

*Bundesprogramm*  
**Ökologischer Landbau**

**Nematoden  
im Ökologischen  
Gemüsebau**



# Vorwort

Im Ökologischen Gemüsebau wurden insbesondere in den letzten Jahren auf leichten Standorten vermehrt Schäden durch pflanzenparasitäre Nematoden beobachtet. Daher wurde im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau ein Projekt zu dieser Problematik gestartet. Diese Broschüre ist ein Leitfaden für Landwirte und Berater, der über Biologie und Ökologie der Nematoden informiert sowie allgemeine und spezielle Regulierungsmöglichkeiten der wichtigsten Gattungen aufzeigt.

# Inhalt

Biologie pflanzenparasitärer Nematoden	3
Ökologie der Nematoden	4
Maßnahmen der Nematodenregulierung	5
Anbauplanung/Fruchtfolge	5
Anbaumanagement	6
Physikalische Methoden	7
Biologische Nematodenregulierung	7
Einsatz von Tagetes als Feindpflanze	8
Bodenuntersuchungen	9
Schadensschwellen	9
Übersicht einiger Nematodengattungen	10
Beschreibung der Wirtspflanzentabelle	12
Wirtspflanzentabelle und Übersicht verschiedener Nematodengattungen	Beilage

## Impressum

auf Zuwendungsbasis

### Herausgeber und Bezug:

Landwirtschaftskammer NRW  
Referat Ökologischer Land- und Gartenbau  
Endenicher Allee 60  
D-53115 Bonn  
Homepage: [www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de)

### Konzeption und Text:

Andrea Frankenberg, Andreas Paffrath

### Grafiken und Bilder:

Andrea Frankenberg

### Nematodenphoto von Seite 4:

Nemapix 1, J. D. Eisenback & U. Zunke

### Gestaltung und Layout: pARTout, Bonn

Druck: Schöttler Druck, Ratingen

### Weitere Informationen unter:

[www.oekolandbau.de](http://www.oekolandbau.de)

Gefördert vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

© BLE Februar 2004

Gedruckt auf Recyclingpapier

## Nematodenprobleme im Ökologischen Gemüsebau

Gründe für die zunehmenden Probleme mit Nematoden im Ökologischen Gemüsebau liegen hauptsächlich in der Fruchtfolge. Im Ökologischen Gemüsebau steht fast immer eine Kultur (bzw. Beikräuter) auf der Fläche, an denen sich Nematoden vermehren und ernähren können.

Mögliche Ursachen für zunehmende Schäden durch Nematoden sind:

- ein hoher Anteil an Wirtspflanzen (Leguminosen, Gemüse, Beikräuter)
- ein geringer Anteil an Nicht-Wirtspflanzen (z. B. Getreide für Wurzelgallennematoden)
- Untersaaten mit Wirtspflanzen (z. B. mit Klee)
- das Fehlen von resistenten Sorten
- die Einschleppung von Nematoden mit kontaminiertem Pflanz- bzw. Saatgut
- die Verschleppung von Nematoden mit Maschinen



# Biologie pflanzenparasitärer Nematoden

Pflanzenparasitäre Nematoden sind fadenförmige Würmer, die wegen ihrer schlängelnden Fortbewegungsart auch Älchen genannt werden. Ihre Größe variiert zwischen 0,4 und 8 mm, wobei die meisten pflanzenparasitären Arten zwischen 0,5 und 1,5 mm lang sind.

## Entwicklungszyklus

In ihrer Entwicklung vom Ei zum adulten Tier durchlaufen Nematoden vier Larvenstadien. Die erste Häutung findet bereits im Ei statt, so dass das zweite Larvenstadium schlüpft. Bei Zysten-nematoden wird der Schlupf der Larven durch Wurzelabscheidungen der Wirtspflanzen ausgelöst bzw. gefördert. Die meisten anderen pflanzenparasitären Nematoden schlüpfen weitgehend spontan, sofern Temperatur, Feuchtigkeits- und Sauerstoffgehalt im Boden den Lebensbedingungen der Nematoden entsprechen. Bei Zysten- und Wurzelgallennematoden infiziert das zweite Larvenstadium die Pflanzen. Bei anderen Nematodengattungen (*Pratylenchus*, *Ditylenchus*) befallen Larven und erwachsene Tiere die Pflanze. Die Zyklusdauer beträgt je nach Art und Umweltbedingungen 6 bis 10 Wochen. Mit wenigen Ausnahmen (*Globodera*) bilden Nematoden mehrere Generationen im Jahr.

