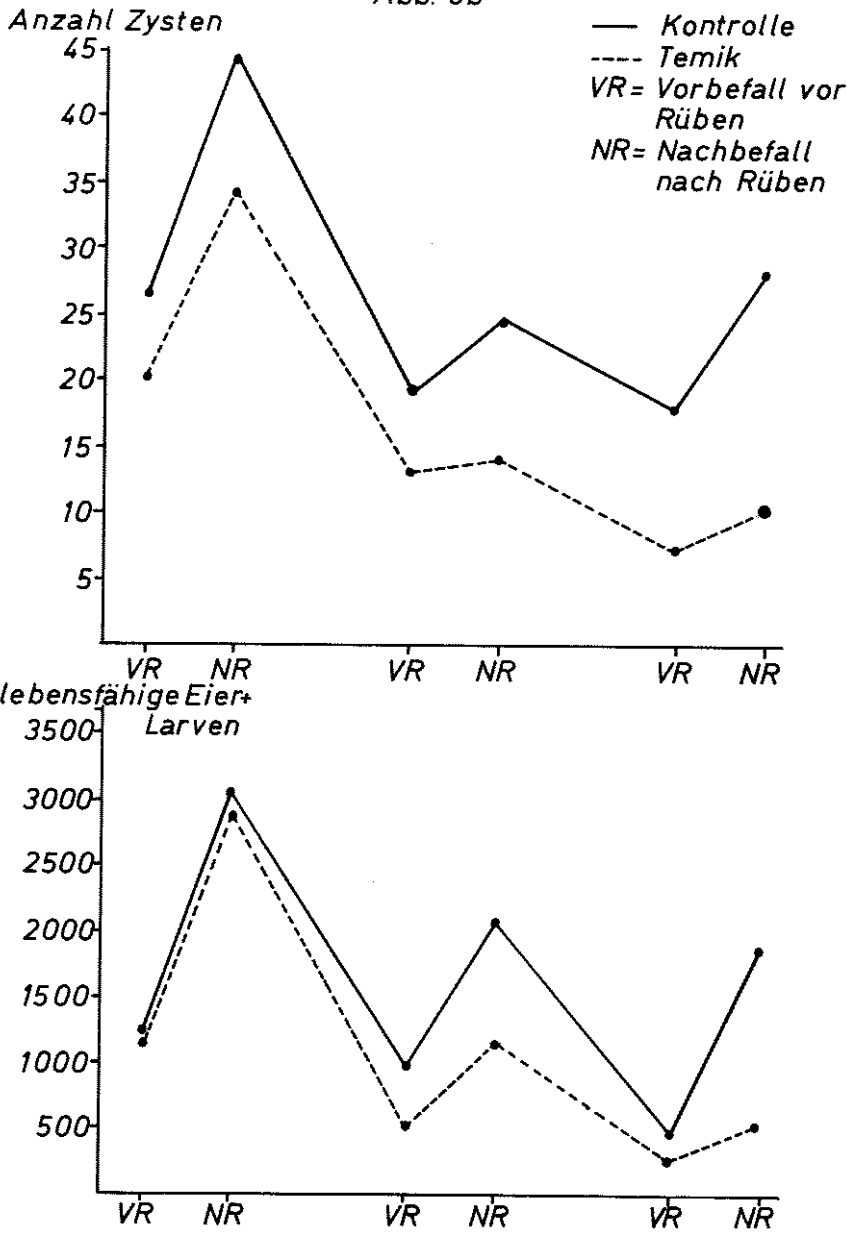


Abb. 6 b Abundanzdynamik von *H. schachtii* (Vor- und Nachbefall in Zuckerrüben für 3-jährige Rotationen (1968-78)). Mittelwerte Zahl der Zysten u. lebensfähigen Eier + Larven je 100 ml Boden

b) für hohen Befall: mehr als 500 E+L/100ml

nannten Faktoren liegen zahlreiche Arbeiten grundsätzlicher Art und der praktischen Arbeitsrichtung vor, über die JONES (1975, siehe dort Hinweise auf weitere Arbeiten) zusammenfassend berichtet hat.

### 2.3. Bodenart:

Von den 54 in die Untersuchung aufgenommenen Versuchsflächen wurden 42 als "sandiger Lehm" und 12 als "Lösslehm" definiert. Die vergleichende Untersuchung der Populationsdynamik des Rüben nematoden ergab keine signifikanten Differenzen zwischen beiden Bodentypen.

### 2.4. Witterungsbedingungen

Es standen u.a. die Beobachtungswerte über Lufttemperaturen und Niederschläge der Klimastation Elsdorf/Rhld. zur Verfügung. In Tab. 6 sind für die Tagestemperaturen (gekennzeichnet durch die durchschnittlichen Dekadensummen pro Monat) und für die Niederschläge die Summenwerte für die Monate März bis September sowie für 3 Teilbereiche der Vegetationszeit (März bis Mai, April bis Juni, Juni bis September; diese Zeitspannen brachten bei den Untersuchungen interessante Ergebnisse) der Jahre 1964-1978 enthalten.

Da die Entwicklungsdauer einer Generation des Rüben nematoden mit steigender Temperatur zunächst abnimmt (GOFFART, 1952; JONES, 1956), ist grundsätzlich eine Beschleunigung der Individualentwicklung durch warme Witterung in allen Monaten der Vegetationsperiode zu erwarten. Unter mitteleuropäischen Voraussetzungen können sich mindestens 2, teilweise aber auch 3 Generationen von *H. schachtii* an Zuckerrüben in einer Vegetationsperiode entwickeln (MÜLLER (1979), NAJAD und DERN (1979)). Die Frage, ob und unter welchen Bedingungen auch in der Köln-Aachener Bucht mehr als 2 Generationen des Schädling auftreten, ist noch umstritten (THOMAS (1979)). Im Gegensatz zu Arten mit nur einer Generation, wie z.B. *H. avenae*, dessen Vermehrung sich im Frühjahr entscheidet, ist für den Endbefall von *H. schachtii* an Zuckerrüben auch das Klima in den Sommermonaten von großer Bedeutung. Nur dann, wenn auch in dieser

Tabelle 6  
Zusammenstellung der Witterungsdaten  
Klimastation Elsdorf/Rhld., 1964-1978

Jahr	Tagestemperatur °C durchschnittliche Dekadensumme pro Monate				Niederschläge mm			
	Summe März- Sept.	Summe März- Mai	Summe April- Juni	Summe Juni- Sept.	Summe März- Sept.	Summe März- Mai	Summe April- Juni	Summe Juni- Sept.
1964	289.2	83.7	126.4	205.5	293	124	125	169
1965	262.2	77.9	111.6	184.3	589	229	246	360
1966	285.1	88.9	126.3	196.2	579	261	286	318
1967	287.5	85.2	110.9	202.3	487	193	197	294
1968	282.2	86.8	118.0	195.4	462	128	132	334
1969	282.7	81.1	115.7	201.6	530	158	164	372
1970	272.8	70.4	114.7	202.4	519	232	171	287
1971	278.3	83.0	119.3	195.3	387	170	242	217
1972	265.6	82.1	106.5	183.5	555	220	213	335
1973	289.6	77.4	114.1	212.2	370	198	192	172
1974	277.7	87.4	113.7	190.3	440	150	160	290
1975	293.2	79.8	111.6	213.4	394	160	133	234
1976	294.4	77.8	123.9	216.6	259	88	82	171
1977	269.4	81.3	104.9	188.1	408	156	173	252
1978	271.1	84.6	110.5	186.5	433	179	174	254

Tabelle 7

Zusammenfassungen der Tagestemperaturen (durchschnittliche Dekadensummen pro Monat) in aufsteigender Anordnung mit Gegenüberstellung der Vermehrungsindizes (Eier + Larven Herbstuntersuchung; Eier + Larven Frühjahrsuntersuchung) aller untersuchten Rübenschläge des betreffenden Jahres.

Summe März bis September					Summe Juni bis August				
Jahr	Temp.	Vermehrg. index	Gruppenbildung von jew. 3 Jahren		Jahr	Temp.	Vermehrg. index	Gruppenbildung von jew. 3 Jahren	
			Temp.	Verm. Ind.				Temp.	Verm. Ind.
1965	262.2	3.00			1965	143.9	3.00		
1972	265.6	2.66	265.7	3.06	1978	145.9	2.70	145.8	2.79
1977	269.4	3.52			1972	147.5	2.66		
1978	271.1	2.70			1974	148.9	2.33		
1970	272.8	7.87	273.9	4.30	1977	149.3	3.52	150.1	5.68
1974	277.7	2.33			1966	152.1	11.20		
1971	278.3	7.15			1968	153.4	6.73		
1968	282.2	6.73	281.1	5.66	1971	155.3	7.15	155.3	5.66
1969	282.7	3.11			1969	157.1	3.11		
1966	285.1	11.20			1970	157.7	7.87		
1967	287.5	6.45	287.3	8.70	1967	157.9	6.45	158.5	7.59
1964	289.2	8.45			1964	159.8	8.45		
1973	289.6	3.45			1975	165.7	2.61		
1975	293.2	2.61	292.6	2.75	1973	165.9	3.45	168.6	2.75
1976	294.4	2.18			1976	174.2	2.18		



Periode Wärme und optimale Bodenfeuchtigkeit zusammenkommen, ist eine hohe Wanderungsaktivität der Larven und eine rasche Entwicklung der eingewanderten Larven zu erwarten. Austrocknung des Bodens oder sehr kühles und nasses Sommerwetter schränken die Aktivität fühlbar ein.

Bringt man die Summen der Temperaturwerte der Jahre in eine aufsteigende Reihenfolge, dann zeigt sich bei der Zusammenfassung für die gesamte Vegetationsperiode (März bis September) und für die Bereiche ab Juni, daß mit ansteigenden Temperaturen der Vermehrungsindex bei Rübenanbau (Eier + Larven Herbstuntersuchung : Eier + Larven Frühjahrsuntersuchung) ebenfalls ansteigt, bei sehr hohen Werten (1973, 1975, 1976) aber wieder abnimmt (s. Tab. 7); besonders deutlich wird dies, wenn man den Gesamtbereich in 5 gleichgroße Gruppen zu je 3 Jahresergebnissen aufteilt. Bei entsprechenden Überprüfungen mit den Temperatursummen vom Anfang der Vegetationsperiode ergeben sich andere Schwerpunkte, deren Interpretation komplizierter ist; und bei den Niederschlägen ist keine klare Tendenz zu erkennen, auch wenn einige Einzelergebnisse den Erwartungen entsprechen.

Diese Betrachtungen waren der Anlaß zu umfangreichen Regressionsrechnungen, bei denen der Vermehrungsindex als Zielgröße eingesetzt wurde. Als Einflußgrößen fungierten

- a) alle möglichen Zusammenfassungen der Monatswerte der Lufttemperatur
- b) alle möglichen Zusammenfassungen der Monatswerte der Niederschläge
- c) Kombinationen von beiden Witterungsfaktoren (multiple Regressionen)
- d) Quotienten oder Additionen von Differenzen beider Witterungsfaktoren

Für die Einflußgrößen unter a), b) und d) wurde sowohl die lineare als auch die quadratische Anpassung gerechnet.

