

(Aus dem Institut für Pflanzenbau der Universität Bonn, Lehrstuhl für speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Vorstand: Prof. Dr. K.-U. Heyland)

Die langfristige Abundanzdynamik von *Heterodera schachtii* (Schmidt) unter dem Einfluß produktionstechnischer Maßnahmen*

Von K.-U. HEYLAND und A. HAMBÜCHEN

(Mit 7 Abbildungen)

1. Einleitung

Der Massenwechsel des Rüben nematoden wird von abiotischen sowie biotischen Faktoren bestimmt. Hierzu zählen unter anderem Wärme und kulturtechnische Maßnahmen sowie das Wirtsangebot und die Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Schädlingspopulation.

1.1 Wärme

In Abhängigkeit vom Wärmeangebot dauert die Entwicklung einer Generation zwischen vier und acht Wochen (FICHTNER und Ma. 1982). Da der Rüben nematode keine Diapause kennt, können entsprechend zwei bis drei Generationen pro Jahr unter mitteleuropäischen Verhältnissen auftreten (MÜLLER 1979, NAJAD und DERN 1979). FICHTNER (1985) hält die Bildung einer ersten Generation bei einer Bodentemperatursumme von 400 bis 440° C, einer zweiten bei 760 bis 820° C sowie einer dritten bei Überschreiten von 950 bis 1100° C für abgeschlossen. Bleibt die Wärmesumme unter 875° C und liegt zur Saat der Zuckerrübe eine Dichte von etwa 500 Eiern und Larven pro 100 ml Boden vor, so ist nach Zuckerrüben mit einer Endverseuchung von maximal 2000 bis 2500 Eiern und Larven pro 100 ml Boden zu rechnen. Dieser Besatz reduziert sich in einer vierjährigen Rotation aufgrund der natürlichen Verluste sicher wieder auf das Niveau der Schadschwelle (FICHTNER 1985).

Bei Wirtspflanzen zur Gründüngung genügt nach Untersuchungen von THIELEMANN (1978) eine Wärmesumme von 360° C zur Bildung von weißen Zysten. Jedoch kann der Entwicklungszyklus bereits vorzeitig bei geringeren Grenzwerten vollendet werden (FISCHER und FICHTNER 1984).

1.2 Effekte der Bodenbearbeitung

Nach Pflügen als intensiver Bodenbearbeitung im Sommer stellen THOMAS (1974), COENEN (1980) und MÜLLER (1982) eine gesteigerte Schlupfrate von Larven aus der Zyste fest.

* Auszug aus der Dissertation „Effekte anbautechnischer Maßnahmen auf Leistungsparameter einer dreifeldrigen Fruchtfolge mit Zuckerrüben und Winterweizen“ von A. HAMBÜCHEN (1990).

1.3 Wirtsangebot

Als obligater Parasit benötigt *Heterodera schachtii* (Schmidt) zur Entwicklung und Reproduktion Wirtspflanzen. Hierzu zählen unter den Nutzpflanzen Zuckerrüben und Futterrüben, Raps und viele Kohlarten sowie unter den Unkräutern Vertreter aus den Familien der *Chenopodiaceae*, *Cruciferae* und *Caryophyllaceae* (WINNER 1981).

Neben der Wirtseigenschaft der Nutzpflanze spielt die Häufigkeit des Anbaues dieser Arten für die Gradation des Schaderregers eine entscheidende Rolle. STEUDEL und Ma. (1981) stellen bei drei- und vierjährigen Rotationen sowohl Zunahme, Stagnation als auch Abnahme des Besatzes in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen fest. Nach STELTER (1976), STEUDEL (1976) sowie FICHTNER und Ma. (1982) beträgt der jährliche Abbau durch spontanen Schlupf und Absterben unter Nichtwirten durchschnittlich 40 %, wobei im ersten Jahr eine stärkere Reduzierung zu verzeichnen ist.

Zeitpunkt und Dauer der Gründüngung sind entscheidende Faktoren zur Nutzung des sogenannten Fangpflanzeneffektes. Während einige Autoren *Brassica*-Arten nur bei Nematodenfreiheit empfehlen (SCHMIDT 1970, BROUWER 1976), läßt sich das Risiko durch Verschiebung des Bestelltermines auf Anfang September erheblich mindern (SEKERA 1955, GOFFART 1956, v. HORN 1957, SCHMIDT 1970, DEBRUCK 1971, LÜCKE 1972, RENIUS 1975). Zwar bestätigen COENEN (1980), HEYLAND (1982) sowie HEYLAND und Ma. (1988) die Ansicht, daß bei einer späten Aussaat von z. B. Raps zur Gründüngung Ende August bis Anfang September sowie bei einer Standdauer von fünf bis sieben Wochen sich noch weiße Zysten bilden können, gleichzeitig belegen sie jedoch, daß sich diese angesichts der niedrigen Temperaturen eingangs des Winters nicht mehr zu braunen Dauerformen umwandeln können. Andere Autoren wie SEKERA (1955), THIELEMANN (1978) und MÜLLER (1982) weisen auf das mit dieser Methode verbundene Risiko der Vermehrung des Nematoden bei günstiger Herbstwitterung hin.

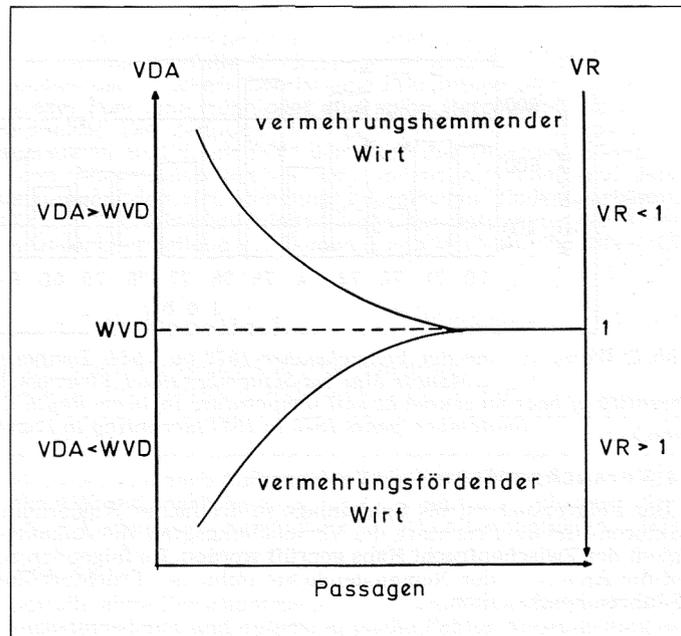
1.4 Intraspezifische Konkurrenz

Die Konkurrenzbeziehungen innerhalb der Nematodenpopulation stellen entscheidende Parameter der Abundanzdynamik dar. Es gilt generell: je höher die Ausgangsverseuchung, desto geringer der Vermehrungsfaktor, wobei die Einzelwerte in weitem Rahmen streuen (GOFFART 1952, JONES 1956, STEUDEL und Ma. 1978). Aufgrund dieser Tatsache kann der Besatz nach einer längeren Anbaupause und bei niedriger Verseuchungsdichte z. B. beim Anbau von Zuckerrüben aufgrund des hohen Vermehrungsindex übermäßig ansteigen (STEUDEL und Ma. 1981). Auch können sich nach einem Absinken der Population durch Fangpflanzen die verbleibenden Nematoden unter den folgenden Zuckerrüben wegen der geringeren Konkurrenz um den Wirt verstärkt vermehren (HEYLAND und Ma. 1988).

Das Ausmaß der Vermehrung hängt also primär von der Ausgangsverseuchung und der Güte des Wirtes sowie sekundär von Witterungs- und Bodenbedingungen ab. Dabei stellt die Wechselwirkung zwischen Ausgangsverseuchung und Anfälligkeitsgrad der Nutzpflanze eine übergeordnete Steuergröße in der langfristigen Populationsdynamik dar. So beschreiben ENGEL und STELTER (1976) sowie SCHLANG (1987) in ihren Untersuchungen zum Resistenzverhalten von Kartoffeln gegenüber *Heterodera rostochiensis* (Woll.) beziehungsweise von Ölrettichsorten gegenüber *Heterodera schachtii* (Schmidt) die Existenz einer sogenannten wirtsspezifischen Verseuchungsdichte (Abb. 1). Dabei wird die Vermehrungsrate als Quotient aus End- und Anfangsverseuchung von der Höhe der

Abb. 1: Zusammenhang zwischen Verseuchungsdichte zu Anfang der Vegetation (VDA), Vermehrungsrate (VR) und wirtsspezifischer Verseuchungsdichte (WVD) im Hinblick auf vermehrungsfördernde und vermehrungshemmende Wirte des Kartoffelnematoden (ENGEL und STELTER 1976)

Relationship between degree of infestation at the beginning of the growing period, degree of propagation and host specific degree of infestation concerning the ability of hosts to improve or diminish the population of potato root eelworm (ENGEL and STELTER 1976)



Ausgangsverseuchung und der wirtsspezifischen Verseuchungsdichte bestimmt. Liegt der Ausgangsbesatz über der wirtsspezifischen Verseuchungsdichte, so stellt sich eine Vermehrungsrate < 1 ein und die Anzahl der Zysten nimmt langfristig betrachtet ab. Bei Unterschreitung dieses Gleichgewichtsniveaus kommt es bei Vermehrungsraten > 1 zu einem Wachsen der Population. Dies erfolgt unabhängig von der Tatsache, ob ein vermehrungsfördernder oder -hemmender Wirt angebaut wird. Die wirtsspezifische Verseuchungsdichte ist dann erreicht, wenn bei wiederholtem Anbau des gleichen Wirtes keine stärkere Zu- oder Abnahme der Abundanz zu verzeichnen ist. In dieser Gleichgewichtssituation liegt die Vermehrungsrate nahe bei 1. Dabei sind Verschiebungen des Geschlechtsverhältnisses zugunsten der Männchen und Änderungen des Füllungsgrades der Zysten mit Eiern (SEINHORST 1967) als Mechanismen der Anpassung des Nematodenbesatzes an die Gleichgewichtsdichte anzusehen.