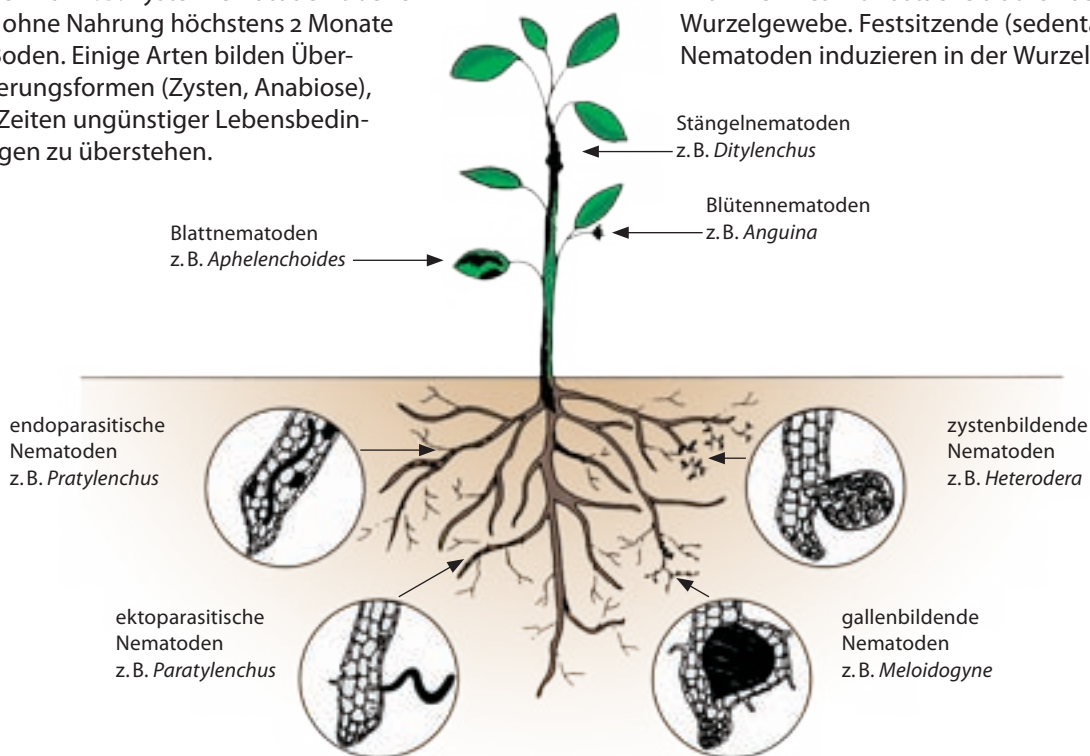
Ohne Nahrungsaufnahme können pflanzenparasitäre Nematoden nur kurze Zeit überdauern. Larven von z. B. Zysten-nematoden überleben ohne Nahrung höchstens 2 Monate im Boden. Einige Arten bilden Überdauerungsformen (Zysten, Anabiose), um Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen zu überstehen.

Pflanzenparasitäre Nematoden lassen sich je nach dem befallenen Pflanzengewebe in oberirdisch schädigende Nematoden und Wurzel-nematoden einteilen. Wurzel-nematoden unterscheiden sich wiederum in festsitzende (sedentäre) und wandernde Nematoden. Zu den festsitzenden Nematoden zählen die Zysten- und Wurzelgallennematoden. Wandernde Wurzel-nematoden dringen entweder in die Wurzel ein (endoparasitische) oder saugen von außen an den Wurzeln (ektoparasitische). Wandernde Wurzel-nematoden können in die Wurzel der Wirtspflanze eindringen und diese wieder verlassen. Festsitzende Nematoden können dies nicht.

Wurzel-nematoden haben wirtschaftlich gesehen die größte Bedeutung. Blatt- und Blüten-nematoden sind im Gemüseanbau unbedeutend. Die für den Gemüseanbau wichtigsten Gattungen sind *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus* und *Paratylenchus* (siehe Seite 10 und 11).

## Wie schädigen Nematoden?

Pflanzenparasitäre Nematoden besitzen einen Mundstachel. Mit diesem durchstoßen sie die pflanzlichen Zellwände und nehmen Zellinhaltsstoffe als Nahrung auf. Endoparasitische Nematoden dringen in die Wurzel ein und wandern mit Hilfe ihres Mundstachels durch das Wurzelgewebe. Festsitzende (sedentäre) Nematoden induzieren in der Wurzel die



Bildung von speziellen Nährzellensystemen, von denen sich der Nematode während seiner weiteren Entwicklung ernährt. Bei Wurzelgallennematoden führt die Bildung der Nährzellen zu einem Anschwellen des Wurzelgewebes (Gallenbildung). Stängelnematoden zerstören durch enzymatischen Abbau die Mittellamelle der Pflanzenzellen, wodurch es zu den typischen Verdrehungen der Stängel kommt.

Neben der direkten Schädigung des Pflanzengewebes treten weitere Schäden auf:

- Wasser- und Nährstoffaufnahme werden gehemmt → Welke, erhöhte Anfälligkeit der Pflanze für Krankheitserreger
- Nematoden schaffen Eintrittspforten → Folgekrankheiten (z. B. Pilze, Bakterien)
- Nematoden übertragen Krankheitserreger (Viren, z.B. Tabak-Mosaik-Virus)

### Schadssymptome

Pflanzenparasitäre Nematoden verursachen unterschiedliche Schadsymptome an den Kulturen (siehe Seite 10 und 11 und Beilage).