Um einen Überblick über die Abhängigkeiten zu geben, werden zunächst die Werte der Einfachkorrelationen zwischen dem Vermehrungsindex und den einzelnen Monatswerten für Lufttemperatur und Niederschläge in Tab. 8 gebracht. Da - wie schon aus den Voruntersuchungen hervorgeht - in vielen Fällen keine linearen Zusammenhänge bestehen, sondern die Beziehungen nur durch Parabeln beschrieben werden können, sind diese Werte im allgemeinen nur als Zusatzinformation bei einer Bewertung zu verwenden. Es gibt aber auch Ausnahmen: die hohen Werte für die Lufttemperatur im Mai und für die Niederschläge im Juni; ferner gibt das unerwartete Ergebnis für die Lufttemperatur im März Anlaß zu Nachforschungen.

Tabelle 8

Einfachkorrelationen

Vermehrungsindex bei Zuckerrübenanbau

(Eier + Larven / 100 ml Boden, Herbstuntersuchung: Frühjahrsuntersuchung) zu

- Monatswerte Lufttemperatur
- Monatswerte Niederschläge

Monat	Lufttemperatur	Niederschläge	Einfachkorrelationen der beiden Witterungsfaktoren im gleichen Monat
März	- 0.37	0.32	0.20
April	0.34	0.10	- 0.58
Mai	0.50	0.22	0.13
Juni	0.27	0.44	- 0.49
Juli	- 0.19	- 0.18	- 0.40
August	- 0.09	- 0.01	- 0.41
September	0.28	- 0.20	- 0.20

Die wichtigsten Ergebnisse der Regressionsanalysen mit der Lufttemperatur in den verschiedenen Zeitabschnitten als Einflußgröße sind in der Tab. 9 enthalten, und zwar sowohl für die lineare als auch für die quadratische Anpassung; analog dazu die Ergebnisse für die Niederschläge in Tab. 10.

Die in diesen und den folgenden Tabellen bzw. Abbildungen verwendeten Symbole werden nachstehend erläutert:

- r = Korrelationskoeffizient (Einfachkorrelation);
- B = Bestimmtheitsmaß (= erklärbare Variabilität der Zielgröße durch die Einflußgrößen)

Formal betrachtet zeigen diese Ergebnisse: Bei den Temperatursummen werden unter Einbeziehung der Monate März und April bei Vergrößerung der Zeitspanne die Beziehungen abgeschwächt (1.1 bis 1.5 und 2.1 bis 2.5 in Tab. 9) und es ist ein Trend für die lineare Anpassung festzustellen (Abweichungen werden später besprochen). Bei Nichtberücksichtigung dieser beiden Monate werden die Beziehungen zum Vermehrungsindex mit Vergrößerung der Zeitspanne enger (3.1 bis 3.4, 4.1 bis 4.3 und 5.1 bis 5.2 der Tab. 9) und hier ist eindeutig die quadratische Anpassung bestimmend. Im Gegensatz dazu werden bei den Niederschlägen in allen Bereichen der Vegetationsperiode die angedeuteten Zusammenhänge geringer, wenn die Zusammenfassung über 2 bzw. 3 Monate hinausgeht; bezeichnend ist, daß ein einzelner Monat (= Juni) den dritthöchsten F-Wert bringt. Die Beziehungen sind in allen Bereichen - wie schon erwähnt - meist nur angedeutet und es besteht praktisch kein Unterschied zwischen der linearen und der quadratischen Anpassung. Obwohl durch Signifikanztest in keinem Fall belegbar, ist auffällig, daß alle Parabeln, die einen höheren F-Wert als 0.2 haben, eine Öffnung nach oben aufweisen; die Erklärung solcher Ergebnisse wäre sehr schwierig und mit Sicherheit mehrschichtig. Nach den vorliegenden Ergebnissen müssen aber die Beziehungen - wenn überhaupt vorhanden - als linear angesehen werden.

Tabelle 9  
 Einfluß der Tagestemperatur auf den Vermehrungsindex  
 Auszug aus den Regressionsanalyse-Ergebnissen

Nr. der Analyse	Einflußgröße Temperatur Summe der Monate: M A M J J A S X P A U U U E R R I N L G P Z I I Y T L	linear			quadratisch		
		r	B	F-Wert	B	F-Wert	Öffnung der Para- bel nach oben = -
1.1	X X X	0.24	0.06	0.8	0.42	4.4 +	-
1.2	X X X X	0.46	0.21	3.4	0.51	6.4 +	-
1.3	X X X X X	0.21	0.04	0.6	0.04	0.3	
1.4	X X X X X X	0.12	0.02	0.2	0.13	0.9	
1.5	X X X X X X X	0.18	0.03	0.5	0.24	1.9	
2.1	X X	0.56	0.32	6.0 +	0.50	6.0 +	-
2.2	X X X	0.60	0.36	7.3 +	0.39	3.8	-
2.3	X X X X	0.36	0.13	2.0	0.29	2.4	
2.4	X X X X X	0.27	0.07	1.0	0.26	2.2	
2.5	X X X X X X	0.29	0.09	1.2	0.28	2.4	
3.1	X X	0.47	0.22	3.7	0.27	2.2	
3.2	X X X	0.22	0.05	0.7	0.32	2.8	
3.3	X X X X	0.14	0.02	0.3	0.37	3.5	
3.4	X X X X X	0.19	0.04	0.5	0.46	5.0 +	
4.1	X X	0.03	0.00	0.0	0.26	2.1	
4.2	X X X	-0.02	0.00	0.0	0.37	3.6	
4.3	X X X X	0.07	0.00	0.0	0.53	6.8 +	
5.1	X X	-0.17	0.03	0.4	0.16	1.2	
5.2	X X X	-0.03	0.00	0.0	0.32	2.8	
6	X X	0.09	0.01	0.1	0.27	2.2	
7	X	0.50	0.25	4.3	0.27	2.2	-
8	X	-0.09	0.01	0.1	0.19	1.5	

Tabelle 10  
 Einfluß der Niederschläge auf den Vermehrungsindex  
 Auszug aus den Regressionsanalyse-Ergebnissen

Nr. der Analyse	Einflußgröße Niederschläge Summe der Monate: M A M J J A S X P A U U U E R R I N L G P Z I I Y . T L	linear			quadratisch		
		r	B	F-Wert	B	F-Wert	Öffnung der Parabel nach oben = -
1.1	X X X	0.32	0.11	1.6	0.22	1.7	-
1.2	X X X X	0.43	0.19	3.0	0.29	2.4	-
1.3	X X X X X	0.27	0.07	1.0	0.32	2.8	-
1.4	X X X X X X	0.22	0.05	0.6	0.08	0.5	-
1.5	X X X X X X X	0.16	0.03	0.3	0.04	0.2	-
2.1	X X	0.21	0.05	0.6	0.05	0.3	-
2.2	X X X	0.37	0.14	2.1	0.23	1.8	-
2.3	X X X X	0.21	0.04	0.6	0.26	2.1	-
2.4	X X X X X	0.16	0.02	0.3	0.03	0.2	-
2.5	X X X X X X	0.10	0.01	0.1	0.01	0.1	-
3.1	X X	0.40	0.16	2.4	0.27	2.2	-
3.2	X X X	0.22	0.05	0.7	0.36	3.3	-
3.3	X X X X	0.15	0.02	0.3	0.02	0.1	-
3.4	X X X X X	0.08	0.01	0.1	0.02	0.1	-
4.1	X X	0.16	0.03	0.4	0.37	3.5	-
4.2	X X X	0.09	0.01	0.1	0.01	0.1	-
4.3	X X X X	0.01	0.00	0.0	0.02	0.1	-
5.1	X X	- 0.11	0.01	0.2	0.02	0.1	-
5.2	X X X	- 0.17	0.03	0.4	0.03	0.2	-
6	X X	- 0.09	0.01	0.1	0.04	0.2	-
7	X	0.32	0.10	1.5	0.13	0.9	-
8	X	0.44	0.19	3.1	0.27	2.3	-
9	X	- 0.18	0.03	0.4	0.28	2.4	-

Die vorgelegten Regressionsergebnisse kann man unter Einbeziehung der Voruntersuchungen und Ausgangsdaten sachlogisch wie folgt interpretieren: Von der gesamten Vegetationszeit her gesehen fördern hohe Temperaturen stetig die Vermehrungsrate; bei zu hohen Temperaturen, die meist mit Trockenheit verbunden sind, fallen die Werte wieder ab. Daraus ergibt sich das typische Bild einer Parabel mit Öffnung nach unten. Die Niederschläge können im Einzelfall sehr wirksam sein, im allgemeinen haben sie aber eine nachgeordnete Bedeutung (positiv mit dem Vermehrungsindex korreliert). Die Verhältnisse werden klarer, aber auch differenzierter, wenn man die Vegetationsperiode unterteilt: im ersten Teil besteht eine lineare positive Beziehung zwischen Vermehrungsindex und Lufttemperatur, im zweiten Teil ist eine eindeutige quadratische Anpassung festzustellen. Die Niederschläge im Juni können erhebliche Modifikationen bewirken. Stellvertretend für diese Verhältnisse werden in Abb. 7 die Beziehungen zu den Temperatursummen von April bis Juni und in Abb. 8 von Juni bis September graphisch dargestellt.

Trotz der durch die statistischen Maßzahlen gegebenen Aussagen, die auch sachliche Unterstützung finden, gibt es Abweichungen, die optisch das Bild stören.

Hier sei nur erwähnt der in Abb. 8 erkennbare Einbruch in den Kurvenverlauf durch den sehr niedrigen Index des Jahres 1969, der mit 3.11 weit unter den benachbarten Werten liegt. Ob dieses Ergebnis mit den sehr hohen Niederschlägen im August dieses Jahres (258 % des 15-jährigen Mittels von 82.9 mm) und die damit einhergehende sehr niedrige Lufttemperatur der dritten Augustdekade ( $12.1^{\circ}\text{C}$ ) - Folge: zu geringe Mobilität der Larven im Boden - in ursächlichem Zusammenhang steht, ist zwar zu vermuten, kann hier aber nicht entschieden werden. Ein anderes Beispiel der scheinbaren Widersprüche: die Ergebnisse aus Tab.9, Analyse 1.1 und 1.2 lassen ein Übergewicht der quadratischen Anpassung vermuten, deren Öffnung nach oben zunächst keine sachlogischen Interpretationen zulassen. Aus der graphischen Darstellung Abb. 9 ergibt sich aber, daß das Ergebnis in erster Linie durch den extrem hohen Vermehrungsindex und die niedrige Temperatursumme im ersten Teil der Vegetationsperiode des Jahres 1970 hervorgerufen wird.