2. Material und Methodik

2.1 Beschreibung des Standortes

Als Bodenart liegt auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn, wo das vorliegende Datenmaterial her stammt, ein humoser, feinsandiger Lehm (L2Lö bis L3Lö) vor. Der Boden, aus Löß entstanden, ist als Braunerde mit hoher Basensättigung (Zustandsstufe 1 bis 3, Bodenzahl 77 Punkte, Ackerzahl 88 Punkte) anzusprechen.

2.2 Witterungsverlauf

Zur Untersuchung der Anzahl möglicher Generationen unter der Wirtspflanze Zuckerrübe wird bei der Temperatursummen-Methode nach FICHTNER (1985) das Monatsmittel der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe abzüglich 10°C mit der Anzahl der Tage der Monate Mai bis September multipliziert und die resultierenden fünf Produkte summiert (Abb. 2).

Zur Beurteilung der nematodendezimierenden Wirkung einer Fangpflanze zur Gründüngung werden die über 10°C liegenden Tagesmittelwerte der Bodentemperatur in 15 cm Bodentiefe ab Pflanzenaufbruch für die Monate September bis November summiert (THIELEMANN 1978, Abb. 3).

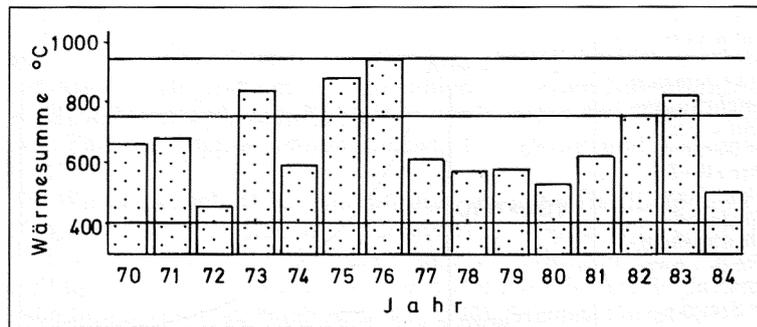


Abb. 2: Wärmesumme der Versuchsjahre 1970 bis 1984, Temperatur in 10 cm Bodentiefe, Monate Mai bis September (nach FICHTNER 1985)
Quantity of heat measured as soil temperature in 10 cm depth during the months May to September, years 1970 to 1984 (according to FICHTNER 1985)

2.3 Versuchsanlage

Der Feldversuch ist als Spaltanlage in dreifacher Wiederholung angelegt worden. Als Faktoren sind die Fruchtart, der Verseuchungsgrad, die Anbautechnik und die Anbauhäufigkeit der Zwischenfrucht Raps geprüft worden. Im folgenden soll sich die Untersuchung auf die Änderung der Nematodendichte unter der Fruchtart Zuckerrübe im Verlauf von 15 Jahren beschränken.

2.4 Versuchsjahr

Seit 1969 wird jede Fruchtart der Fruchtfolge Zuckerrüben — Winterweizen — Winterweizen in jedem Jahr angebaut. Drei gleichartige Fruchtfolgeglieder mit je drei Früchten können daher parallel, aber im Jahresturnus versetzt, geprüft werden. Die Entwicklung der Nematodenpopulation läßt sich folglich auf drei Arealen über die Zeit verfolgen.

2.5 Verseuchungsgrad

Nach Untersuchung des Nematodenbesatzes zu Beginn der Versuchsserie ließ sich die Versuchsfläche in zwei Areale mit unterschiedlichem Verseuchungsniveau untergliedern. Dieser systematische Unterschied wird als Versuchsfaktor Verseuchungsgrad mit den Stufen „niedrig“ und „hoch“ betrachtet. Innerhalb einer Stufe sind keine signifikanten Differenzen in der Befallsdichte aufgetreten.

2.6 Anbautechnik der Zwischenfrucht

Dieser Versuchsfaktor umfaßt die Art der Bodenbearbeitung sowie die Steuerung der Vegetationsdauer der Gründüngung beziehungsweise des Umbruchtermines der

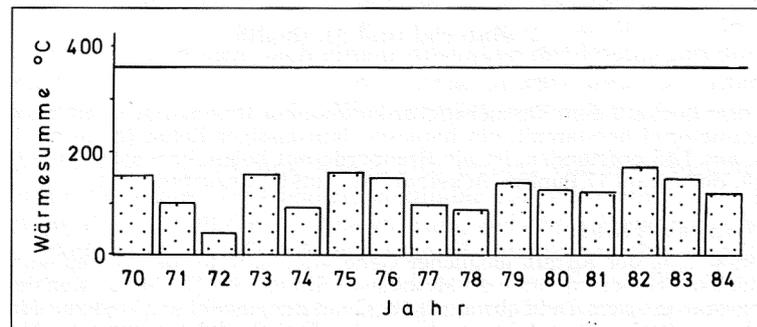


Abb. 3: Summe der über 10° C liegenden Tagesmittelwerte der Temperatur in 15 cm Bodentiefe, Monate September bis November eines jeden Versuchsjahres
Quantity of heat measured as soil temperature in 15 cm depth diminished 10 degree Celsius during the months September to November, years 1970 to 1984

Bracheflächen. Die Versuchspartzen sind vor Zuckerrüben und dem zweiten Winterweizen wahlweise über eine 30 cm tiefe Pflugfurche oder eine 15 cm tiefe Schälfurche bestellt worden (Tabelle 1), was Auswirkungen auf die Wachstumsintensität der Zwischenfrucht hat. Vor Saat des Winterweizens nach Zuckerrüben ist eine Pflugfurche gezogen worden. Der Umbruch erfolgte entweder über eine frühe oder eine späte Herbstschälfurche oder über eine späte Herbstpflugfurche. Der Zeitpunkt der intensiven Bodenbearbeitung entscheidet über die Wachstumsdauer und damit über den Grad der Durchwurzelung des Bodens. Die Betrachtung von Vegetationszeiten von fünf und neun Wochen und damit unterschiedlicher Wuchsleistungen der Gründung bei gleicher Bodenbearbeitung erlauben die Varianten Sf5 und Sf9. Effekte der Intensität und des Zeitpunktes der Bodenbearbeitung lassen sich bei Gegenüberstellung von Sommer- und Herbstfurche (Sf9—Hf9) untersuchen.

Tabelle 1

Versuchsfaktor Anbautechnik der Zwischenfrucht
Experimental factor: cultivation technique of catch crop

Stufen	Code
pflügen, Saat Zwischenfrucht, 5 Wochen nach Aufgang der Zwischenfrucht schälen	Sf5
pflügen, Saat Zwischenfrucht, 9 Wochen nach Aufgang der Zwischenfrucht schälen	Sf9
schälen, Saat Zwischenfrucht, 9 Wochen nach Aufgang der Zwischenfrucht pflügen	Hf9

2.7 Anbauhäufigkeit der Zwischenfrucht

Abgesehen von einer Kontrolle ohne Zwischenfrucht ist Raps zur Gründung eingesetzt worden. Neben der Wachstumsdauer und -intensität (siehe Faktor Anbautechnik der Zwischenfrucht, Kapitel 2.6) wird die Anbauintensität der Zwischenfrucht über die Anbauhäufigkeit in einer Rotation bestimmt. Dabei ist ein Anbau sowohl nach dem zweiten Weizen vor den Zuckerrüben als auch zwischen den Getreidegliedern möglich (Tabelle 2).

Tabelle 2

Versuchsfaktor Anbauhäufigkeit der Zwischenfrucht
Experimental factor: frequency of catch crop

Stufen	Code
Brache Rüben Weizen Brache Weizen	oZ
Raps Rüben Weizen Brache Weizen	1R
Raps Rüben Weizen Raps Weizen	2R

Am Markt erhältliche Sorten sind mit einer Saatstärke von 500 keimfähigen Körnern pro m² frühestens Anfang September ausgesät worden. Die Bracheparzellen sind mechanisch unkrautfrei gehalten und vor Umbruch sind die Bestände abgeschleget worden.