- nesterweises Auftreten von Kümmerwuchs und Fehlstellen
- unregelmäßiger Wuchs im Bestand
- Wachstumsanomalien (z. B. Beinigkeit, Wurzelbärte)
- übermäßige Bestockung der Pflanzen
- faule und abgestorbene Wurzelbereiche
- flächiges Auftreten vergilbter Pflanzen
- Welke und verfärbte Pflanzen
- frühzeitiger Blattfall
- reduzierte Blüten- und Samenanlagen

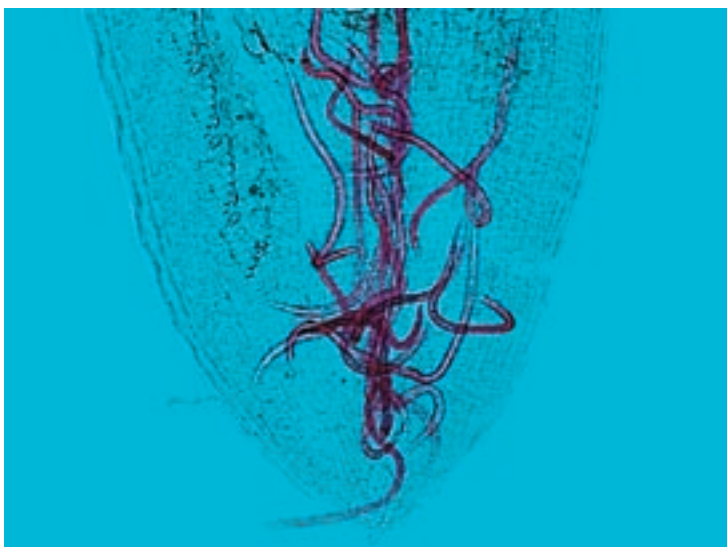


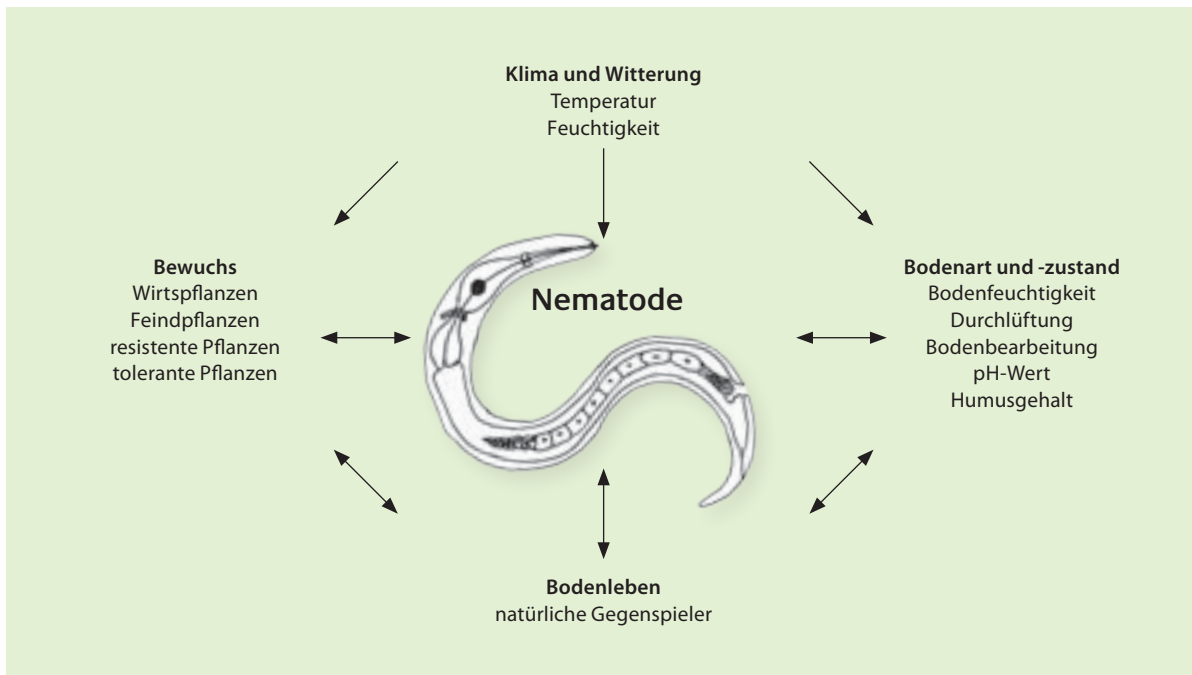
## Ökologie der Nematoden

Pflanzenparasitäre Nematoden kommen in jedem natürlichen Boden vor. Die verschiedenen äußeren Faktoren beeinflussen Ihre Populationsdichte und damit die Höhe des tatsächlichen Schadens an den Kulturen. Dieser wird durch zahlreiche

Faktoren beeinflusst. Nematoden sind für ihre Fortbewegung auf ausreichende Feuchtigkeit angewiesen. Die verschiedenen pflanzenparasitären Arten haben unterschiedliche Temperatursprüche hinsichtlich Aktivitätsoptimum und Entwicklungsdauer. So liegt die Mindesttemperatur für *M. incognita* mit 14°C deutlich höher als für *M. hapla* (8°C), so dass ein Schaden durch *M. incognita* erst sehr viel später im Jahr bzw. nur in Gewächshäusern auftritt.