Abb. 7

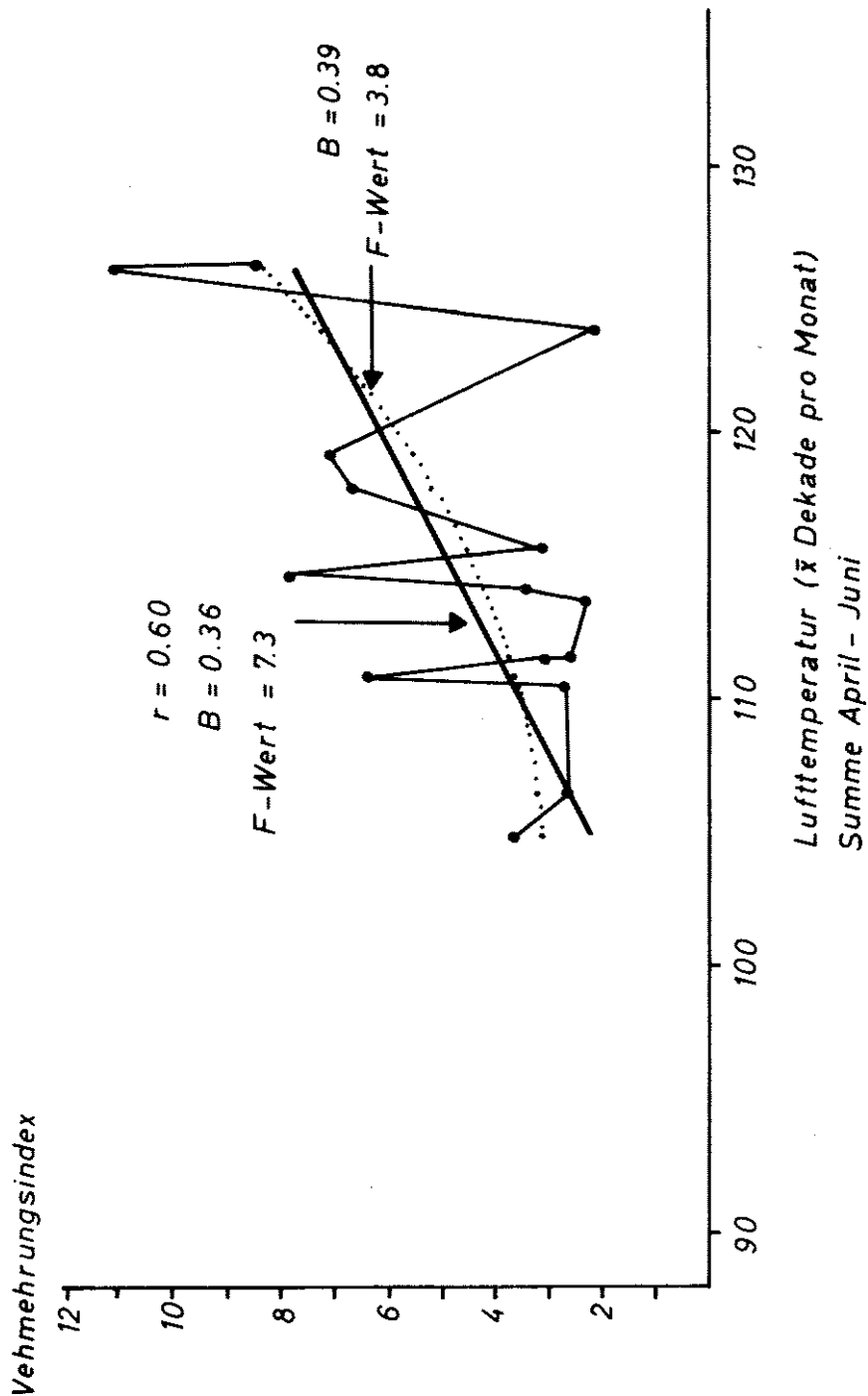


Abb. 7 Vermehrungsindex von *H. schachtii* in Abhängigkeit von der Lufttemperatur in °C (durchschnittliche Dekadensumme pro Monat), Summe April-Juni, in den Jahren 1964-1978

Abb. 8

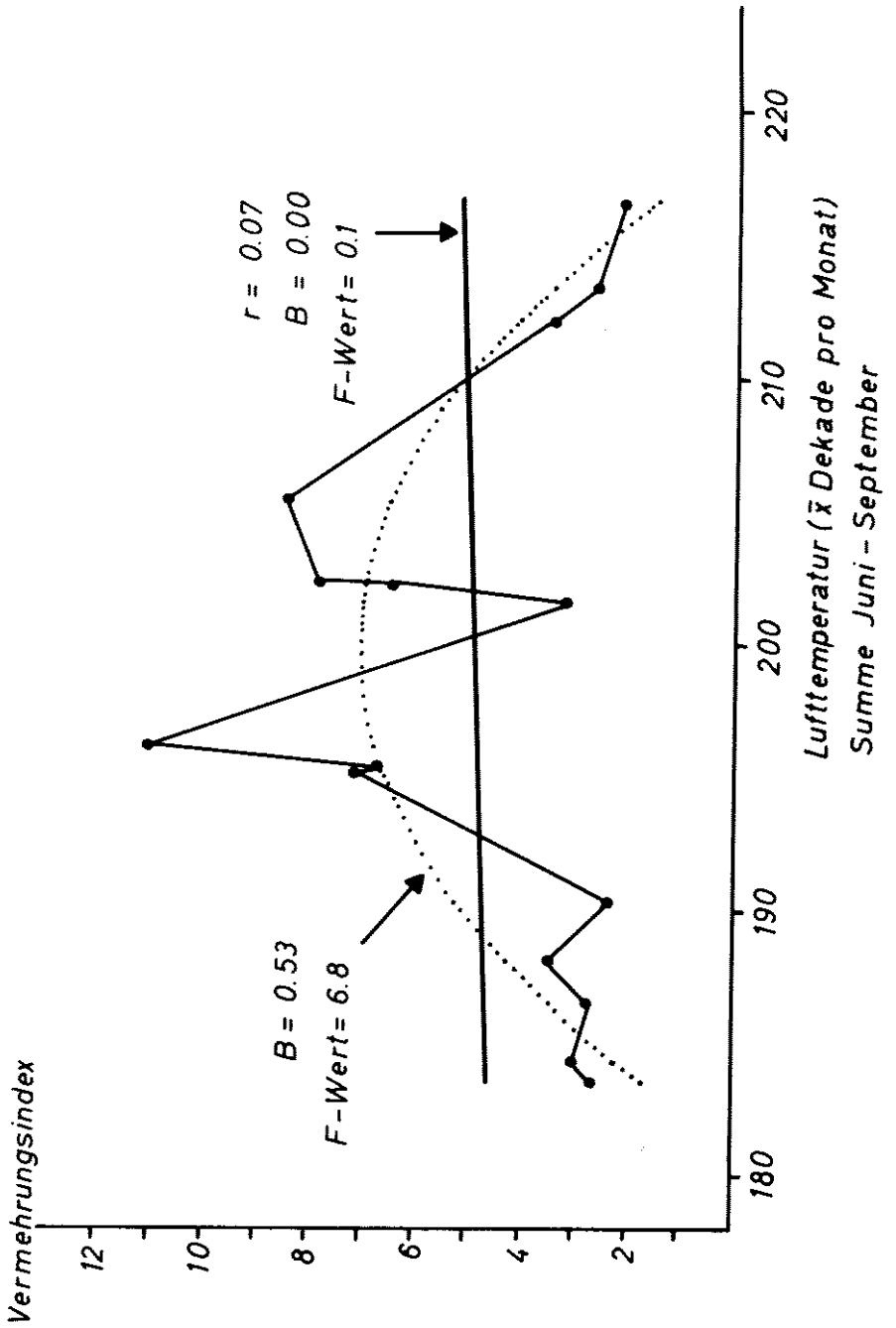


Abb. 8 Vermehrungsindex von *H. schachtii* in Abhängigkeit von der Lufttemperatur in °C (durchschnittliche Dekadensumme pro Monat), Summe Juni-September, in den Jahren 1964-1978



Abb. 9

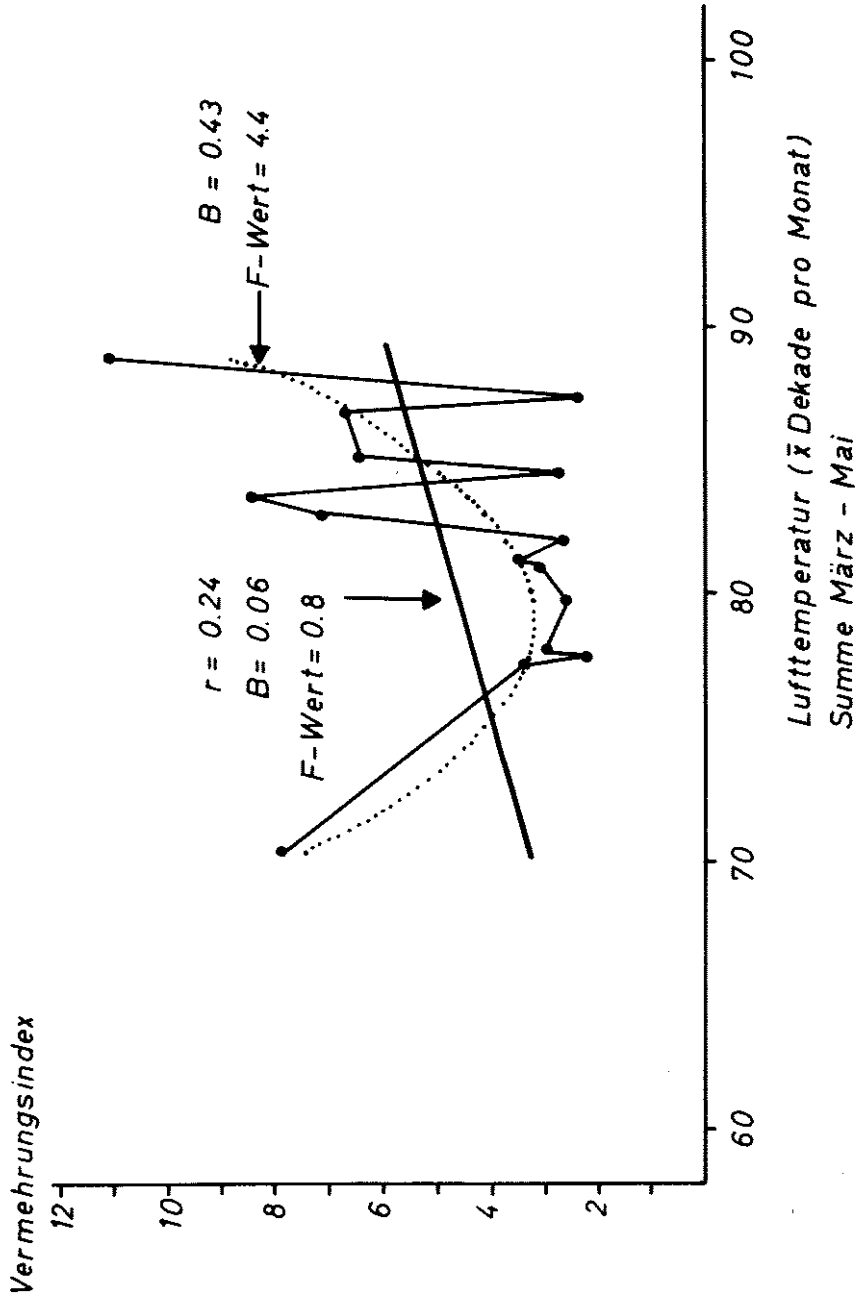


Abb. 9 Vermehrungsindex von *H. schachtii* in Abhängigkeit von der Lufttemperatur in °C (durchschnittliche Dekadensumme pro Monat), Summe März-Mai, in den Jahren 1964-1978

Die weitere Analyse ergab, daß in diesem Jahr niedrige Temperaturen im März und April verbunden mit relativ hohen Niederschlägen verzeichnet wurden, gefolgt von mittleren bzw. hohen Temperaturen im Mai und Juni verbunden mit niedrigen bzw. mittleren Niederschlägen; d.h. extreme Faktoren für die Ausprägung eines niedrigen Vermehrungsindex wurden überboten durch nachfolgende günstige Faktoren. In ähnlicher Weise wurden im Jahr 1971 ungünstige Bedingungen für die Vermehrung im März und April durch günstige Faktoren zu späteren Zeitpunkten annulliert. Die Entwicklung mehrerer Generationen erfordert also in vielen Fällen eine mehrschichtige Betrachtung.