2.8 Nematodenuntersuchungen

Zur Bestimmung der Anzahl brauner Zysten sowie der Anzahl Eier und Larven pro Zyste sind zum Termin Zuckerrübensaats bei den in Tabelle 3 angegebenen Varianten Bodenproben an 15 Stellen, verteilt über die gesamte Kernparzelle (Einstichtiefe bis ca. 20 cm), genommen worden. In den Jahren 1973 bis einschließlich 1975 ist die Variante „hoher Verseuchungsgrad, ohne Zwischenfrucht“ in allen Kombinationen mit der Bearbeitung nicht untersucht worden (Tabelle 3). Im gleichen Zeitraum existieren auch keine Proben von den Flächen mit niedrigem Verseuchungsniveau. So läßt sich die Entwicklung der Nematodenpopulation bei diesen Varianten nur an vier und nicht an fünf Meßpunkten je Areal verfolgen. Auch ist die Anzahl der Eier und Larven pro 100 ml Boden nicht in allen Versuchsjahren bestimmt worden. Um die Entwicklung dieses Merkmales auf immer den gleichen Arealen des Versuchsfeldes verfolgen zu können, werden im Ergebnisteil die im Dreijahresrhythmus, ausgehend von 1971 bis einschließlich 1983, abgeprobten Varianten dargestellt.

Aus 100 ml trockenem und gesiebttem Boden sind die darin enthaltenen Zysten zu Beginn des Versuches im Schlammverfahren mit der Spülkanne nach FENWICK (DECKER 1969) und in späteren Jahren mit einem modifizierten Spülkannenverfahren nach THOMAS

(1969) extrahiert worden. Nach diesem Vorgang befinden sich die Zysten in wäßriger Lösung und können dann unter einem Binokular gesammelt und gleichzeitig gezählt werden.

Tabelle 3

Versuchsfaktoren zur Bestimmung der Merkmale Zysten sowie Eier und Larven pro 100 ml Boden
Experimental factors for investigation of cysts as well as eggs and larvae per 100 ml soil

Versuchsfaktoren	Stufen	Zysten	Eier und Larven
Wiederholung	W1	○	○
	W2	○	○
	W3	○	○
Versuchsjahr	1970	○	—
	1971	○	○
	1972	○	—
	1973	○	—
	1974	○	○
	1975	○	○
	1976	○	○
	1977	○	○
	1978	○	—
	1979	○	—
	1980	○	○
	1981	○	—
	1982	○	—
Verseuchungsgrad	1983	○	○
	1984	○	○
	Vn	○	○
Anbautechnik	Vh	○	○
	Sf5	○	○
Zwischenfrucht	Sf9	○	○
	Hf9	○	○
	oZ	○	○
	1R	○	○
	2R	○	○

Die gewonnenen Zysten wurden zur Analyse der Anzahl Eier und Larven je Zyste in einem Gewebehomogenisator gequetscht, und aus einem aliquoten Teil dieser Suspension ist die Zahl nun freier Eier und Larven unter einem Mikroskop bestimmt worden. Aus der Multiplikation der Anzahl Eier und Larven pro Zyste mit der Anzahl Zysten pro 100 ml Boden ergibt sich die Größe „Eier und Larven pro 100 ml Boden“.

2.9 Biometrische Auswertung

Zur Aufdeckung qualitativer Einfachbeziehungen (Korrelationen) zwischen Merkmalsausprägungen ist die SAS-Prozedur „Corr“ (SAS INSTITUTE INC.: BASICS 1985) eingesetzt worden, wobei gleichzeitig eine Prüfung des Korrelationskoeffizienten auf Signifikanz (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) vorgenommen wird.

Mit Hilfe der Prozedur „Nlin“, Methode Marquardt (SAS INSTITUTE INC.: BASICS 1985), ist eine Exponentialfunktion zur Beschreibung der Beziehung zwischen Ausgangsverseuchung und Vermehrungsrate von *Heterodera schachtii* (Schmidt) errechnet worden.

3. Versuchsergebnisse

Die Populationsdynamik der Rüben nematoden wird als Mittelwert über drei Wiederholungen in Abhängigkeit vom Verseuchungsgrad sowie der Anbauhäufigkeit beziehungsweise der Anbautechnik der Zwischenfrucht Raps dargestellt, wobei die Entwicklung des Besatzes im Rhythmus der Rotationen auf identischen Flächen verfolgt wird.

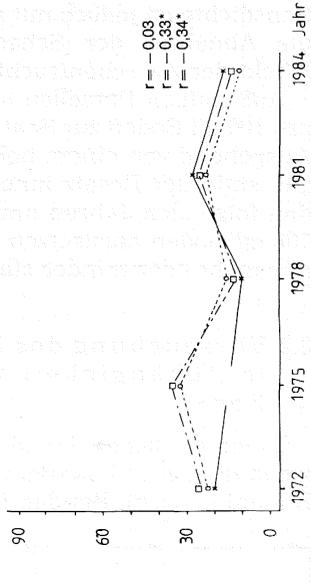
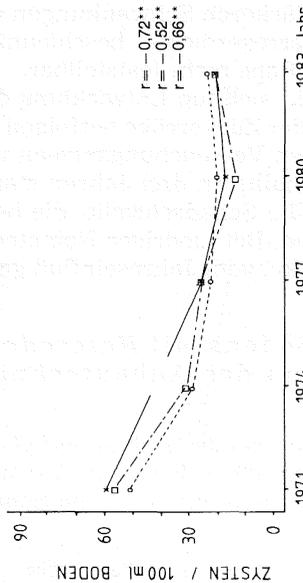
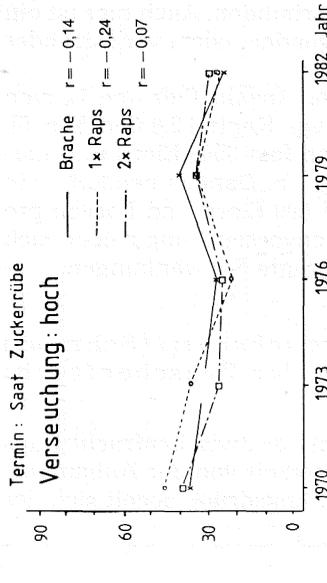
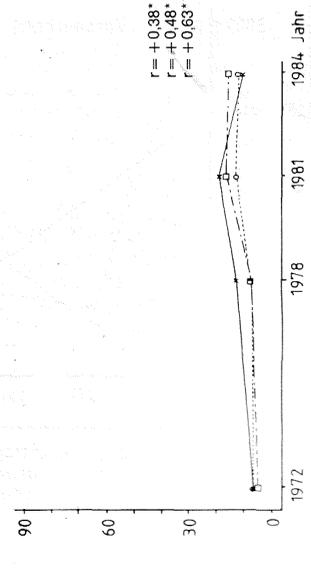
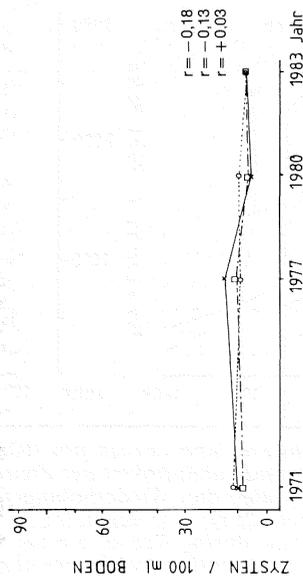
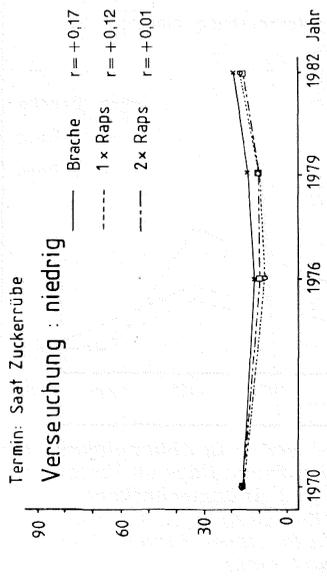


Abb. 4: Entwicklung der Anzahl Zysten pro 100 ml Boden in Abhängigkeit vom Verseuchungsgrad und von der Anbauhäufigkeit der Zwischenfrucht Raps im Verlauf von fünf Rotationen (Mittel über drei Wiederholungen, drei Anbautechniken) Number of cysts per 100 ml soil depending on degree of infestation and frequency of catch crop oilseed rape during five crop rotations (average of three repetitions and three cultivations of catch crop)