Verschiedene Nematodenarten bevorzugen bestimmte Bodentypen. Die meisten Arten bevorzugen grobporige Böden mit hohem Sandanteil. Solche Böden ermöglichen ihnen eine leichtere Fortbewegung und sorgen für einen ausreichend hohen Sauerstoffgehalt. Stängelnematoden kommen hingegen überwiegend auf schweren Böden vor. Bei der Regulierung von Nematoden spielen veränderbare Faktoren, wie z. B. Bewuchs, Humusgehalt und pH-Wert des Bodens eine wichtige Rolle.





## Maßnahmen der Nematodenregulierung

### Fruchtfolgegestaltung

#### Anbau von Nichtwirtspflanzen

Eine weite Fruchtfolge mit gezielter Anbaupause von Wirtspflanzen führt zur Reduzierung des Nematodenbesatzes. Manche Nematodengattungen, wie *Meloidogyne* und *Pratylenchus* haben aber einen so breiten Wirtspflanzenkreis, dass eine Fruchtfolge ohne Wirtspflanzen kaum möglich ist. Nichtwirtspflanzen für *M. hapla* wären z. B. Getreidearten und für *Pratylenchus* Gänsefußgewächse (Rote Bete, Zuckerrübe, Futterrübe, etc.). Problematisch ist ferner, dass auf einer Fläche verschiedene schädigende Nematodenarten mit wiederum unterschiedlichen Wirtspflanzenspektren vorkommen. Auch ist das Wirtspflanzenspektrum für verschiedene Nematodenarten noch nicht vollständig bekannt. Gerade für den Ökologischen Landbau mit seinen vielfältigen Kultur- und Begleitpflanzen führt dies möglicherweise zu größeren Problemen. Kleearten sind geeignete Wirtspflanzen für viele Nematoden. Durch den Anbau von Kleeuntersaaten in Getreide wird so z. B. der Wirtspflanzenkreis von *Meloidogyne hapla* und *Pratylenchus* spp. nicht unterbrochen. (Wirtspflanzentabelle siehe Beilage)

#### Brache

Eine Schwarzbrache über mehrere Monate hungert die Nematoden aus, sollte aber auf Grund einer er-

höhten Nährstoffauswaschung vermieden werden. Die Schwarzbrache im Sommer ist aufgrund der höheren Temperaturen und der damit höheren Aktivität der Nematoden wirksamer als die Schwarzbrache im Winter. Gesetzliche Regelungen (z. B. Wasserschutzverordnungen) sind zu beachten.

#### Feindpflanzen

Feindpflanzen üben eine nematizide Wirkung auf Nematoden aus. Die Wirkung ist artspezifisch. Die wirksamen Stoffe der Feindpflanzen werden über Wurzelasscheidungen abgegeben, beim Einarbeiten der Pflanzen als Gründünger frei gesetzt oder in der Pflanze als Reaktion auf das Eindringen des Nematoden gebildet. Auf diese Weise werden Nematoden unterdrückt oder abgetötet. In der Literatur werden zahlreiche Pflanzen genannt, die als nematodenreduzierend beschrieben werden. Hier handelt es sich vielfach um Pflanzen aus tropischen Ländern. Kenntnisse über deren Anbau und Wirkung in den gemäßigten Breiten sind noch nicht vorhanden. Die Wirkung dieser Pflanzen richtet sich hauptsächlich gegen eine Nematodenart, während andere Arten sich an diesen Pflanzen vermehren können. In unseren Breiten wird *Tagetes* erfolgreich zur Regulierung von *Pratylenchus* eingesetzt (siehe Seite 8 und 9). *Tagetes* ist weiterhin Nicht-Wirtspflanze für *M. hapla*.



Sudangras (siehe Foto rechts – neben Tagetes) und Hanf sind möglicherweise vielversprechende Feindpflanzen gegen *Meloidogyne* Arten. Sie können als Gründüngung bzw. Zwischenfrüchte eingesetzt werden, sind in der Praxis aber erst wenig erprobt.

**Sudangras (*Sorghum sudanese*):** Im Sudangras enthaltene Glukoside werden nach dem Häckseln und Einarbeiten in den Boden zu Verbindungen abgebaut, die für den Nematoden toxisch sind. Die beste Wirkung gegen Nematoden wird erzielt, wenn die Blattmasse bei einer Wuchshöhe von 40 cm eingearbeitet wird.

### Fangpflanzen

Fangpflanzen sind gute Wirtspflanzen, die zur Regulierung festsitzender (sedentärer) Nematoden angebaut werden. Der Nematode dringt in die Wurzel ein und kann diese nach Induzierung des Nährgewebes nicht mehr verlassen. Vor Abschluss der Entwicklung des Nematoden werden die Pflanzen durch Einarbeiten in den Boden zerstört, und der Nematode somit abgetötet. Der Zeitpunkt des Umbruchs ist jedoch schwierig zu terminieren. Um den optimalen Umbruchtermin zu finden, laufen Versuche zur Bestimmung der Temperatursumme für die Entwicklungsdauer von *M. hapla*. Nachteilig neben der schwierigen Terminierung des Umbruchs ist auch, dass die Fläche für den Anbau von einträglichen Kulturen nicht genutzt werden kann. Freilebende Nematoden können nicht bekämpft



werden, da diese nach dem Pflanzenumbruch wieder aus der Wurzel wandern können.