Die durchgeführten multiplen Regressionsanalysen unterstreichen die Bedeutung der hohen Temperaturen im Mai und der hohen Niederschläge im Juni. Der Versuch über Quotientenbildung oder Addition von Differenzen verschiedener Einflußgrößen weitere Zusammenhänge zu erfassen, verlief negativ.

Nachfolgend werden weitere Details der Ergebnisse, die die Beziehungen zu den Witterungsfaktoren kennzeichnen, diskutiert.

Der nicht befriedigende Ausgang der Untersuchungen zur Frage der Beziehungen zwischen der Niederschlagssumme und dem Vermehrungsindex von *H. schachtii* kann nur bedeuten, daß diese Werte nicht genügen, um die vermuteten Zusammenhänge zu erfassen. Wesentlich mehr Aussicht auf Erfolg wäre zu erwarten, wenn es möglich gewesen wäre, die Bodenfeuchtigkeit laufend zu messen. Hinzu kommt, daß im mitteleuropäischen Klima Jahre mit ausgesprochen kühlem Wetter während der Sommermonate meist recht feucht sind und eine Austrocknung des Bodens dann kaum vorkommt. Außerdem sind im Gegensatz zu den über größere Gebiete relativ gleichmäßigen Temperaturen die Niederschläge örtlich ungleichmäßiger verteilt, sodaß die Niederschlags-Werte der verwendeten Klimastation den örtlichen Bedingungen weniger entsprechen dürften als die der Lufttemperaturen. Der so auffällige Rückgang des Vermehrungsindex bei den Jahren mit der höchsten Wärmesumme deutet darauf hin, daß - obwohl durch hohe Bodentemperaturen eine bessere und auch raschere Entwicklung

des Nematoden möglich wäre - infolge der Bodentrockenheit, die bis zum zeitweiligen Welken der Wirtspflanze führte, die Larven nicht in der Lage waren, in die Wurzeln der Zuckerrübe einzuwandern. Insoweit ist der Vermehrungsindex von der Bodenfeuchtigkeit und damit von den Niederschlägen doch beeinflußt worden.

Jede Unterbrechung einer längeren Trockenperiode in warmen Sommern, die zu einer guten Durchfeuchtung des trockenen Bodens führt, induziert die Bildung neuer Wurzeln, die dann sofort von den wandernden Larven befallen werden können. Das zeigte sich besonders klar im Trockenjahr 1976 bei der Untersuchung von Feldern, über welche Anfang August nach langanhaltender Dürre ein Gewitterregen von  $\pm 60$  mm niedergegangen war. Auch in beregneten Feldern ohne Austrocknung des Bodens wäre eine stärkere Vermehrung wahrscheinlich (HEIDE, 1971).

Im 15-jährigen Durchschnitt stieg der mittlere Vermehrungsindex von  $\pm 2$  um das Dreifache bis auf  $\pm 6$  in warmfeuchten Jahren an, eine Tatsache, die für die Abundanzdynamik des Rübennematoden an Zuckerrüben sicher von großer Bedeutung ist. Jede Rotation kann demnach einen von den Wetterbedingungen abhängigen Verlauf der Schädlingsgradation erbringen, der nicht mit den Erfahrungen anderer Jahre übereinstimmen muß. Das Geschehen in einem Rübennjahr beeinflußt aber auch noch das nächste in der Fruchtfolge, wie die Erfahrung lehrt. So wären nach dem Trockenjahr 1976 mit seinem geringen Vermehrungsindex für den nächsten Rübennanbau im Jahre 1979 oder 1980 geringere Werte für den Vorbefall zu erwarten als etwa in einer Fruchtfolge nach Anbau von Rüben in einem Jahr mit für die Schädlinge günstigen Bedingungen. Mittelwerte aus langjährigen Versuchsreihen können daher die Erfahrungen nur summarisch beschreiben. Bei Zuckerrüben in zwei- bzw. fünfjähriger Fruchtfolge konnten in der Versuchszeit die Wetterbedingungen den allgemeinen Trend einer signifikanten Zu- bzw. Abnahme der Schädlingspopulation nicht umkehren. Bei der drei- bis vierjährigen Fruchtfolge, die im Untersuchungsraum dominieren, war dies aber möglich, wie die in Abb. 6 dargestellten Befunde beweisen. Dies zeigt, wie

schwierig gerade bei dieser in der Praxis wichtigsten Anbauweise ein treffendes Urteil über die Gefährdung der Bestände wird, weil Zu- oder Abnahme der Population je nach Wetter abwechseln und sich Anbaufehler kurzfristig verhängnisvoll auswirken können. Besonders deutlich wird dies an Hand der Werte für niedrige Populationen in dreijähriger Fruchtfolge (Abb. 6), die bei Abschluß der Untersuchungen auf gleicher Höhe lagen wie zu Beginn. Ein ein- oder zweimaliger Anbau von Rüben in jedem zweiten Jahr oder das Einschieben einer weiteren Wirtspflanze wie Kohl in die Fruchtfolge hätte sofort eine rasche Zunahme der Population mit entsprechenden Schäden zur Folge. Auch wenn dann zum Ausgleich auf eine vierjährige Fruchtfolge umgestellt würde, ginge der Befall erst spürbar zurück, wenn mehrere Anbaujahre mit wenig günstigen Vermehrungsbedingungen innerhalb der Fruchtfolge aufeinander folgen würden, also frühestens nach 8 Jahren. Nur eine Erweiterung auf einen fünfjährigen Rhythmus würde mit Sicherheit zu einer rascheren Abnahme der Population und der Schäden führen.

Diese Befunde gelten natürlich nur für das Untersuchungsgebiet in der Köln-Aachener Bucht mit seinen tiefgründigen Löß- und sandigen Lehmböden. Es ist zu vermuten, daß die Wechselbeziehungen zwischen Klima, Boden und Abundanzdynamik des Rübennematoden in anderen Landesteilen zu abweichenden Ergebnissen führen können.

Im Gegensatz zu den Ertragsverlusten, die überwiegend im ersten Teil der Vegetationsperiode entstehen, wird das Ausmaß der Vermehrung des Schädlingss sowohl durch die Bedingungen des Frühjahres als auch durch die der Sommermonate bestimmt, wobei der zuletzt genannten Zeitspanne in der Regel die größere Bedeutung zukommt. Inwieweit diese Erfahrungen auf andere Gebiete übertragbar sind, können nur spezielle Untersuchungen an Ort und Stelle klären.

### 2.5. Aldicarb und Fruchtfolge:

Über die grundlegenden Ergebnisse zur Wirkung von Temik 10 G (Wirkstoff Aldicarb 0.25g/lfdm AS nach der Saat auf die zugestrichene Reihe) auf die Abundanzdynamik von *H. schachtii* und die Ertragsverluste bei Zuckerrüben wurde schon mehrfach berichtet (STEUDEL und THIELEMANN, 1968). Das systemische Nematizid hemmt die Vermehrung des Nematoden unter den Versuchsbedingungen deutlich (vergl. Abb. 1) und zwar in klarer Abhängigkeit von der Befallsstärke im Frühjahr. Während der Schaden mit zunehmendem Vorbefall kontinuierlich anstieg, blieb nach dem Einsatz von Aldicarb der Rüben- und Zuckerertrag in allen Befallsstufen auf gleicher Höhe. Aus diesen Ergebnissen ließ sich eine "kritische Befallszahl" ableiten, bei deren Überschreiten im langjährigen Durchschnitt mit signifikanten, rasch ansteigenden Verlusten an Rübenmasse und Zucker gerechnet werden muß. Auch diese Zahl und die Mittelwerte des erwähnten Schemas sind Richtwerte mit großer Streubreite, wie an anderer Stelle bewiesen wurde (STEUDEL und THIELEMANN, 1979). Im Rahmen dieser Arbeit sollen daher nur die Ergebnisse besprochen werden, die sich in Zusammenhang mit den einzelnen Fruchtfolgen klären lassen.

In Abb. 10 ist der Einfluß des Aldicarb in der beschriebenen Anwendung auf die Populationsdynamik von *H. schachtii* nach zweimaliger Anwendung in Abhängigkeit von der Fruchtfolge in zwei-, drei- und vierjährigem Rhythmus als Mittelwert aller Einzeluntersuchungen aus der Zeit von 1968-1978 dargestellt. Die Tendenz der Kurven ist in den drei Rotationsvarianten prinzipiell gleich, denn der Massenwechsel des Nematoden verläuft nach Zugabe des Nematizids auf niedrigerem Niveau als bei "Unbehandelt" mit sinkender Tendenz nach der zweiten Anwendung. In der Rotation "Rüben jedes zweite Jahr" erreichte der Nachbefall im zweiten Rübenjahr einen Wert von nur ca. 25 % der Kontrolle und ist kaum über 1000 lebensfähige Eier und Larven je 100 ml Boden angestiegen. Berechnet man den Nachbefall nach der zweiten Anwendung bei "Temik" und "Unbehandelt" relativ zum Vorbefall der Kontrolle (= 100) im ersten Anbaujahr, so erhält man folgende Werte:

Lebensfähige Eier und Larven  
je 100 ml Boden  
% (Basis:Vorbefall 1. Anbaujahr)