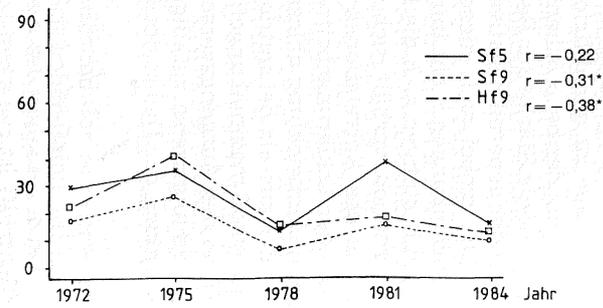
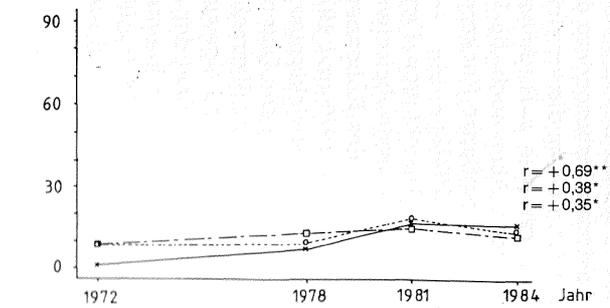
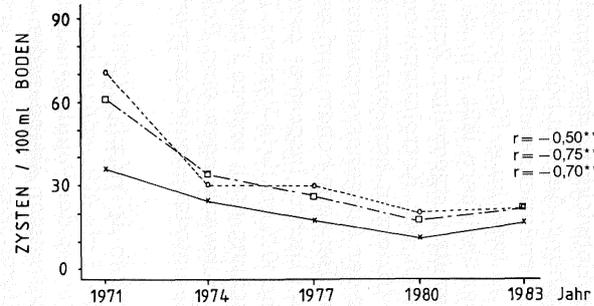
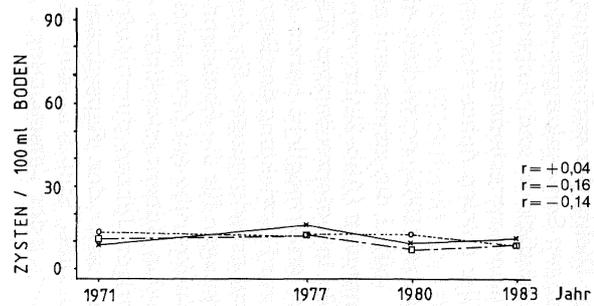
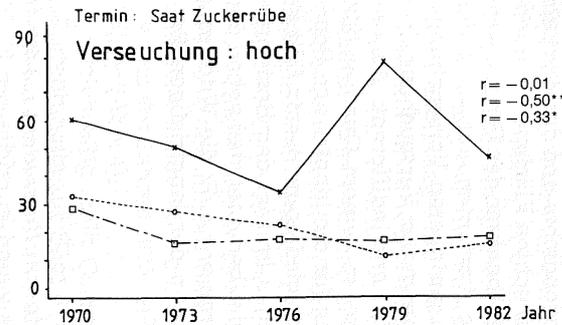
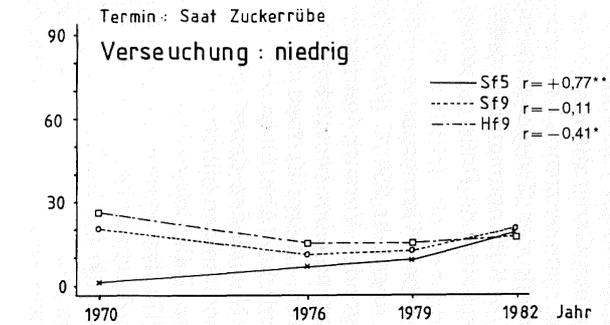


Abb. 6: Entwicklung der Anzahl Zysten pro 100 ml Boden in Abhängigkeit vom Verseuchungsgrad und von der Anbautechnik der Zwischenfrucht Raps im Verlauf von fünf Rotationen (Mittel über drei Wiederholungen, drei Zwischenfruchtvarianten)
 Number of cysts per 100 ml soil depending on degree of infestation and cultivation technique of catch crop during five crop rotations (average of three repetitions and three frequencies of catch crop)

Besatz auf 10 bis 20 Zysten pro 100 ml Boden ein, während sich beim höheren Niveau zwischen 15 und 25 Zysten einstellen. Dabei zeigt die Variante mit kurzer Wachstumsdauer wider Erwarten in zwei Rotationen einen Populationsanstieg. Allgemein fallen die Unterschiede, die durch das Bodenbearbeitungssystem bedingt sind, im Vergleich zum generellen Trend, der durch die Höhe der Ausgangsverseuchung geprägt wird, geringer aus.

In den Abbildungen 4 und 6 sind entsprechend der Reihenfolge der einzelnen Varianten die Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen den Untersuchungsjahren und dem Zystenbesatz auf den sechs geprüften Arealen, gemessen jeweils im Dreijahresrhythmus, aufgeführt worden, um die Zusammenhänge zu quantifizieren. Dabei bestätigt das Vorzeichen dieser Größe die Richtung der besprochenen Entwicklung der Nematodendichte und der Wert als solcher die Stärke der Beziehung. Auf den höher verseuchten Flächen dokumentiert der generell negative Korrelationskoeffizient die Abnahme der Populationsdichte, wobei sich diese Entwicklung für einzelne Varianten aufgrund der Schwankungen nicht immer absichern läßt. Für den geringeren Verseuchungsgrad bestätigen sich die bereits festgestellten Zunahmen der Verseuchung. Bei Stagnation verhält sich auch der Korrelationskoeffizient indifferent. An der Höhe des Korrelationskoeffizienten beziehungsweise an seinem Quadrat läßt sich der Erklärungsbeitrag der Ausgangsverseuchung für die langfristige Populationsentwicklung ablesen. Bei sehr hohem und sehr niedrigem Besatz fällt er größer aus als bei mittlerer Dichte. Insgesamt gesehen beträgt das Bestimmtheitsmaß maximal ungefähr 50 % erklärte Varianz. Dies bedeutet, daß neben der Höhe der Ausgangsverseuchung noch andere Faktoren wie z. B. die Witterung beziehungsweise zufällige Schwankungen eine Rolle in der langfristigen Entwicklung der Dichte der Nematodenpopulation spielen.

4. Diskussion

Bei der Analyse der Änderung der Populationsdichte von *Heterodera schachtii* (Schmidt) ist zwischen langfristiger Abundanzdynamik und kurzfristigen Fluktuationen im Besatz zu differenzieren. Während erstere stärker von endogenen Faktoren, insbesondere der Dichte der vorhergegangenen Generationen abhängig ist, werden die kurzfristigen Schwankungen stärker von exogenen Versuchsfaktoren wie z. B. Anbauhäufigkeit und Anbautechnik der Zwischenfrüchte geprägt. Aber auch die Vermehrungsbedingungen für Rübennematoden unter der Wirtspflanze Zuckerrübe spielen dabei eine entscheidende Rolle (STREUDEL und Ma. 1981).

Nach Ansicht von FICHTNER (1985) entwickelt sich bei Wärmesummen von 400° C die erste, bei etwa 750° C die zweite und ab ungefähr 950° C die dritte Generation des Rübennematoden (Abb. 2). Im vorliegenden Versuch hat nur in den Jahren 1975 und 1976 ein entsprechendes Wärmeangebot bestanden, das auch drei Entwicklungszyklen ermöglicht haben kann. Überprüft man diesen Sachverhalt an den Daten zur Entwicklung der Besatzdichte (Abb. 6), so sind nur im Jahr 1976 die Vermehrungsbedingungen für den Nematoden derart günstig gewesen, daß die Folgewirkungen für die Abundanz noch in den höheren Besatzzahlen 1979 zur Saat der Zuckerrübe auf dem gleichen Teilstück zu registrieren sind. Anscheinend konnte das Rübenezystenälchen 1976 drei statt zwei Generationszyklen, wie in den übrigen Jahren, durchlaufen. Auszuschließen ist jedoch eine mögliche Vermehrung unter den Rapsvarianten, die im Herbst 1977 und 1978 angebaut worden sind. Diese Stufen müßten dann nämlich im Vergleich zur Brache einen stärkeren Anstieg der Verseuchung aufweisen (Abb. 4). Da sie sich

jedoch annähernd wie die Kontrolle verhalten, ist die Vermehrung ausschließlich unter Zuckerrüben erfolgt. Eigentümlicherweise beschränkt sich der Anstieg der Verseuchung vornehmlich auf die Teilfläche mit der Anbautechnik Sf5, hier betrifft sie jedoch alle untersuchten Zwischenfruchtvarianten (Abb. 6). Diese anbautechnische Variante weist einen höheren Nematodenbesatz von über 30 Zysten gegenüber den anderen Faktorstufen mit unter 20 Zysten pro 100 ml zur Saat der Zuckerrübe 1976 auf. Jedoch reicht dieser Sachverhalt nicht aus, die höheren Vermehrungsraten unter Zuckerrüben zu erklären. Im Gegenteil, es wäre eher zu erwarten gewesen, daß die anderen Varianten bei niedrigerer Ausgangsverseuchung aufgrund der geringeren intraspezifischen Konkurrenz eine stärkere Vermehrung unter Zuckerrüben aufgewiesen hätten. Es bleibt also festzuhalten, daß die Zuckerrübe den Besatz mit Rüben nematoden zwar regelmäßig erhöht, es jedoch nur selten zur Gradation des Schaderregers unter dieser Hauptfrucht kommt.

In bezug auf die Fluktuation der Nematoden in den Untersuchungsjahren zeigt Abbildung 4 die Bedeutung von Raps als Zwischenfrucht bei unterschiedlicher Anbauhäufigkeit innerhalb einer Rotation im Vergleich zur Brache als Kontrolle. Zur Beurteilung der nematodenzimierenden Wirkung einer Fangpflanze ist es notwendig, die Wärmesumme für die Dauer des Zwischenfruchtbaues zu betrachten (Abb. 3). Es ist zu erkennen, daß in keinem Versuchsjahr die für eine vollständige Entwicklung des Nematoden notwendige Wärmesumme von 360° C, wie sie THIELEMANN 1978 fordert, erreicht worden ist.