### Resistente Sorten/Zwischenfrüchte

Resistenz gegen Nematoden beruht darauf, dass die Larven in das Pflanzengewebe eindringen, sich aber darin nicht weiter entwickeln können. Resistente Sorten sind im Gemüsebau derzeit nicht vorhanden. Untersuchungen an Ölrettich zeigen, dass die Sorte ‚Commodore‘ die geringste Anfälligkeit gegen *M. hapla* besitzt. Eine Regulierung des Nematoden ist aber nur bei hohem Ausgangsbesatz (> 1000 Larven/100 ml Boden) möglich.

## Anbaumanagement

### Bodenbearbeitung

Bodenbearbeitung kann sich vermindern auf die Nematodenpopulation einer Fläche auswirken.



Dies kann darin begründet sein, dass zum einen die Tiere durch wendende Bodenbearbeitung vergraben werden und zum anderen Wirtspflanzen im Boden verlagert werden. Es ergeben sich durch die Bodenbearbeitung aber auch negative Effekte. Nematoden können auf der Fläche weiter verbreitet und verschleppt werden.

### Saatzeitpunkt

Da manche Nematoden erst bei höheren Temperaturen schlüpfen, kann durch frühen Anbau der durch Nematoden verursachte Schaden verringert werden. Der Einfluss dieser Maßnahme ist aber gering und auf wenige Kulturen beschränkt.

### Kalkung

Höhere Kalkgaben zeigen bisher einen positiven Effekt gegen einige Nematodenarten (insb. *Pratylenchus* Arten). Der Boden sollte jeweils einen dem Bodentyp entsprechenden optimalen pH-Wert haben. Mögliche Ursachen können auch indirek-

ter Natur sein. Kalkliebende Pflanzen weisen bei niedrigem pH-Wert Entwicklungsstörungen auf und sind daher anfälliger gegen Krankheiten und Schädlinge.

### Zugabe von organischer Substanz

Zugabe von organischer Substanz fördert das Bodenleben und damit auch die natürlichen Gegenspieler der Nematoden im Boden, wie zum Beispiel räuberische Pilze und Bakterien. Weiterhin wird durch eine verbesserte Nährstoffversorgung durch Düngung die Abwehrkraft der Pflanze gegenüber Schaderregern gestärkt. Die Pflanzen können einen Befall durch pflanzenparasitäre Nematoden besser tolerieren.

**Neem-Cake:** Düngung mit Neem-Cake kann zu einer Regulierung der Nematoden beitragen. Aufwandmenge, Terminierung und Wirkungsgrad sind in Feldversuchen aber noch zu ermitteln.

**Chitin:** Chitin ist Bestandteil des Außenskeletts von Krusten- und Schalentieren und fällt in größeren Mengen bei der Verarbeitung von Meeresfrüchten an. Chitin ist auch in Nematodeneiern enthalten. Durch Zugabe von Chitin zum Boden werden chitinabbauende Bakterien gefördert, die dann auch das Chitin der Nematodeneier abbauen. In

Gewächshausversuchen wurde eine gute Wirkung von Chitin gegen pflanzenparasitäre Nematoden festgestellt. Aussagekräftige Freilandversuche müssen noch durchgeführt werden.

### Beikrautregulierung

Eine gute Beikrautregulierung ist im Ökologischen Landbau zur Vorbeugung und Regulierung der Nematoden sehr wichtig. Viele Beikräuter sind Wirtspflanzen für Nematoden. Bei hohem Beikrautdruck kann es trotz weit gestellter Fruchtfolge oder dem Anbau von Feindpflanzen zu einer Nematodenvermehrung kommen.



## Physikalische Methoden

Zu den physikalischen Bekämpfungsmaßnahmen gehören die Bodendämpfung sowie die Heißwasserbehandlung von Pflanz- und Saatgut. Im Unterglasanbau ist das Dämpfen eine wichtige Maßnahme gegen Nematoden. In den unteren Bodenschichten

ist aber keine Nematodenfreiheit zu garantieren. Außerdem erfordert das Dämpfen einen sehr hohen Energieaufwand und ist damit teuer. Warm- oder Heißwasserbehandlung wird teilweise zur Regulierung von *Ditylenchus* in Saatgut eingesetzt.

## Biologische Nematodenregulierung

Die bedeutendsten Antagonisten (natürliche Gegenspieler) von pflanzenparasitären Nematoden sind Pilze und Bakterien. Erste Produkte werden derzeit in der Praxis getestet. Natürlich im Boden vorhandene Gegenspieler können durch Zugabe von organischer Substanz, Verbesserung der Bodenstruktur und Nährstoffversorgung des Bodens gefördert werden.