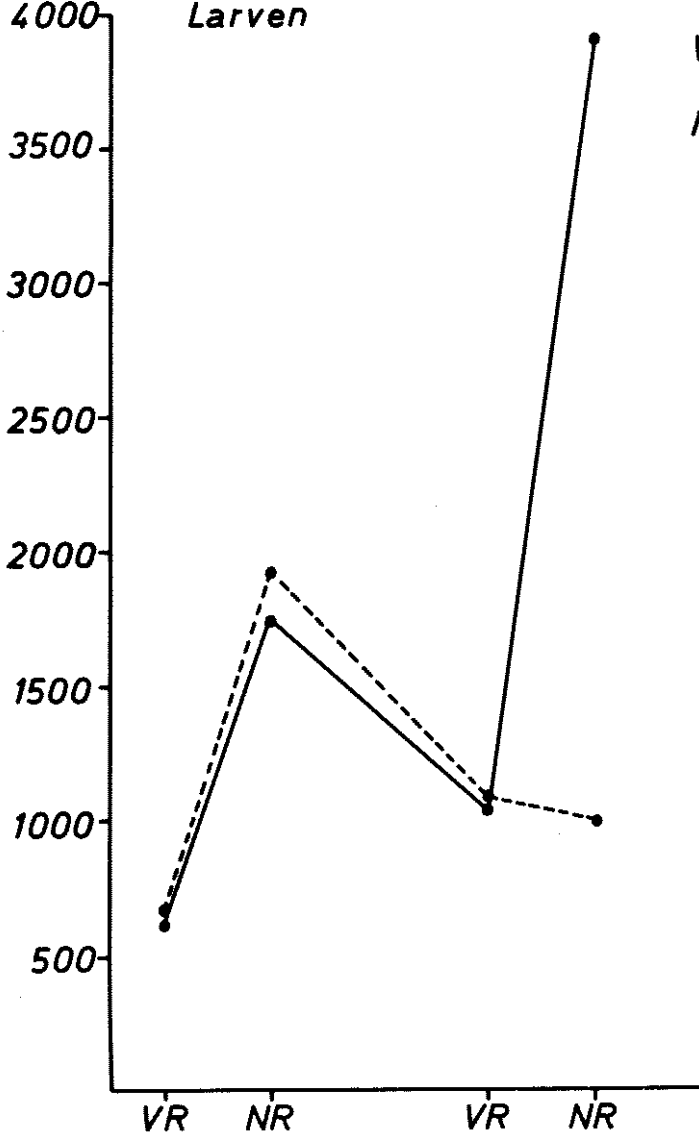
Rüben alle 2 Jahre	Kontrolle	615
	Temik	158
	Differenz	457
Rüben alle 3 Jahre	Kontrolle	214
	Temik	100
	Differenz	114
Rüben alle 4 Jahre	Kontrolle	246
	Temik	87
	Differenz	159

Man kann also damit rechnen, daß der Befall nach mehrfachem Einsatz von Aldicarb in der verwendeten Menge unabhängig von der Fruchtfolge langsam zurückgeht und sich nach einer von der Höhe des Ausgangsbefalls abhängigen Zahl von Jahren mit Zuckerrüben auf einem Niveau von ca. 500 Eiern und Larven je 100 ml oder weniger stabilisiert, wenn die Wirkung des Präparates nicht durch unkontrollierbare Zweitfaktoren aufgehoben oder verringert wird. Da die nematizide bzw. nematostatische Wirkung des Präparates nach einiger Zeit abklingt und die Sommermonate in der Regel für die Vermehrung des Nematoden von größerer Bedeutung sind als das Frühjahr, ist allerdings zu erwarten, daß unter günstigen Bedingungen in dieser Zeit die Population auch nach dem Einsatz von Temik zunehmen kann. Beispiele dieser Art sind uns aus anderen Versuchen besonders im Trockenjahr 1976 nach schweren Gewitterregen bekannt.

Wie sich wiederholter Einsatz von Temik im Laufe der Jahre auswirkte, wird in Abb. 11 gezeigt. In der Zeit von 1968-1978 konnten in 4 Betrieben die Vergleichsflächen in dreijähriger Rotation insgesamt viermal nacheinander mit und ohne Temik vergleichend untersucht werden. Die Mittelwerte wurden bestimmt und ergaben einen allmählichen

Abb. 10a

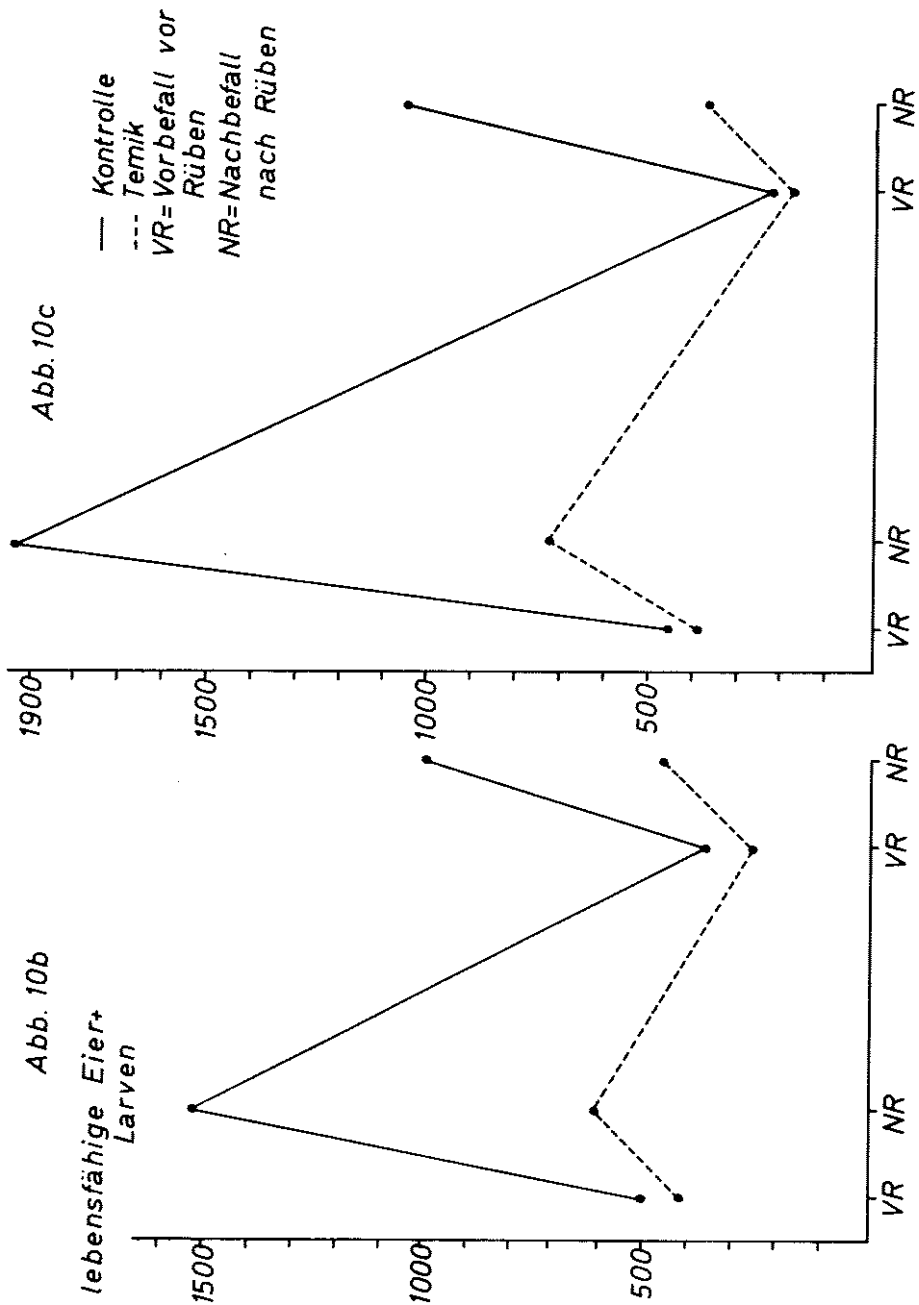
lebensfähige Eier +  
Larven



Kontrolle  
Temik  
VR= Vorbefall  
vor Rüben  
NR= Nachbefall  
nach Rüben

Abb. 10 a Populationsdynamik von *H. schachtii* mit und ohne Temik;  
Mittelwerte von 2 Anwendungen.  
Lebensfähige Eier + Larven je 100 ml Boden

a) zweijährige Rotation



c) vierjährige Rotation

b) dreijährige Rotation

Abb. 10 b,c Populationsdynamik von *H. schachtii* mit und ohne Temik; Mittelwerte von 2 Anwendungen. Lebensfähige Eier + Larven je 100 ml Boden



Abb. 11

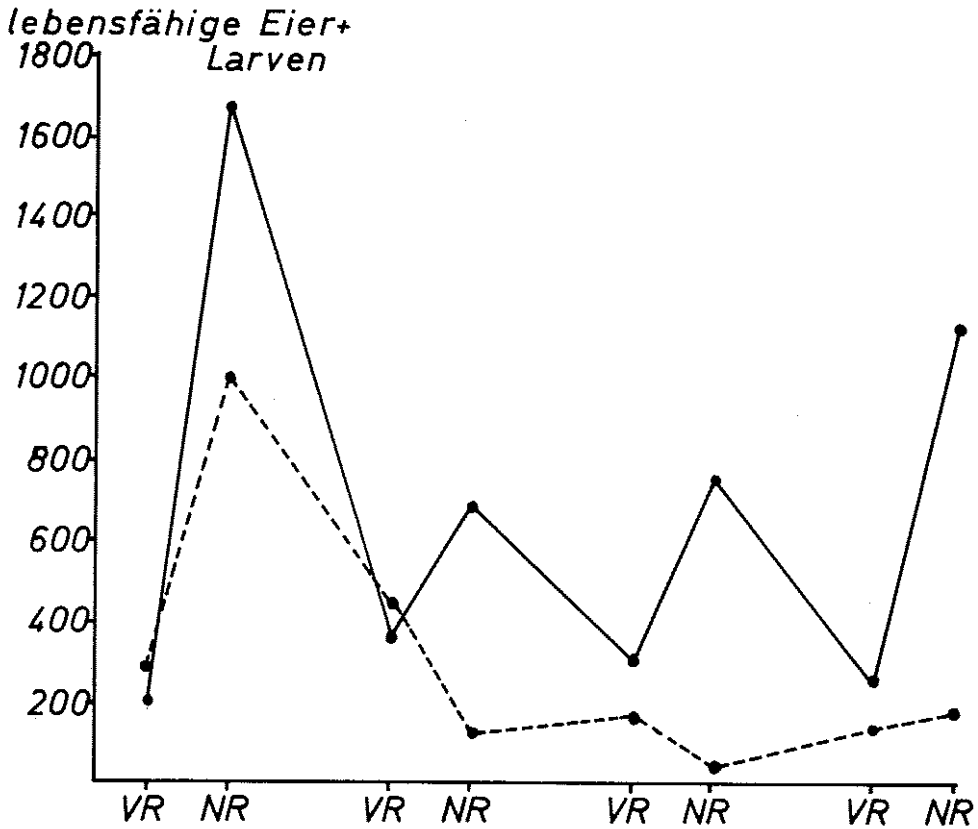
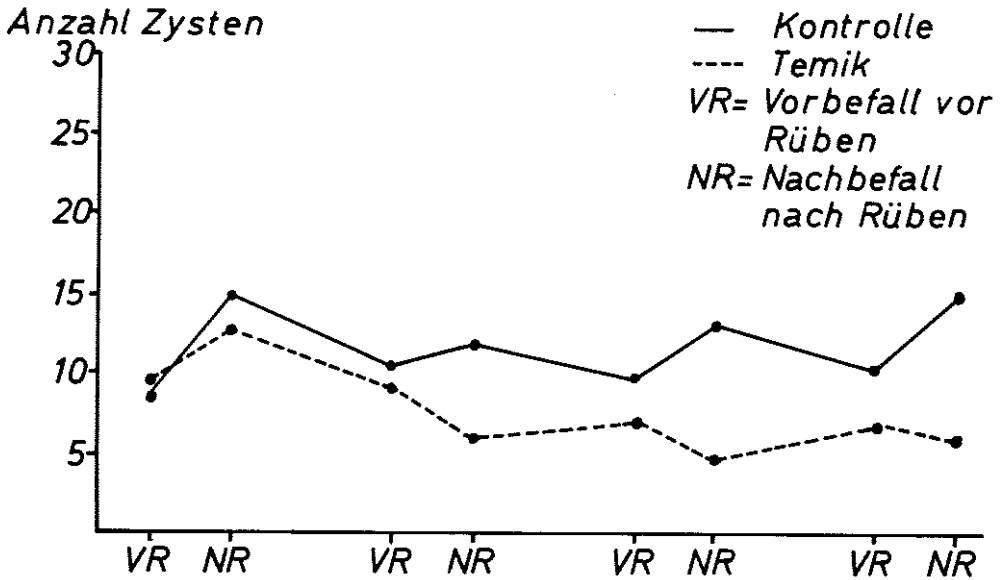