Trotzdem haben sich nach Untersuchungen von COENEN (1980) und KOCHS (1986) in den Jahren 1974, 1976 und 1981 weiße Zysten an den jungen Rapspflanzen entwickeln können. Dies spiegelt sich zum Beispiel in dem höheren Zystenbesatz des Jahres 1975 im Vergleich zu 1972 auf den stärker verseuchten Flächen wider (Abb. 4).

Gleichzeitig stellt COENEN (1980) jedoch fest, daß aufgrund der Abnahme des Zysteninhalts zur Saat der Zuckerrübe 1975 ein ähnlich hoher Befall mit Eiern und Larven wie 1972 vorgelegen hat. Dies bedeutet, daß die Bildung von weißen Zysten an Zwischenfrüchten nicht automatisch zu einer stärkeren Verseuchung unter Zuckerrüben führen muß. Andererseits dokumentiert Abbildung 5 trotz Abnahme der Zystenanzahl eine Zunahme von Eiern und Larven im Frühjahr 1977 gegenüber 1974 bei hoher Verseuchung. Hierfür ist zum Teil die von KOCHS (1986) festgestellte Auffüllung des Zysteninhaltes durch Bildung neuer brauner Zysten unter Zwischenfrüchten im Herbst 1976 verantwortlich zu machen. Bei der Kontrolle ohne Gründüngung ist dabei keine Zunahme zu verzeichnen.

Hinsichtlich der nachhaltigen Effektivität der Bekämpfungsverfahren mit Wirtspflanzen als Zwischenfrucht ist festzustellen (Abb. 4 und 5), daß unabhängig vom Verseuchungsniveau zweimaliger Anbau von Raps innerhalb einer Rotation keine stärkere nematodenfangende Wirkung als einmaliger Anbau von Zuckerrüben aufweist (KOCHS 1986). Zur Kontrolle ohne Gründüngung liegen leider keine Daten zu Beginn der Versuchsserie bei höherer Ausgangsverseuchung vor, so daß ein schnellerer Bekämpfungserfolg durch Rapsanbau im Vergleich zur Brache nicht untersucht werden kann. In der zweiten Hälfte der Versuchsserie unterscheiden sich die Rapsvarianten nur marginal von der Kontrolle, denn nach Anstieg der Nematodenpopulation unter Zuckerrüben stellt sich drei Jahre später zur erneuten Saat der Zuckerrübe aufgrund des natürlichen Populationsrückganges ein annähernd gleiches Niveau bei allen drei geprüften Zwischenfruchtvarianten ein. Diese Aussage gilt aber nur, wenn nach Zuckerrüben bei allen Varianten ein ähnlicher Endverseuchungsgrad nach der Ernte und damit die gleiche Ausgangssituation zur Bestellung der Gründüngung vorliegt. Dies ist

dann der Fall, wenn die Ausgangsverseuchung im Frühjahr nicht stark differiert (HEINEN-DEBRUS 1985), eine Situation, wie sie im Versuch vorliegt. Diese geringe Wirkung von Raps als Fangpflanze ist zum Teil durch das niedrige Verseuchungsniveau im Versuch, das um die Schadschwelle von 500 Eiern und Larven pendelt (Abb. 5), bedingt, so daß eine Bekämpfung der Nematoden ohne Effekt bleibt. Weiterhin sind die Bracheparzellen mehrmals mechanisch unkrautfrei gehalten worden, wobei die Bodenbearbeitung einen Schlupfreiz auf die Larven ausübt (MÜLLER 1982). Die Bodentemperaturen in 15 cm Tiefe im September eines jeden Jahres begünstigen noch ein Ausschlüpfen der Larven aus der Zyste, denn auch in der zweiten Septemberhälfte liegen die Bodentemperaturen auf dem Standort Dikopshof noch nahe dem Optimum von 15° C.

Der Anbau von Wirtspflanzen im Spätherbst greift trotz nachgewiesener Bekämpfungserfolge also nicht mehr entscheidend in die Entwicklung der Verseuchung mit Rübennematoden ein. Die Anbautechnik, das heißt die Bodenbearbeitung zur Bestellung und zum Umbruch von Zwischenfrüchten sowie die Dauer ihres Wachstums, trägt auch zur Modifikation der Populationsdynamik des Nematoden von Rotation zu Rotation bei (Abb. 6). Die Tendenzen sind jedoch uneinheitlich. Insbesondere an den Änderungen des Zystenbesatzes der Rotationen 1970 bis 1982 und 1972 bis 1984 läßt sich bei niedrigem Verseuchungsniveau zeigen, daß gerade bei relativ geringem Besatz im Jahre 1970 beziehungsweise 1972 der Befall auf den Flächen mit frühem Umbruchtermin ansteigt. Dagegen sind bei den anderen Varianten mit längerer Standdauer und höherem Besatz zum Teil sogar Abnahmen zu verzeichnen. Aufgrund des niedrigeren Ausgangsbesatzes hat eine stärkere Vermehrung unter Zuckerrüben stattgefunden, die ursächlich den unerwarteten Effekt der als optimal angesehenen Bekämpfung, nämlich früher Umbruch der anfälligen Zwischenfruchtbestände, bedingen. Die Verantwortung der Hauptfrucht für diesen Effekt zeigt sich daran, daß sich die Kontrolle ohne Zwischenfrucht ähnlich verhält wie die Rapsvarianten. Der Einfluß der Ausgangsverseuchung auf das Verhalten der Nematodenpopulation, der die Wirkung der Bekämpfungsmaßnahme überlagert, zeigt sich auch bei höherem Verseuchungsniveau. Wie die Betrachtung der Jahre 1971 bis 1983 zeigt, ist bei kurzer Wachstumsdauer und niedrigerem Ausgangsbesatz eine langsamere und schwächere Abnahme des Nematodenbesatzes als bei den stärker befallenen Parzellen mit langem Zwischenfruchtwachstum zu registrieren.

Der Art der Bodenbearbeitung zur Saat der Zwischenfrüchte kommt noch geringere Bedeutung zu als der Wachstumsdauer. Daher ist eine Aussage zur relevanten Vorzüglichkeit einer bestimmten Bodenbearbeitung in Hinsicht auf ihre langfristig nematodenreduzierende Wirkung nicht zu treffen, zumal sich die Varianten mit gleicher Wachstumsdauer annähernd gleich verhalten (Abb. 6). Dieser Sachverhalt ist erstaunlich angesichts der Tatsache, daß in Einzeljahren des Versuchs eine höhere Schlupfrate und stärkere Zunahme der Nematoden nach intensiver Lockerung durch Sommerfurche gegenüber Herbstfurche unter sonst gleichen Bedingungen festzustellen ist (COENEN 1980, KOCHS 1986).

Wenn die Wirkung anbautechnischer Maßnahmen anhand der Befallssituation zur Saat der Zuckerrübe von Rotation zu Rotation beurteilt wird, so ist ihre Bedeutung für die langfristige Entwicklung des Nematodenbesatzes als gering einzuschätzen. Aufgrund kompensatorischer Wirkungen kommt es immer wieder zum Ausgleich zwischen Vermehrung und Absenkung der Nematodenpopulation und damit zur Annäherung der Varianten. Der langfristige Massenwechsel der Schaderregerpopulation scheint stärker von der Höhe der Ausgangsverseuchung und damit der Konkurrenzsituation zwischen den Individuen der Schädlingspopulation als von anbautechnischen Maßnahmen abhängig zu sein

(Kochs 1986). Betrachtet man nämlich die Abbildungen 4 und 6, so zeigt sich bei beiden Befallsniveaus ein Einpegeln auf eine bestimmte Nematodendichte. Je nach Ausgangsbesatz ist dabei eine geringe Zunahme, Stagnation oder starke Abnahme der Verseuchung zu registrieren. Niveaumäßig nähern sich die anfangs unterschiedlichen Dichten an Zysten auf den verschiedenen Flächen an. Dieser Sachverhalt manifestiert sich auch bei der Betrachtung des Merkmales Eier und Larven (Abb. 5). Wie aus den Abbildungen zu erkennen ist, fällt die Abnahme der Schaderregerdichte im Verlauf der Rotationen immer geringer aus, das heißt die Population nähert sich einem für die Fruchtfolge und das Anbauverfahren typischen Gleichgewichtszustand. Auch STEUDEL und Ma. (1981) haben ihre Ergebnisse zu allen dreijährigen Rotationen nach der Höhe der Ausgangsverseuchung gruppiert. Dabei stagniert bei einem Ausgangsbesatz von unter 500 Eiern und Larven pro 100 ml Boden der Besatz bei 500 Eiern und Larven pro 100 ml Boden. Bei einem Ausgangsniveau von ca. 1200 Eiern und Larven nähert sich die Nematodenpopulation dem Endzustand der anderen Variante nach drei Rotationen an.