### Vorbeugende Maßnahmen

- Schadbilder frühzeitig erkennen und beobachten
- Boden- und Pflanzen auf Nematoden untersuchen
- Einsatz von gesundem Pflanz- und Saatgut
- Vielseitige Fruchtfolge (evt. Flächentausch)
- Beikrautregulierung
- Verschleppung mit Geräten und Maschinen vermeiden
- Vernichtung der Ernterückstände und einzelner erkrankter Pflanzen
- Befallene Pflanzen und Pflanzenreste nicht kompostieren
- Wurzelballen und Pflanzenreste entfernen



# Einsatz von Tagetes als Feindpflanze

## Wirkmechanismus

Die Wurzeln von *Tagetes* enthalten Substanzen (Terthiophene) mit starker nematizider Wirkung. Diese Stoffe befinden sich in bestimmten Zellen der Wurzelendodermis. Beim Anstechen oder Eindringen der Nematoden in diese Endodermiszellen kommt es infolge einer biochemischen Reaktion zum Absterben der Nematoden. Nur Nematoden, die in diese Epidermiszellen mit den nematiziden Stoffen gelangen, werden abgetötet. Die Wirkung richtet sich vor allem gegen *Pratylenchus*.

## Wirkung

In Abhängigkeit von der *Tagetes*sorte und Länge der Anbauzeit konnte der Befall von Nematoden der Gattung *Pratylenchus* um bis zu 90 % mit teilweise mehrjähriger Wirkung reduziert werden. *Tagetes* zeigt keine oder nur eine geringe Wirkung gegen Zysten- und Wurzelgallennematoden. Für diese Gattungen ist *Tagetes* aber auch keine Wirtspflanze.



## Sortenwahl

Bisher wird in der Praxis meistens eine Mischung im Verhältnis 1:1 von Sorten der Arten *Tagetes patula* und *T. erecta* empfohlen. *Tagetes patula* weist eine stärkere nematizide Wirkung auf, ist aber niedrig wachsend und langsamer in der Jugendentwicklung. So kann sie das Unkraut bis zum Bestandeschluss nicht stark unterdrücken. Die hoch wachsende Art *T. erecta* dagegen unterdrückt das Unkraut besser und entwickelt die größere Grünmasse. Vor allem die *T. patula* Sorte ‚Single Gold‘, mit einer höheren und rascheren Pflanzenentwicklung als die üblichen *T. patula* Sorten, zeigt einen sehr guten Wirkungsgrad gegen Nematoden.

## Hinweise für den Anbau von Tagetes

- großflächige Saat oder Pflanzung mit lückenlosem Bestand
- Anbau als Hauptfrucht (mindestens 3 Monate)
- Aussaat ab dem 10. Mai (*Tagetes* ist nicht frosthart)
- spätestester Saattermin um den 20. Juli
- Sortenwahl (*Tagetes patula*) z. B. ‚Single Gold‘
- gute Beikrautregulierung, da langsame Jugendentwicklung
- ausreichende Nährstoffversorgung des Bodens
- optimale Saatbettbereitung (Feinwurzelbildung)
- feuchte Bodenverhältnisse bei Saat (schnellere Keimung)
- ein feinkrümeliger Oberboden (flache Einsaat)
- keine *Tagetes* auf Flächen mit Schneckenproblemen (Lockpflanze)

## Tagetessorten im Vergleich: Wuchs, Anbau, Kosten, Wirkung

Eigenschaften	Tagetessorten /arten		
	T. erecta	T. patula	T. patula ‚Single Gold‘
Aussaatmenge In kg/ha*	5–8	6–10	6–12
Saatgutkosten €/ha**	150–240	300–500	600–1200
Bestandshöhe	60–90 cm	25–50 cm	50–60 cm
Beikrautunterdrückung	anfangs gering dann hoch	insgesamt sehr gering	hoch
Grünmassenentwicklung	hoch (ca. 120 t/ha)	niedrig (ca. 60 t/ha)	hoch (ca. 120 t/ha)
nematizide Wirkung	hoch	sehr hoch	sehr hoch

\* Aussaatmenge variiert je nach Zeitpunkt der Aussaat und Ausbringungstechnik

\*\* errechnet nach Durchschnittskosten der verschiedenen Anbieter von *Tagetessaatgut*





## Anbau

Die Aussaat ist durch die sehr langen dünnen Samen, die sehr leicht verhaken, technisch schwierig. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass kleine Flächen mit der Hand oder einem Handsäwagen ausgesät werden können. Auf großen Flächen wird

die Aussaat mit dem Schleuder- oder Düngestreuer praktiziert. Zuvor empfiehlt sich eine Bearbeitung mit der Kreiselegge und Packerwalze, nach der Aussaat können die Samen mit der Kreiselegge flach eingearbeitet werden. Zur Beikrautunterdrückung wird die *Tagetes*pflanze in ca. 10 cm Höhe abgemulcht. Durch das Köpfen der Pflanzen wird die Bestockung angeregt.