Abb. 11 Populationsdynamik von *H. schachtii*; 4 dreijährige Rotationen; Mittelwerte Zysten und lebensfähige Eier und Larven von 4 Betrieben mit und ohne Temik.

Rückgang der Zystenzahlen nach Temik. Der Nachbefall an lebensfähigen Eiern und Larven je 100 ml Boden erreichte nach dem vierten Rübenjahr 1978 nur noch 14 % der unbehandelten Kontrolle und blieb unter 200 Eiern und Larven. Wie schon bei der Besprechung des Einflusses der Rotation auf die Populationsdynamik erwähnt wurde, waren die Ergebnisse nach dreimaligem Anbau von Rüben in dreijähriger Rotation mit und ohne Temik bei niedriger und hoher Befallsstufe grundsätzlich gleich (vergl. auch Abb. 6). Nach dem dritten Rübenjahr fanden wir im Mittel bei

hoher Verseuchung	mit Temik	ca. 500 Eier + Larven je 100 ml			
	ohne "	ca. 1850 "	"	"	"
niedriger Verseuchung	mit Temik	ca. 250 "	"	"	"
	ohne "	ca. 750 "	"	"	"

Im Gegensatz zu den Bedingungen bei einer Dauerkultur mit Zuckerrüben, wo wir auch durch jahrelang wiederholten Einsatz des Präparates in der beschriebenen Weise keinen signifikanten Rückgang des Befalls gegenüber "Unbehandelt" feststellen konnten und der Befall sich nach kurzem steilen Anstieg auf Werte von 3000 - 4000 Eiern und Larven je 100 ml Boden stabilisierte (THIELEMANN und STEUDEL, 1970), ist also in der Rotation mit Nichtwirtspflanzen ein Absinken des Befalls mit dem systemischen Nematizid zu erreichen, sodaß die Population nach mehrfachem Einsatz und längerer Zeit unter die Schadschwelle absinkt. Ihr völliges Erlöschen ist auf Grund der relativ kurzen Wirkungsdauer des Präparates und der Tatsache, daß sich im Laufe der Vegetationsperiode mehr als eine Generation entwickeln kann, nicht zu erwarten.

#### 2.6. Erträge:

Wie einleitend bereits erwähnt, wurden von allen Versuchsschlägen Teilstücke gerodet, Rüben und Blatt gewogen und die Rüben zuckertechnisch untersucht, um Unterlagen über den Einfluß der Befallshöhe von *H. schachtii* und seiner temporären Ausschaltung durch Temik 10 G auf Rüben- und Zuckerertrag zu gewinnen. Da es sich jeweils um Einzelflächen ohne Wiederholung handelte, können allgemeingültige Ergebnisse

nur mit einer möglichst großen Zahl von Untersuchungen gewonnen werden. Die zusammenfassende Auswertung von 99 Flächen jeweils mit und ohne Temik aus den Jahren 1968-1976 ergab trotz der sehr einfachen Methode eine hohe negative Korrelation zwischen dem Befall von *H. schachtii* und der Höhe des Zuckerertrages. Schon bei Überschreiten der mittleren Schadschwelle von  $\pm$  500 lebensfähigen Eiern und Larven je 100 ml Boden, ausgeschlämmt mit dem Seinhorst-Elutriator, war im langjährigen Durchschnitt mit signifikanten Ertragsverlusten zu rechnen, die bei ansteigender Population rasch zunahmen. Auf die Abhängigkeit von den Klima- und Wachstumsbedingungen und die dadurch bedingte große Variabilität dieses Mittelwertes wurde bereits hingewiesen. Zu diesen bereits in einer früheren Veröffentlichung diskutierten Befunden kamen noch die Ergebnisse der Jahre 1977 und 1978 hinzu. Im Rahmen dieser Arbeit sollen aber nur die Ergebnisse der einzelnen Rotationen (2 bis 5-jährig) besprochen werden, wobei erwähnt werden muß, daß infolge geringerer Zahl von Einzelwerten bei der zwei- und fünfjährigen Rotation ein Vergleich untereinander und mit den beiden anderen nur mit Einschränkungen möglich ist.

In Tabelle 11 sind die Rüben- und Zuckererträge aller Rotationen als Mittelwerte für den ersten und den zweiten Anbau zusammengefaßt.

Tabelle 11  
Rotation und Erträge  
Mittelwerte unbehandelt 1964-1978

Rotation	Zahl der Flächen	Anbau	Rüben dt/ha		Zucker dt/ha		
			abs.	rel. %	Pol. %	dt/ha	
						abs.	rel. %
2-jährig	3	1.	655	100	16.0	104.6	100
		2.	529	- 19	15.9	84.0	- 20
3-jährig	49	1.	538	100	15.3	82.1	100
		2.	526	- 2	15.5	80.0	- 2.6
4-jährig	28	1.	561	100	15.0	83.5	100
		2.	563	+ 0.4	15.5	87.5	+ 4.8
5-jährig	8	1.	601	100	14.8	88.2	100
		2.	618	+ 2.8	16.1	99.7	+ 13

Nur beim zweijährigen Rübenanbau ist die Tendenz zum Ertragsrückgang im 2. Anbaujahr eindeutig. Dieses Ergebnis entspricht der raschen Zunahme des Befalls bei dieser Fruchtfolge. Die Rotationen 3- und 4-jähriger Anbau unterscheiden sich im Ertrag des 1. und des 2. Anbaus kaum. Die große Zunahme des Zuckerertrages im 2. Anbau der fünfjährigen Rotation ist eine Folge der positiven Differenz im Zuckergehalt von 1,3 % Pol., die bei der geringen Zahl von Einzelwerten wahrscheinlich eher auf klimatische Unterschiede in den Versuchsjahren als auf Nematodenbefall zurückgeführt werden muß.

Angesichts der großen Zahl von Einzelwerten bei der drei- und der vierjährigen Rotation berechneten wir - entsprechend dem Vorgehen bei der Untersuchung der Populationsdynamik von *H. schachtii* - auch die Zuckererträge getrennt nach geringem und hohem Befall und für "ohne" und "mit" Temik. Die orthogonalen Ergebnisse (ohne Unterscheidung ob 1. oder 2. Anbau) wurden in Tabelle 12 zusammengestellt. Als "Schaden" wird in dieser Zusammenstellung wieder die Differenz zwischen den mit Temik und den nicht behandelten Parzellen definiert.

Tabelle 12  
Zuckererträge in Abhängigkeit von Rotation  
und der Stärke des Nematodenbefalls.  
Mittelwerte von 1968 - 1978

Rotation	Zahl	mittl. Vorbefall lbsf.E+L/100 ml	Z u c k e r dt/ha			
			mit Temik	ohne	dt/ha	rel.
3-jährig	alle	443	86,2	80,0	- 6,2	- 7,2
gering	33	144	85,7	82,0	- 3,7	- 4,3
hoch	18	993	87,1	74,4	-10,7	-12,3 <sup>+</sup>
4-jährig	alle	328	91,7	87,2	- 4,5	- 4,9
gering	42	141	91,9	89,6	- 2,3	- 2,5
hoch	7	1308	91,1	78,9	-12,2	-13,4 <sup>+</sup>

Der Zusammenstellung (Tab. 12) ist zu entnehmen: in der vierjährigen Fruchtfolge wurden in jeder der sechs Vergleichsgruppen um etwa 5 % höhere Erträge erzielt als in der dreijährigen. Die Differenzen zwischen den Befallsgruppen der 3- und 4-jährigen Rotation sind weder "ohne Temik" noch "mit Temik" signifikant, obwohl sie in allen Punkten den sachlogischen Erwartungen entsprechen. Die Temikparzellen erreichen unabhängig von der Befallsstärke relativ gleichmäßige Erträge, die immer höher sind als die der Kontrollparzellen. Der mittlere Schaden nimmt in beiden Reihen mit steigendem Befall von H. schachtii zu und erreicht bei hohem Vorbefall den Wert von ca. 12 - 13 %, der in beiden Reihen signifikant ist. Der Befund, daß auch bei sehr geringem Vorbefall ein, wenn auch nicht gesicherter Mehrertrag von 3-4 % beobachtet werden konnte, sollte nicht unbedingt mit von H. schachtii verursachten Verlusten erklärt werden. Wie allgemein bekannt, ist Aldicarb ein sehr breitenwirksames Insektizid und Nematizid und verhindert bei Zuckerrüben auch Schäden durch Keimschädiger und durch die Rübenfliege, sowie Saugschäden durch Blattläuse und Verluste durch Rübenvirosen. Unsere Versuche wurden nach den Feldbeobachtungen von Keimschädigern kaum betroffen. Auch die Rübenfliege trat nicht nennenswert auf. Symptome der Vergilbungskrankheit waren in den meisten Jahren auf Grund der vom Pflanzenschutzamt empfohlenen Spritzmaßnahmen in wesentlich geringerem Maße festzustellen, als in nicht gespritzten Feldern der Umgebung. Jedoch waren Befallsunterschiede zwischen den Parzellen "mit Temik" und "ohne Temik" in Jahren mit allgemein stärkerem Vergilbungsbefall öfter zu verzeichnen. Auf Grund der Ergebnisse aus früheren zehnjährigen Versuchen (STEUDEL und THIELEMANN, 1962) schätzen wir den von unkontrollierbaren Zweitfaktoren verursachten Schaden im Mittel aller Versuchsjahre von 1968-1978 auf  $\pm 4$  %, die vor Bestimmung der Nematodenverluste vom Gesamtschaden abgezogen werden müssen.