Modellmäßig beschreiben ENGEL und STELTER (1976) in ihren Untersuchungen zur Populationsdynamik der Kartoffelnematode *Heterodera rostochiensis* (Woll.), Rasse A, diesen Sachverhalt (Abb. 1). Diese Modellannahme stimmt annähernd mit den Verlaufskurven zur Entwicklung der untersuchten Nematodenpopulation von Rotation zu Rotation überein, wie sie in den Versuchsergebnissen dargestellt worden sind. Jedoch beschreibt diese Modellvorstellung von ENGEL und STELTER (1976) nur die Bedeutung der Ausgangsverseuchung für den Endverseuchungsgrad bei wiederholtem, aufeinanderfolgendem Anbau der gleichen Kultur. Überträgt man sie auf den Ablauf von Rotationen, so ist die These aufzustellen, daß es eine anbauspezifische Verseuchungsdichte gibt, der sich der Besatz mit Schaderregern bei Konstanz des Anbauverfahrens langfristig annähert. Dieses langfristig mittlere Abundanzniveau wird als populäres Gleichgewicht bezeichnet, das sich trotz zeitweiliger, oft sehr starker Abweichungen immer wieder einstellt (FRÖHLICH 1979).

In der Anfangsphase des Anpassungsprozesses gerät die Populationsdichte unter den Einfluß dichteunabhängiger Faktoren (HOFFMANN und Ma. 1976). Diese sogenannten Störgrößen wie Klima, Boden sowie insbesondere im vorliegenden Fall Fruchtfolge und Anbauverfahren verändern die bisher gültigen Rahmenbedingungen. Dichteabhängige Faktoren wie z. B. das Wirtsangebot fungieren als Regler und passen die Vermehrungsrate als Stellgröße der neuen Situation an. Infolge der verschärften Nahrungskonkurrenz verringert sich die Anzahl Eier und Larven pro Zyste (SEINHORST 1967) oder es verschiebt sich das Geschlechterverhältnis zugunsten der männlichen Tiere. Neben dieser intraspezifischen Konkurrenz kann als weitere dichteabhängige Größe das Antagonistenpotential als Reaktion auf die wachsende Nematodenpopulation zunehmen, ein interspezifischer Konkurrenzeffekt. Nach Untersuchungen von NICOLAY und SIKORA (1988) in den Jahren 1986 bis 1988 auf der Versuchsfläche werden zwischen 20 und 30 % der Eier von *Heterodera schachtii* (Schmidt) unabhängig von der anbautechnischen Variante parasitiert. Diese Vorgänge werden auch als Regulation bezeichnet (HOFFMANN und Ma. 1976).

Eine differenzierte Betrachtung des Aufbaus unter Wirtspflanzen sowie des Abbaus unter Nichtwirten ist nicht möglich, da kein Datenmaterial zur Endverseuchung nach Zuckerrüben vorliegt. Eine eindeutige Erklärung für das anfänglich rasche Absinken der Schaderregerdichte auf ein relativ niedriges Gleichgewichtsniveau kann nicht gegeben werden, zumal diese Abnahme auch den Erkenntnissen in der Literatur widerspricht (v. KESSEL 1977, WEISCHER 1977,

FISCHER und LISTE 1982). Da sich bei einem Ausgangsbesatz von fast 3000 Eiern und Larven pro 100 ml Boden zur Saat (Abb. 5) ein gleicher beziehungsweise höherer Besatz nach Zuckerrüben einstellt, wie Untersuchungen von STELTER (1976) zeigen, muß die Abnahme unter den Halmfrüchten als Nichtwirten innerhalb der ersten Rotationen sehr hoch ausgefallen sein. Die interspezifische Konkurrenz muß größer als die intraspezifische gewesen sein. Als mögliche Ursachen für diese Entwicklung können die nematodenreduzierende Wirkung wiederholter intensiver Bodenbearbeitung und das oben beschriebene Auftreten von Parasiten angesehen werden. Unterstützt wird dieser Sachverhalt durch eine konsequente Bekämpfung von Unkräutern, die als Wirtspflanzen fungieren können. Die Einführung von Herbiziden in den siebziger Jahren hat diese rigore Ausschaltung des Wirtsangebotes in der Fruchtfolge ermöglicht (HEYLAND 1988).

Im weiteren Verlauf der Versuchsserie stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Auf- und Abbau der Population ein. FICHTNER (1985) kommt in seinen Untersuchungen zu der Erkenntnis, daß Jahre mit einer Temperatursumme von 850 bis 900° C zu einer maximalen Endverseuchung von 2500 Eiern und Larven pro 100 ml Boden nach Zuckerrüben führen, wenn zur Saat eine Dichte von etwa 500 Eiern und Larven vorgelegen hat. Der Zunahme unter Wirtspflanzen bis zu einer Grenze von ungefähr 2500 Eiern und Larven pro 100 ml Boden entspricht nämlich eine bestimmte Abnahme unter Nichtwirten in einer Fruchtfolge mit 33 % Zuckerrüben (FICHTNER 1985). Setzt man diese Abnahme mit 55 bis 60 % im ersten und mit 40 % im zweiten Folgejahr an (STELTER 1976), so gelangt man rechnerisch zu einem Besatz von 600 bis 700 Eiern und Larven pro 100 ml Boden zur Saat der Zuckerrübe, eine Dichte, auf die sich die Nematodenpopulation in der zweiten Hälfte der Versuchsserie tatsächlich einpegelt (Abb. 5). Auch FISCHBECK (1969) registriert auf dem zweiten Dikopshofer Fruchtfolgeversuch eine rasche Anpassung der Nematodendichte an ein fruchtfolgetypisches Niveau und in der Folgezeit nur witterungsbedingte Schwankungen.

Neben dem empirischen Beweis läßt sich der aufgezeigte Zusammenhang zwischen Vermehrungsrate, Ausgangsverseuchung und anbauspezifischer Verseuchungsdichte auf mathematischem Wege am Datenmaterial belegen. Hierzu setzt man die Anzahl Zysten, festgestellt zur Saat der Zuckerrübe, in Beziehung zur Vermehrungsrate im Ablauf dieser Rotation (FICHTNER und Ma. 1982, SCHLANG 1987). Abbildung 7 zeigt diesen Sachverhalt getrennt für die zwei Verseuchungsgrade. Die Verseuchungsgrade unterscheiden sich erstens signifikant beim Merkmal Zysten, zweitens ermöglichen sie eine Überprüfung der These, daß sich unter der Bedingung identischer Anbauverfahren dasselbe populäre Gleichgewicht einstellen muß.

Wie die Abbildung 7 erkennen läßt, fällt bei starkem Schädlingsdruck die Vermehrungsrate überproportional ab, und bei geringem steigt sie überproportional an (SCHLANG 1987). Dieser Zusammenhang belegt, daß die Population einem Gleichgewichtszustand zustrebt. Logarithmiert man die zugrundeliegenden Daten, so läßt sich diese Beziehung linearisieren und über die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes die Bedeutung des Zystenbesatzes für die Vermehrungsrate abschätzen. Für das hohe Verseuchungsniveau zeigt sich ein enger, negativer linearer Zusammenhang mit einem Bestimmtheitsmaß von 37 % erklärte Varianz zwischen der Höhe des Ausgangsbesatzes und der Vermehrungsrate. Für die Flächen mit geringem Befall beträgt das Bestimmtheitsmaß bei gleicher Tendenz zwischen den Werten 48 %.

Quantifiziert man die aufgezeigte Beziehung durch eine nichtlineare Exponentialfunktion, so ergeben sich die in der Abbildung 7 dargestellten Gleichun-