Soll eine Beikrautregulierung mit der Maschinenhacke durchgeführt werden, müssen größere Reihenabstände gewählt werden (Reihenabstand von 20 bis 35 cm, Saattiefe von 0,5 bis 1 cm). Für eine lückenlose Saat sollte die Sämaschine nur zu 1/3 gefüllt sein. Die Samenablage ist beim Säen zu kontrollieren.

## Einarbeitung/Abfuhrzeitpunkt

*Tagetes* können nach dem Abfrieren über Winter als bodenschützende Gründüngung stehen bleiben. Hochwachsende Sorten werden am besten vor dem Einarbeiten in den Boden gehäckselt. Die niedrigeren Sorten können direkt eingearbeitet werden.

## Bodenuntersuchungen

Notwendigkeit von Bodenproben

- Bodenuntersuchungen liefern Hinweise zur Befallsituation
- Schadbilder sind nicht immer eindeutig
- Problematik erkennen oder ausschließen

Problematik bei Bodenuntersuchungen

- Nematoden sind unregelmäßig im Boden verteilt (hohe Einstichzahl erforderlich)
- Zeitpunkt der Probennahme: Herbst bzw. Frühjahr; im Sommer sind z. B. viele der freilebenden Nematoden in den Wurzeln und werden nicht erfasst
- einige Gattungen sind aufgrund niedriger Schadensschwellen schwierig zu erfassen (z. B. *Meloidogyne*)
- Artbestimmungen sind schwierig, zeitintensiv und teuer

Bodenproben werden von allen Pflanzenschutzämtern und -diensten auf Nematoden und deren Befallsstärke untersucht (Vorgehensweise und Kosten sind dort zu erfragen).





## Schadensschwellen

Für viele Schädlinge sind Schadensschwellen bekannt, bei deren Überschreiten Ertragsverluste zu erwarten bzw. Bekämpfungsmaßnahmen wirtschaftlich sinnvoll sind. Bei Nematoden sind Schadensschwellen, soweit überhaupt vorhanden, mit großer Vorsicht

zu verwenden, da zahlreiche Faktoren (siehe oben) die Besatzdichten beeinflussen. Einflussfaktoren wie u. a. Bodenart, Regionalität, Sorteneigenschaften und Kultur werden bei Schadensschwellenangaben nicht berücksichtigt.

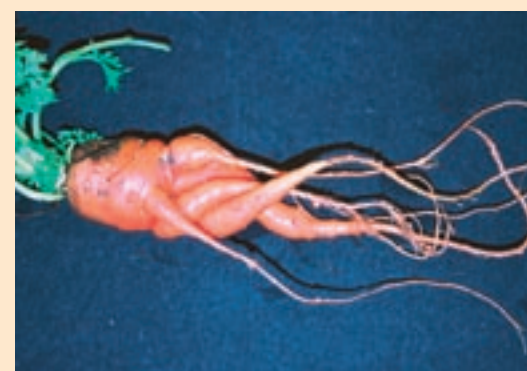
# Übersicht der wichtigsten Nematodengattungen, die im

Schadbild		
	Möhren sind kurz im Wuchs und verkrüppelt	verstärkte Seitenwurzelbildung und bei Sellerie
Nematodengattung	<b>Pratylenchus</b>	<b>Paratylenchus</b>
bedeutende Arten	u. a. <i>P. penetrans</i> , <i>P. crenatus</i> , <i>P. neglectus</i>	u. a. <i>P. hamatus</i> , <i>P. projectus</i>
Lebensweise	wandernder Wurzelnematode, endoparasitisch lebend, alle Nematodenstadien (sowohl Adulte und Larven) können in die Wurzel der Wirtspflanze eindringen und diese wieder verlassen	wandernder Wurzelnematode, ektoparasitisch lebend (saugen von außen an den Wurzelzellen)
Entwicklungszyklus	Nematoden wandern im Wurzelringengewebe, in dem auch die weitere Entwicklung und die Eiablage stattfinden. Sie ernähren sich vom Inhalt der Wurzelzellen und wandern später in den Boden aus, um neue Wurzeln zu befallen.	Wurzelzellen werden meist kurz hinter der Wurzelspitze angestochen. Die Aufnahme des Zellinhaltes erfolgt von außen. Das Wachstum der Wurzelspitze wird eingestellt. Sie können verschiedene Wurzeln/Pflanzen durch aktiven Ortswechsel schädigen. Durch ständiges Anstechen der Wurzelrinde schaffen sie zahlreiche Eintrittspforten für Bakterien und Pilze.
Überdauerung	überdauern in Wurzeln als Larve oder adultes Tier	
Zyklusdauer	Entwicklungszyklus ca. 6–8 Wochen 5–6 Generationen pro Jahr sind möglich	Entwicklungszyklus ca. 6–8 Wochen
Vorkommen	leichtere bis mittlere Böden (vorzugsweise Sandböden) <i>P. neglectus</i> auch auf lehmigen Böden	bevorzugt auf leichten bis mittleren Böden (lehmige Sande, sandige Lehme)
Schadsymptome*	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vergilbung an den äußeren Blättern</li> <li>■ braun-schwarze nekrotische Läsionen an den Wurzeln</li> <li>■ Wachstumshemmungen, im Bestand: große Flächen mit geringem Wachstum</li> <li>■ Ringe und Wülste an den Möhren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wachstumsdepressionen</li> <li>■ abnorme Seitenwurzelbildung (Wurzelbärte)</li> </ul>
Wirtspflanzen*	großer Wirtspflanzenkreis mit über 350 Arten	Möhren, Sellerie, Petersilie, Pfefferminze
Beikräuter als Wirte	u. a. Quecke, Rispen, Gräser, Vogelmiere, Melde, Franzosenkraut, Löwenzahn	keine speziellen bekannt
Nicht-Wirtspflanzen*	Gänsefußgewächse (wie z. B. Rote Beete)	Bohnen, Rüben, Kartoffeln
spezielle Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ vielseitige Fruchtfolge schwierig, da großes Wirtspflanzenspektrum</li> <li>■ Anbau von Gänsefußgewächsen (z. B. Rote Beete)</li> <li>■ Anbau der Feindpflanze <i>Tagetes</i></li> <li>■ Anbau von Ölrettich und Raps als Zwischenfrucht (nicht Senf)</li> <li>■ Kalkung des Bodens zur Erhöhung des pH-Wertes</li> <li>■ Phazelia als Gründüngung meiden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anbau der Feindpflanze <i>Tagetes</i></li> <li>■ Anbau von Bohnen, Kartoffeln und Rüben</li> <li>■ kein Anbau von Möhren und Sellerie</li> <li>■ Kalkung des Bodens zur Erhöhung des pH-Wertes</li> </ul>