### Diskussion der Befunde

Die Auswertung der vieljährigen Ergebnisse zur Populationsdynamik des Rübennematoden in Praktikerbetrieben des Raumes Grevenbroich-Neuß in der Köln-Aachener Bucht hat gezeigt, daß sich die Planung des Dauerversuches bewährt hat. Die bei den Betrieben ausgesuchten Felder mit verschieden hohem Befallsgrad konnten in der 15-jährigen Beobachtungszeit fast alle in jedem Jahr untersucht werden. Dabei überwogen, wie im Untersuchungsgebiet allgemein üblich, die drei- bzw. vierjährige Rotation mit der Nachfrucht Winterweizen; es folgten dann Roggen oder Gerste, wobei im zweiten Teil der Versuchsperiode eine Zunahme der Wintergerste auf Kosten des Roggens zu verzeichnen war.

Andere Kulturen, von denen der Weißkohl als Wirtspflanze des Nematoden besonders interessierte, kamen nur gelegentlich vor und die an ihnen erzielten Ergebnisse sind zwar eindeutig, aber auf Grund ihrer geringen Anzahl nicht von gleichem Wert wie die vorgenannten.

Die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse brachte die Bestätigung früherer Erfahrungen über die Bedeutung der Fruchtfolge für die Populationsdynamik des Schädling auch in der Köln-Aachener Bucht. Eine zweijährige Rotation führt mit Sicherheit schon in kurzer Zeit zu einem schnellen Anstieg des Befalls und entsprechenden Ertragsverlusten, eine fünfjährige dagegen zu einem deutlichen Rückgang der Population. Die Befunde für die drei- und vierjährige Rotation passen zwar in ihrer Tendenz in dieses Muster, doch unterscheiden sich die Mittelwerte nach dem zweiten Anbau so wenig von denen des ersten, und die Befunde sind so wechselhaft, daß eine Entscheidung über eine Zunahme der Population bei beiden Rotationsvarianten selbst bei dieser 15-jährigen Versuchszeit praktisch nicht möglich war. Die weiteren Untersuchungen mit Zweijahresmitteln der Varianten zeigen, daß in beiden Gruppen Rotationen mit Zunahme, Stagnation oder Abnahme des Befalls vorgekommen sind und die langjährigen Mittelwerte mit ihren geringen Befallsunterschieden nach dem ersten und nach dem zweiten Rübengjahr deswegen im Rahmen der Fehlergrenzen übereinstimmen, weil die differierenden Befunde in etwa gleicher Zahl im Mittelwert vertreten waren.

Um die Ursachen für diese, zunächst unerwarteten Ergebnisse aufzuklären, wurden die **Vermehrungsindices** des Nematoden an Zuckerrüben für die einzelnen Jahre errechnet und ausgewählten Kombinationen von Witterungsbeobachtungen der Klimastation Elsdorf/Rhld. gegenübergestellt und verrechnet. Dabei ergaben sich klare Beziehungen zwischen dem Vermehrungsindex und der Lufttemperatur; wobei für die Frühjahrsmonate eine lineare und für die Sommermonate eine quadratische Anpassung festgestellt wurde. Ein Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf den Vermehrungsindex konnte nicht beobachtet werden, wofür jedoch sicher ungenügende Beobachtungsmöglichkeiten verantwortlich zu machen sind. Während im Frühjahr zunehmende Durchschnittstemperaturen einen Anstieg des Vermehrungsindex zur Folge haben, ist dies im Sommer nur noch bedingt der Fall. Sehr hohe Sommertemperaturen, die in Mitteleuropa meistens mit Trockenperioden korreliert sind, lassen nämlich den Vermehrungsindex wieder zurückgehen; wahrscheinlich, weil die Trockenheit das Wandern der Larven erschwert. Durch diese Ergebnisse kann das Auf und Ab der Schädlingspopulation in den beiden Rotationsvarianten wenigstens zum Teil erklärt werden. Offen ist noch, ob die Schwankungen nur direkt durch den Einfluß des Klimas auf den Nematoden zu erklären sind. TRIBE (1979) hat erst vor kurzem an Material aus unseren Feldversuchen dargestellt, daß Ei- und Larvenparasiten in der Zyste weit verbreitet sind und den lebensfähigen Zysteninhalt beachtlich reduzieren können. Diese Vorgänge sind mit Sicherheit ebenfalls klimabedingt und es wird Aufgabe weiterer Versuche sein, den Einfluß dieser Parasiten auf die Abundanzdynamik des Rübennematoden bei verschiedenen Rotations- und Wetterbedingungen vergleichend zu untersuchen. Selbstverständlich sind unsere Ergebnisse nur für das Untersuchungsgebiet und die betreffenden Bodenarten (Lößlehm, sandiger Lehm) gültig und können nicht ohne eingehende Überprüfung auf andere Klimaräume oder Bodenarten übertragen werden. Sofern der Schädling vorhanden ist, sind drei- und vierjährige Rotationen im Rheinland gefährdet, denn günstige Jahre fördern seine Vermehrung und erhöhen damit die Gefahr von Ertragsverlusten. Schon eine einmalige Unterbrechung der beiden Varianten durch eine zweijährige Rotation kann den Befall soweit erhöhen, daß für die Zukunft stärkere Verluste zu erwarten sind. Ohne eine chemische Be-

handlung kann die Population nur durch wiederholten Anbau in fünfjähriger Rotation auf einen Wert unterhalb der Schadschwelle gesenkt werden. Jede Rotation hat auf Grund der wechselnden Wetterbedingungen ihre eigene "Individualität", die es bei der Schadprognose zu berücksichtigen gilt.

Die Untersuchungen haben auch frühere Erfahrungen über die Abhängigkeit der Vermehrung des Nematoden von der Höhe des Vorbefalls bestätigt; dies kommt auch bei der Abnahme des Vermehrungsindex von der fünfjährigen zur zweijährigen Rotation von 9,3 auf 3,1 zum Ausdruck. Die Zahl der lebensfähigen Eier und Larven je gefundener Zyste wird ebenfalls von der Rotation beeinflusst und nimmt in den Zwischenjahren kontinuierlich ab. Nach Zuckerrüben ist sie am höchsten in der fünfjährigen Rotation und geht mit deren Engerwerden laufend zurück. Für die Praxis bedeutet das, daß bei enger Fruchtfolge die genaue Bestimmung des lebensfähigen Inhalts der schon teilweise entleerten Zysten wichtiger wird, wenn man nicht zu Fehlschlüssen gelangen will. Nach unseren Ergebnissen wird auch der Rückgang des Zysteninhalts im ersten Anbaujahr von Getreide nach Zuckerrüben von der Art der Rotation beeinflusst. Er ist bei weitgestellter Rotation besonders deutlich, weil dort überwiegend junge noch volle Zysten gefunden werden, aus denen im ersten Folgejahr viel mehr Larven auswandern als aus älteren mit weniger Inhalt.

Das systemische Nematizid Temik 10G (Wirkstoff Aldicarb mit einer Aufwandmenge von 0,25 g AS je lfd. m auf die zugestrichene Saatreihe kurz nach der Aussaat) hat in allen untersuchten Rotationsvarianten den gleichen Effekt gehabt. Die Vermehrung des Nematoden ging gegenüber "Unbehandelt" zurück. Wiederholte Anwendung zu Zuckerrüben im Rahmen der Fruchtfolge konnte insbesondere bei der drei- und vierjährigen Rotation untersucht werden. Dabei zeigte sich, daß die Zahl der Zysten im Vergleich zur nicht behandelten Kontrolle im Laufe der Jahre deutlich abnahm und im Mittel aller Versuche die Abundanzdynamik des Nematoden auf einem signifikant niedrigerem Niveau verlief. In dreijähriger Rotation wurden im Durchschnitt nach dem vierten Rübenjahr mit Temik



‡ 200 lebensfähige Eier und Larven je 100 ml Boden gefunden, während dieser Wert in den Kontrollparzellen 1200 Eier und Larven, also etwa das sechsfache betrug. Wir führen dieses Ergebnis darauf zurück, daß Temik das Einwandern der Larven in die Wurzeln einige Zeit verhindert und somit unter mitteleuropäischen Bedingungen für die Entwicklung der Population bis zur Ernte weniger Zeit mit günstigen Vermehrungsbedingungen zur Verfügung steht. Da der Erfolg der Behandlung mit Temik umso größer wird, je geringer der Vorbefall im Frühjahr ist (vergl. STEUDEL, THIELEMANN und HAUFE, 1978), entsprechen unsere Befunde den Erwartungen.

Die diskutierten Resultate können zunächst nur zeigen, daß eine integrierte Bekämpfung des Schädling auf diese Weise durch Kombination eines systemischen Nematizids mit einer bestimmten Rotation erfolgreich sein kann. Bei der Reihenbehandlung wird das Ökosystem des Bodens nur teilweise und nicht auf Dauer durch den Wirkstoff des Präparates beeinflußt und vorübergehend gestört (MALKOMES, STEUDEL und THIELEMANN, 1977). Es sollten weniger toxische Präparate oder als Zwischenfrucht geeignete Pflanzenarten mit ausreichender Resistenz gegen *H. schachtii* entwickelt werden, welche dessen Abundanzdynamik in ähnlicher Weise wie Aldicarb beeinflussen (BAUKLOH, 1976). Die günstigen Auswirkungen von Aldicarb auf den Zuckerertrag wurden schon früher diskutiert und in dieser Arbeit für die drei- und vierjährige Rotation vorgestellt. In beiden Varianten nimmt der Zuckerertrag mit zunehmendem Nematodenbefall nur in den Kontrollparzellen ab. Die Differenz von 12 - 13 % zwischen "Kontrolle" und "Temik" bei hohem Befall ist in beiden Rotationsvarianten statistisch gesichert. Als interessantes Nebenergebnis ist festzustellen, daß die Erträge der vierjährigen Rotation in allen Versuchsgliedern etwa 5 - 7 % höher waren als die der dreijährigen. Ein Zusammenhang mit dem Auftreten des Nematoden ist aber nicht nachzuweisen.

Die Abundanzdynamik des Rübennematoden unter Zuckerrüben in der Köln-Aachener Bucht wird in den wichtigsten Fruchtfolgevarianten, Rüben

alle drei oder vier Jahre, nachhaltig von klimatischen Faktoren gesteuert; einige Abhängigkeiten konnten durch entsprechende Auswertungen unserer Versuchsreihe geklärt werden. Unseres Erachtens sind dabei die Bedingungen des Hochsommers im langjährigen Durchschnitt von größerer Bedeutung für die Höhe des Endbefalls als die des Frühjahrs, obwohl selbstverständlich auch Ausnahmen möglich sind. Demgegenüber ist für die Höhe der von *H. schachtii* verursachten Ertragsverluste ganz überwiegend das Frühjahrsklima verantwortlich, weil die Schadanfälligkeit der Zuckerrübe im Laufe des Wachstums schnell abnimmt.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

1. In einem Langzeitversuch auf ausgewählten Praktikerfeldern in der Köln-Aachener Bucht wurde die Populationsdynamik des Rübennematoden von 1964-1978 bei den praxisüblichen Rotationsvarianten jedes Jahr im Herbst vergleichend untersucht. Ab 1968 wurde auf den jeweils mit Zuckerrüben bestellten Probeflächen zusätzlich ein weiteres Teilstück in den Versuch mit aufgenommen, das mit dem Präparat Temik 10G (0,25 g/m AS Aldicarb nach der Saat auf die zugestrichene Reihe) behandelt worden war. Diese Behandlung wurde bei jedem weiteren Anbau von Zuckerrüben im Rahmen der Rotation wiederholt und die Parzellen ebenso wie die unbehandelten Teilstücke nematologisch und ertragsmäßig ausgewertet.
2. In den Versuchsbetrieben überwogen die Varianten "Rüben alle drei oder vier Jahre" mit dem Nachbau von Winterweizen; danach folgten Gerste oder Roggen.
3. Rübenanbau in jedem zweiten Jahr führte zu raschem Aufbau der Nematodenpopulation, während der Anbau alle fünf Jahre den Befall deutlich senkte.