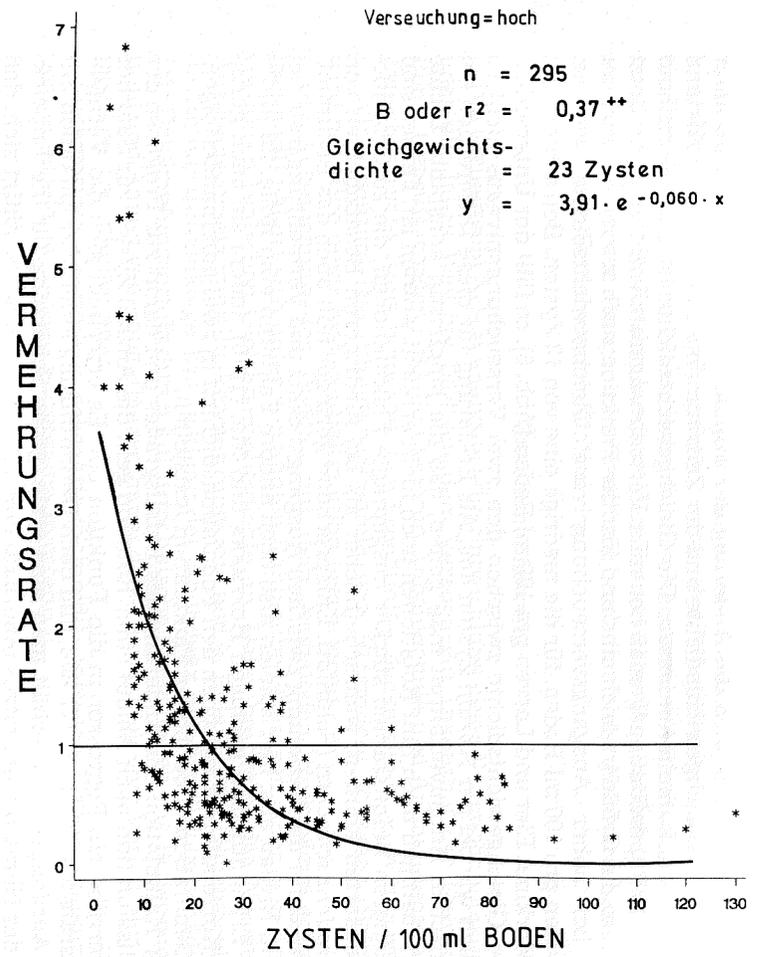
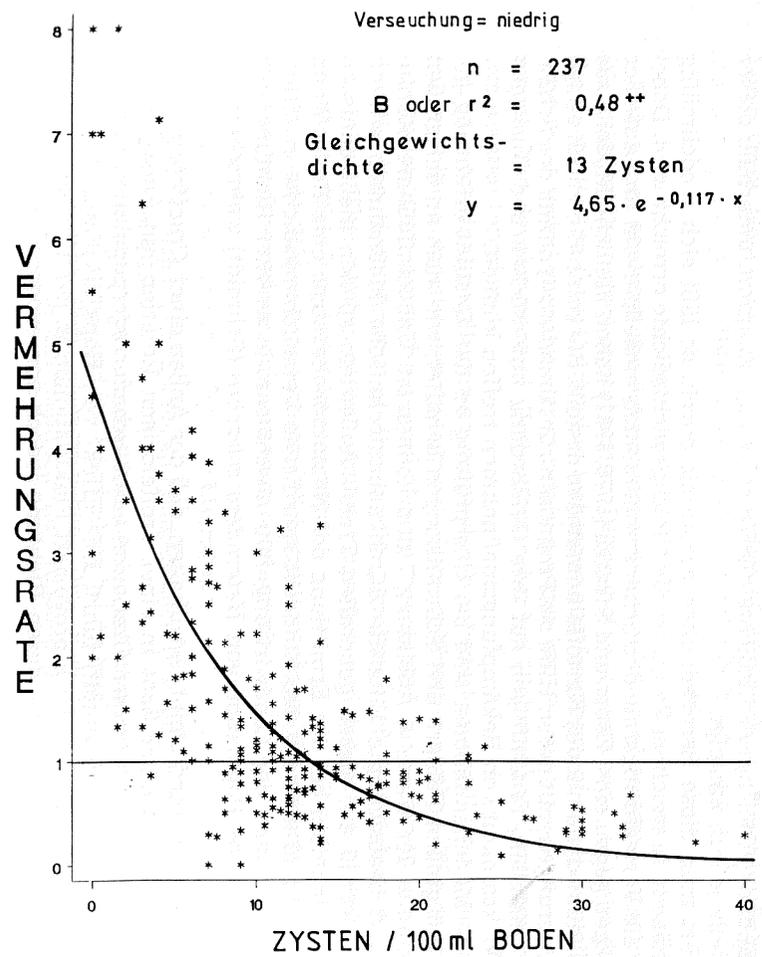


Abb. 7: Zusammenhang zwischen der Anzahl Zysten zur Saat der Zuckerrübe und der Vermehrungsrate in Abhängigkeit von der Höhe der Ausgangsverseuchung
 Relationship between number of cysts determined at seed of sugar beets and degree of propagation depending on the degree of infestation

gen, mit deren Hilfe sich die Änderung der Populationsdichte innerhalb einer Rotation, die Gleichgewichtsdichte und der Zeitraum, bis zu dem dieser Zustand erreicht wird, kalkulieren lassen. Die Gleichgewichtsdichte ist nach ENGEL und STELTER (1976) definitionsgemäß bei einer Vermehrungsrate von 1 erreicht. Setzt man also die Größe y gleich eins und löst die Funktion nach x auf, so errechnet sich bei hoher Ausgangsverseuchung eine Gleichgewichtsdichte von ca. 23 Zysten pro 100 ml Boden, für die niedrige eine von 13 Zysten. Betrachtet man das Merkmal Eier und Larven pro 100 ml Boden (Abb. 5), so fällt der Unterschied in der Gleichgewichtsdichte zwischen den zwei Verseuchungsniveaus nicht so deutlich wie bei der Anzahl Zysten aus. Als Erklärung für diese Differenzen bei identischen Anbauverfahren mag gelten, daß die langfristig konstante Dichte wahrscheinlich nach fünf Rotationen noch nicht erreicht worden ist. Ferner sind bei höheren Befallszahlen stärker ausgeprägte Fluktuationen, die zu Gradationen ausarten können, wahrscheinlicher als bei niedrigeren Besatzdichten von *Heterodera schachtii* (Schmidt). Entsprechend geringer fällt auch das Bestimmtheitsmaß für die Beziehung zwischen Ausgangsbesatz und Vermehrungsrate bei hohem Niveau aus; hier spielen also noch andere Faktoren eine Rolle. Zu ähnlichen Erkenntnissen gelangen HOFFMANN und Ma. (1976), indem sie auch geringere Korrelationen zwischen den Populationsdichten in zwei aufeinanderfolgenden Generationen bei hoher Fluktuation feststellen.

Zur Kalkulation der Änderung des Befallsgrades und damit zur Prognose der Befallssituation nach Ablauf einer Rotation geht die Anzahl Zysten zur Saat der Zuckerrübe als Regressor in die Funktion ein. Es errechnet sich die Vermehrungsrate als abhängige Größe, und nach Durchführung einer Multiplikation mit dem Ausgangsniveau erhält man eine erste, grobe Schätzung für die Entwicklung des Nematodenbesatzes innerhalb einer Rotation. Dabei bestätigt sich, daß oberhalb der Gleichgewichtsdichte die Verseuchung abnimmt, unterhalb dieser Schwelle jedoch ansteigt.

Führt man diese Berechnungen mehrmals durch, so läßt sich modellmäßig abschätzen, in welchem Zeitraum die Gleichgewichtsdichte erreicht wird. Dabei läuft die Vermehrungsrate des Schaderregers auch modellgerecht im Laufe der Passagen gegen eins. ENGEL und STELTER (1976, 1981) haben ähnliche Modelle zur Populationsdynamik des Kartoffelnematoden erstellt. Sie beinhalten noch einige Erweiterungen, mit deren Hilfe sie Prognosen zur Abundanzdynamik des Schädling anstellen, Fruchtfolgen auf ihre Gefährdung untersuchen und Aussagen zur Wirksamkeit von Bekämpfungsmaßnahmen treffen können.

Diese Modellannahmen sind bei Überprüfung an der Realität erfahrungsgemäß mit großen Fehlern und Schwankungen behaftet, wie auch an der großen Streubreite der Werte in Abbildung 7 zu erkennen ist. Unbeeinflussbare Störungen und beabsichtigte Eingriffe durch anbautechnische Maßnahmen wirken modifizierend auf diesen generellen Trend. Außerdem spielen meßtechnische Ungenauigkeiten bei der Ermittlung des Nematodenbesatzes eine Rolle. Wenn jedoch einmal eine für den Standort spezifische Verseuchungsdichte ermittelt worden ist, kann der Landwirt ungefähr abschätzen, in welcher Richtung sich die momentane Population von *Heterodera schachtii* (Schmidt) wahrscheinlich entwickeln wird.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß der Anbau einer *Crucifere* als Zwischenfrucht bei später Saat in einer dreifeldrigen Rotation mit Zuckerrüben nicht zwangsläufig zu einer Gradation einer Schaderregerpopulation von *Heterodera schachtii* (Schmidt) führt. Der Effekt von Raps als Fangpflanze bei differenzierter Anbautechnik provoziert Fluktuationen in der Populationsdynamik der Rübennematoden, deren Richtung jedoch von exogenen Faktoren wie

z. B. der Witterung beeinflusst wird. Neben der Gestaltung der Fruchtfolge wirken die Vermehrungsbedingungen unter der Hauptfrucht Zuckerrübe stark modifizierend auf den Massenwechsel des Nematoden. Als entscheidende endogene Einflußgröße für den langfristigen Trend in der Populationsdynamik stellt sich die Höhe der Ausgangsverseuchung und damit die Konkurrenzsituation innerhalb der Nematodenpopulation dar.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit analysiert die Entwicklung einer Nematodenpopulation über die Jahre 1969 bis 1984 auf dem Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn. Geprüft worden sind die Faktoren Anbautechnik und Anbauintensität der Zwischenfrucht Raps innerhalb der Fruchtfolge Zuckerrüben — Winterweizen — Winterweizen. Die Abundanzdynamik von *Heterodera schachtii* (Schmidt) wird mit Hilfe einer Exponentialfunktion beschrieben.

Die Verseuchung des Bodens mit dem Nematoden *Heterodera schachtii* (Schmidt) nähert sich unter konstanten Rahmenbedingungen einer dem Anbauverfahren typischen Gleichgewichtsdichte an. Dabei bestimmt das Niveau der Ausgangsverseuchung die Vermehrungsrate und in Relation zur Gleichgewichtsdichte die trendmäßige Entwicklung der Abundanz des Fruchtfolgeschädlings. Der Bekämpfungserfolg durch kulturtechnische Maßnahmen wie Bodenbearbeitung und Anbau von Fangpflanzen hängt dabei wesentlich vom Verlauf der langfristigen Trendkurve ab.

Stichwörter: *Heterodera schachtii* (Schmidt), intraspezifische Konkurrenz, populares Gleichgewicht, Fangpflanzenverfahren.