4. Beim Rübenbau im drei- oder vierjährigen Rhythmus wechselten Rotationen mit Zunahme, Stagnation oder Abnahme der Population und am Ende der 15-jährigen Versuchsperiode war der Nematodenbefall nur geringfügig höher oder niedriger als die Ausgangswerte und zwar im Mittelwert für die stärker befallenen Flächen ebenso wie für die schwächer befallenen. Die Regressionsanalyse ergab einen deutlichen Einfluß der Frühjahrs- und Sommertemperaturen auf den Vermehrungsindex unter Zuckerrüben, wobei im langjährigen Durchschnitt die Sommertemperaturen von größerer Bedeutung für die Höhe des Endbefalls waren.
5. Der von der Höhe des Ausgangsbefalls abhängige mittlere Vermehrungsindex war bei der fünfjährigen Rotation am höchsten und nahm mit zunehmender Häufigkeit von Zuckerrüben in der Rotation ab. Dementsprechend sank auch die Zahl der lebensfähigen Eier und Larven je gefundener Zyste mit der Häufigkeit von Zuckerrüben in der Rotation. Die Abnahme des lebensfähigen Zysteninhalts im ersten Getreidejahr nach Zuckerrüben, bezogen auf die Zahl der gefundenen Zysten, war bei weitgestellter Rotation am größten, weil dort relativ zu allen gefundenen Zysten die meisten jungen zu finden waren.
6. Im Mittel aller Versuche ging nach dem Einsatz von Temik der Vermehrungsindex im Vergleich zu den Kontrollen signifikant zurück und der Endbefall nach Zuckerrüben mit Temik entsprach dem nach Weizen im ersten auf Rüben folgendem Jahr der nichtbehandelten Parzellen. Wiederholte Anwendung von Temik bei Zuckerrüben im Rahmen der dreijährigen Fruchtfolge senkte den mittleren Nematodenbefall auf Werte unterhalb der Schadschwelle und erreichte nach vier Rotationen etwa ein sechstel des Befalls in der Kontrolle.
7. Der Zuckerertrag der Temikparzellen in drei- und vierjähriger Rotation war bei einem mittleren Befall von  $\pm 1000$  lebensfähigen Eiern und Larven signifikant höher als der der Kontrollen. Rüben alle

vier Jahre brachten im Durchschnitt mit und ohne Temik 5 - 7 % höhere Zuckererträge als Rüben alle drei Jahre; dieses Ergebnis kann nicht eindeutig mit dem Auftreten des Rübennematoden erklärt werden.

Beihilfen des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, des Rheinisch-Westfälischen Zweigvereins des Vereins der Zuckerindustrie und des Rheinischen Rüben-Bauernverbandes ermöglichten die Versuche. Außerdem danken wir Herrn Prof. Dr. Ch. Winner, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, für die zuckertechnische Auswertung der Versuchsproben und den Kollegen des Pflanzenschutzamtes der Landwirtschaftskammer Rheinland in Bonn sowie allen beteiligten Betriebsleitern für ihre wertvolle Unterstützung.

## S U M M A R Y

### Experiments on the population dynamics of the beet cyst nematode in the Cologne-Aachen embayment.

1. From 1964 to 1978, the population of beet cyst-nematode was assessed each autumn in selected fields with normal crop rotations in the Cologne-Aachen region. From 1968 onwards, a chemical treatment was added to the existing trials by including aldicarb (2,5 g/m Temik 10 G applied after sowing as a 5 cm band to the surface and covered by soil). This treatment was repeated whenever sugar beet was grown; sugar yields and nematode populations were compared with those on the untreated controls.
2. Most of the trial farms used a crop rotation with beet every three or four years. Beet was followed by winter wheat, barley and/or rye.
3. Beet cultivation every second year led to quickly developing populations of nematodes, whereas cultivation of beet every five years clearly reduced infestation.
4. In rotations with sugar beet every three or four years, annual population variations were very large, but at the end of the 15 years trial period nematode numbers were only insignificantly higher or lower than the original values, irrespective of the original infestation. Regression analyses compared the influence of temperature in spring and in summer on the nematode multiplication index under sugar beet and showed that, on average, summer temperatures were of greater importance in determining final populations.
5. Depending on the initial nematode infestation, average population increase was greatest following sugar beet grown in a five year rotation and decreased with increasing frequency of beet in the ro-

tation. The first cereal year following beet grown in a wide rotation, contained the largest proportion of young cysts, and the rate of decrease of viable larvae was greatest during this year.

6. Final cyst populations in aldicarb-treated areas were significantly less than those in untreated areas, the decay rate being similar to that in a cereal crop after untreated beet. Repeated application of aldicarb to sugar beet grown in a three year rotation reduced the average nematode infestation to values below the threshold of damage and after four rotations it was about a sixth of that in the untreated area.
  
7. Sugar yield from beet grown in a three and four year rotation with an average initial nematode infestation of about 1,000 viable eggs and larvae per 100 g of soil, was significantly higher in the aldicarb treated plots than the control. On average, both with and without aldicarb treatment, beet grown every four years resulted in 5 - 7 % higher sugar yields than beet grown every three years; these results cannot be explained by the incidence of beet nematodes.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- Baukloh, H.: Untersuchung zur Wirtspflanzeneignung der Kruziferen gegenüber dem Rübenematoden *Heterodera schachtii* (Schmidt) unter besonderer Berücksichtigung der Resistenzzüchtung.  
Diss. Göttingen 1-72, 1976.
- Cooke, D.A., Thomason, I.J.: The relationship between population density of *Heterodera schachtii*, soil temperature and sugarbeet yield.  
J. Nematology 11, 124-128, 1979.
- Dycka, J.: Persönliche Mitteilung, 1980.
- Goffart, H.: Ansteigen und Abklingen der Nematodenvermehrung und ihre Bewertung im Rübenbau.  
Zucker 5, 315-317, 1952.
- Haufe, W., Steudel, W.: Die Datenaufbereitung, Verrechnung und Auswertung von neunjährigen Nematodenversuchen in landwirtschaftlichen Betrieben in der Kölner Bucht.  
Vortrag DPG, Arbeitskreis Biometrie und Versuchsmethodik 1./2. III. 1979, Fulda.
- Heide, A.: Der Einfluß einer Zusatzberegnung und einer differenzierten Wasserversorgung auf die Populationsdynamik des Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii* Schmidt)  
Archiv Pflanzenschutz 7, 49-63, 1971.
- Jones, F.G.W.: Soil population of Beet Eelworm (*Heterodera schachtii* Schmidt) in relation to cropping. II. Microplot and field plot results.  
Ann. appl. Biol. 44, 25-56, 1956.

- Jones, F.G.W.: The soil as an environment for plant parasitic nematodes.  
Ann. appl. Biol. 79, 113-139, 1975.
- Jones, F.G.W.: Accumulated temperature and rainfall as measures of nematode development and activity.  
Nematologica 21, 62-70, 1975.
- Jones, F.G.W. Perry, J.N.: Modelling populations of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderidae)  
J. appl. Ecol. 15, 349-371, 1978.
- Jones, F.G.W., Kempton, R.A., Perry, J.N.: Computer simulation Models for Cyst-Nematodes (Heteroderidae: Nematoda)  
Nematologica, 8, 36-56, 1978.
- Könnecke, G.: Fruchtfolgen  
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 334 S. 1967
- Malkomes, H.P., Steudel, W., Thielemann, Rosmarin: Einfluß langjähriger Anwendung von Temik 10 G (Aldicarb) in einer Zuckerrübenmonokultur auf Bodenmikroorganismen.  
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 29, 52-57, 1977.
- Müller, J.: L'élevage monoxénique d'*Heterodera schachtii* sur crucifères et son application pour la sélection des plantes résistantes.  
Rev. Nematolog. 1, 47-52, 1978.
- Müller, J.: Über die Generationenzahl von *Heterodera schachtii* unter Feldbedingungen an Zuckerrüben.  
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 31, 92-95, 1979.



Najad, S., Dern, R.: Über die Populationsentwicklung von Rübenne-  
matoden nach Anbau von Zuckerrüben in Hessen-Nassau.  
Gesunde Pflanzen 30, 261-263, 1978.  
Gesunde Pflanzen 31, 73-75, 169-170, 1979.

Rasch, D., Herrendörfer, G., Bock, J., Busch, K.:  
Verfahrensbibliothek - Versuchsplanung und -auswer-  
tung.  
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, Band 1,  
S. 215, 1978.

Schulze, E., Bohle, H.: Zuckerrübenproduktion. Landwirtschaftliche  
Bodennutzung mit hoher Rendite.  
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 206 S. 1976.

Steudel, W., Thielemann, Rosmarin: Versuchsergebnisse der Jahre  
1951-1960 zur Frage des Einsatzes systemischer In-  
sektizide im Rheinland bei Zuckerrüben.  
Zucker 15, 424-431, 438-443, 1962.

Steudel, W., Thielemann, Rosmarin: Versuche zur Frage der Empfind-  
lichkeit von Zuckerrüben gegen den Rübenne-  
matoden (Heterodera schachtii Schmidt)  
Meded. Rijksfak. Landbouwwetensch. Gent 33, 707-718.  
1968.

Steudel, W., Thielemann, Rosmarin: Über die Prognose von Schäden  
durch den Rübenne-  
matoden (Heterodera schachtii Schmidt)  
bei Zuckerrüben mittels Untersuchungen des Vorbefalls.  
Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 31, 179-181, 1979.

Steudel, W., Thielemann, Rosmarin, Haufe, W.: Der Einfluß von Aldicarb auf die Vermehrung des Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii* Schmidt) und den Ertrag von Zuckerrüben in der Köln-Aachener Bucht. *Nematologica* 24, 361-375, 1978.

Thielemann, Rosmarin, Steudel, W.: Neunjährige Erfahrungen mit Monokultur von Zuckerrüben auf mit *Heterodera schachtii* verseuchtem Boden. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 25, 145-149, 1970.

Thomas, E.: Zur Generationsfolge des Rübenneematoden. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 31, 161-165, 1979.

Tribe, H.T.: Extent of disease in populations of *Heterodera*, with especial reference to *H. schachtii*. *Ann. appl. Biol.* 92, 61-72, 1979.