Long Term Development of a Population of *Heterodera schachtii* (Schmidt) Influenced by Production Methods

Summary

This paper analyses the development of a population of *Heterodera schachtii* (Schmidt) at the experimental station Dikopshof of the university of Bonn during the years 1969 to 1984. Cultivation technique and frequency of catch crop oilseed rape were tested running a crop rotation sugar beet — winter wheat — winter wheat. The development of *Heterodera schachtii* (Schmidt) is described by an exponential function.

Under constant conditions assumed, the infestation of soil by nematodes is approaching a specific density typical of the cultivation method. The degree of infestation determines the degree of propagation and in relation to the specific density the development of the whole population of *Heterodera schachtii* (Schmidt). The success of cultivation technique and frequency of catch crop depends on this long term development.

Key words: *Heterodera schachtii* (Schmidt), intraspecific competition, balance of density of nematode, cultivation of catch crops.

Literatur

- BROUWER, W.: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues. II, 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg 1976.
- COENEN, H.: Einfluß von Anbauintensität und Anbautechnik verschiedener Zwischenfruchtarten auf die Ertrags- und Qualitätsbildung bei Zuckerrüben unter Berücksichtigung unterschiedlicher Nematodenverseuchung. Diss., Bonn 1980.
- DEBRUCK, J.: Ölrettich als Zwischenfrucht zur Gründüngung. Zuckerrübe 20, 3, 20—22 u. 4, 17—18, 1971.

- DECKER, H.: Phytoneumatologie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1969.
- ENGEL, K.-H. und H. STELTER: Ein Modell zur Erfassung der Populationsdynamik des Kartoffelnematoden *Heterodera rostochiensis* Woll., Rasse A. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 12, 329—343, 1976.
- ENGEL, K.-H. und H. STELTER: Populationsdynamik des Kartoffelnematoden in Agroökosystemen. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 188, 69—77, 1981.
- FICHTNER, E.: Untersuchungen zur Ableitung einer Temperatursummen-Methode für die Überwachung von *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871, in Zuckerrübenfruchtfolgen. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 21, 31—40, 1985.
- FICHTNER, E., D. GRABERT und W. FISCHER: Schädigung, Populationsdynamik, Überwachung und Bekämpfung der Rübennematoden. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Inst. f. Landwirtschaftl. Information u. Dokumentation Berlin, Forschungsber. f. d. Landwirtschaft u. Nahrungsgüterwirtschaft 20, 1—45, 1982.
- FICHTNER, E., D. GRABERT und W. FISCHER: Untersuchungen zur Populationsdynamik von *Heterodera schachtii* Schm. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 18, 119—128, 1982 a.
- FISCHBECK, G.: Fruchtfolgefragen aus der Sicht des Pflanzenbaues und der Pflanzenernährung. Vortrag: Weihest. Hochschultagung, 20. 6. 1969, Würzburg 1969.
- FISCHER, W. und E. FICHTNER: Untersuchungen zum Einfluß der Bodentemperatur auf die Zystenbildung von *Heterodera schachtii* Schmidt an kreuzblütigen Zwischenfrüchten. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 20, 89—94, 1984.
- FISCHER, W. und H.-J. LISTE: Ergebnisse zum Einfluß der Fruchtfolge auf den Zuckerrüben-ertrag im Fruchtfolgeversuch Etzdorf (1947 bis 1975). Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 205, 149—157, 1982.
- FRÖHLICH, G.: Phytopathologie und Pflanzenschutz. 1. Aufl., Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart 1979.
- GOFFART, H.: Ansteigen und Abklingen der Nematodenverseuchung und ihre Bewertung im Rübenbau. Zucker 5, 315—317, 1952.
- GOFFART, H.: Einfluß von Nematodenkrankheiten auf Anbau und Ertrag von Feldfrüchten. Mitt. DLG 71, 55—57, 1956.
- HAMBÜCHEN, A.: Effekte anbautechnischer Maßnahmen auf Leistungsparameter einer dreifeldrigen Fruchtfolge mit Zuckerrüben und Winterweizen. Diss., Bonn 1990.
- HEINEN-DEBRUS, A.: Einfluß der Anbautechnik von Kruziferen-Zwischenfrüchten auf die Population des Rübenezystenälchens *Heterodera schachtii* (Schmidt) sowie Ertrag und Qualität der Zuckerrübe. Diss., Bonn 1985.
- HEYLAND, K.-U.: Zwischenfrucht in der „Rheinischen Fruchtfolge“ — ein Gewinn? Landw. Z. Rheinland 149, 2217—2219, 1982.
- HEYLAND, K.-U.: Mündliche Mitteilung 1988.
- HEYLAND, K.-U., A. WERNER und A. HEINEN-DEBRUS: Einfluß der Anbautechnik von Kruziferen-Zwischenfrüchten auf die Population des Rübenezystenälchens *Heterodera schachtii* (Schmidt) sowie Ertrag und Qualität der Zuckerrübe. Bodenkultur 39, 309—328, 1988.
- HOFFMANN, G. M., F. NIENHAUS, F. SCHÖNBECK, H. C. WELTZIEN und H. WILBERT: Lehrbuch der Phytomedizin. Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg 1976.
- HORN, A. von: Rübenanbau und Rapszwischenfrucht. Zucker 10, 351—352, 1957.
- JONES, F. G. W.: Soil populations of beet eelworm (*Heterodera schachtii* Schm.) in relation to cropping. II. Microplot and fieldplot results. Ann. appl. Biol. 44, 25—56, 1956.
- KESSEL, W.-C. von: Können wir mit Nematoden leben? Zuckerrübe 26, 1, 10—13, 1977.
- KOCHS, H.-J.: Zur Möglichkeit der Kruziferenzwischenfrucht als Nematodenfangpflanze (*Heterodera schachtii*) im Zuckerrübenanbau. Forschung und Beratung, Reihe C, 40, 66—101, 1986.
- LÜCKE, E.: Rübennematoden: Ölzzwischenfruchtanbau ist möglich. DLP 95, 6, 1972.
- MÜLLER, J.: Über die jährliche Generationszahl von *Heterodera schachtii* unter Feldbedingungen an Zuckerrüben. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 31, 92—95, 1979.
- MÜLLER, J.: Gibt es Alternativen zur chemischen Bekämpfung des Rübennematoden? Zuckerrübe 31, 179—181, 1982.
- NAJAD, S. und R. DERN: Über die Populationsentwicklung von Rübennematoden nach Anbau von Zuckerrüben in Hessen-Nassau. Gesunde Pflanze 31, 73—75 u. 169—170, 1979.
- NICOLAY, R. und R. A. SIKORA: Bedeutung eiparasitischer Pilze bei der Bestimmung der Populationsdichte von *Heterodera schachtii*. Vortrag 16. Tagung des Arbeitskreises Nematologie. Deutsche Phytomed. Ges. 8./9. März, Kiel 1988.
- RENIUS, W.: Gründung zu Zuckerrüben. Zuckerrübe 24, 4, 25—27, 1975.
- SAS INSTITUTE INC.: SAS User's Guide: BASICS. Version 5 Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC 1985.

- SAS INSTITUTE INC.: SAS User's Guide: STATISTICS. Version 5 Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC 1985.
- SCHLANG, J.: Ist biologische Nematoden-Bekämpfung bei Schwachbefall sinnvoll? Zuckerrüben-Journal 2, 6—7, 1987.
- SCHMIDT, J.: Zwischenfruchtbau auf mit Rübennematoden verseuchten Böden. Landw. Z. Rheinland 137, 2736—2738, 1970.
- SEINHORST, J. W.: The Relationships Between Population Increase And Population Density in Plant Parasitic Nematodes. Nematologica 13, 157—171, 1967.
- SEKERA, F.: Die Nematodengefahr — ein biologisches Problem. Zucker 8, 329—331, 1955.
- STELTER, H.: Zur Populationsdynamik von *Heterodera schachtii* Schm. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 12, 393—400, 1976.
- STEUDEL, W.: Schäden durch Rübennematoden. Mitt. DLG 91, 325, 1976.
- STEUDEL, W., R. THIELEMANN und W. HAUFE: 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.
- STEUDEL, W., R. THIELEMANN und W. HAUFE: Untersuchungen zur Populationsdynamik des Rübenzystenälchens (*Heterodera schachtii* Schmidt) in der Köln-Aachener Bucht. Mitt. Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft 199, 1981.
- THIELEMANN, R.: Zystenentwicklung des Rübennematoden *Heterodera schachtii* Schmidt an Cruciferen-Stoppelfrüchten. Z. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz 85, 657—665, 1978.
- THOMAS, E.: Das Spülverfahren zur Gewinnung frischer *Heterodera*-Zysten. Mitt. Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 136, 99—103, 1969.
- THOMAS, E.: Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Vermehrung des Rübennematoden an verschiedenen Kreuziferen. Landw. Z. Rheinland 141, 1246—1247, 1974.
- WEISCHER, B.: Stand der Bekämpfung pflanzenschädigender Nematoden. Mitt. Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft 178, 35—52, 1977.
- WINNER, C.: Zuckerrübenanbau. Verlagsunion Agrar, Münster — Hilstrup 1981.

(Manuskript eingelangt am 26. November 1990)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Klaus-Ulrich HEYLAND und Dr. Andreas HAMBÜCHEN, Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Bonn, D-W-5300 Bonn