\* weitere Schadsymptome, Wirtspflanzenspektrum und geschädigte Kulturen siehe Wirtspflanzentabelle und Übersicht der Gattungen der Beilage



# Gemüsebau schädigen



beinige Möhre mit sichtbaren Wurzelgallen

## Meloidogyne

u. a. *M. hapla* (bedeutendste Art), *M. naasi*, *M. incognita*: überlebt bei uns nur im Gewächshaus, *M. chitwoodi* und *M. fallax* (Quarantäneschadernerreger, derzeit keine Bedeutung in Deutschland)

Wurzelgallennematode, endoparasitisch in Wurzelgallen lebend, fest-sitzender Nematode, die Weibchen bleiben an der einmal gewählten Parasitierungsstelle

2. Larvenstadium dringt in die Wurzel der Wirtspflanze ein und induziert ein spezifisches Nährgewebe. Es wird eine Wurzelgalle ausgebildet. Die Larven schwellen während der drei folgenden Häutungen zu kugelrunden ca. 1,0 mm großen Weibchen an. Diese legen dann bis zu 500 Eier in einer galertartigen Substanz ab. Die Nährstoff- und Wasseraufnahme der Pflanze wird gehemmt.

Überdauerung als Ei im Boden oder in Pflanzenresten (Eier und Larven bleiben nicht mehr als 2 Jahre ohne Wirtspflanzen lebensfähig)

Entwicklungszyklus ca. 8–10 Wochen  
2–3 Generationen pro Jahr sind möglich

bevorzugt auf leichten Böden  
*M. hapla* ist frostempfindlich  
aktiv ab Temperaturen von 10°C (*M. hapla*)

- Wachstumshemmungen und Missbildungen bei Wurzelgemüsen (Beinigkeit)
- Vergilbung der Blätter
- Gallen an Wurzeln (sichtbar v. a. bei Salat, Möhren und Tomate) bei *M. incognita* sehr starke geschwulstartige Gallenbildung

über 550 Wirtspflanzen sind bekannt

u. a. Vogelmiere, Kamille, Franzosenkraut, Schafgarbe, Ackerkratzdistel, Melde

*M. hapla*: Spargel, Getreide, Gräser, Tagetes

- Anbau von Nicht-Wirtspflanzen (insb. Getreide, am besten 2–3 Jahre)
- Kleeuntersaaten vermeiden
- Gründüngung mit Nicht-Wirtspflanzen und Feindpflanzen (Sudangras, Hanf, *Crotalaria*)
- Anbau von Feindpflanzen (Vorsicht, weil auch Wirtspflanze für andere Gattungen), Feindpflanzen müssen in den Boden eingearbeitet werden
- Einsatz von Fangpflanzen
- Anbau von resistentem Ölrettich
- befallene Pflanzen nicht kompostieren



Verdrehungen und Vergilbungen der Stängel von Lauch

## Ditylenchus

v. a. *D. dipsaci*

wandernder Stängelnematode, endoparasitisch lebend in Stängeln und Blättern der Pflanze

Nematoden überwintern im Boden oder in den Pflanzen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Sie wandern im Wasserfilm der Pflanzenoberfläche nach oben und dringen über die Spaltöffnungen und Verletzungen in die Wirtspflanze ein. Die Vermehrung erfolgt in den Blättern, Stängeln, Samen und Zwiebeln. Sie können lange im Boden überdauern. Ausgeprägte Rassenbildung.

bei Bohnen und Erbsen ist der Nematode samenübertragbar, Larven können im Samen über 20 Jahre überdauern.

Entwicklungszyklus ca. 3–4 Wochen  
5 Generationen pro Jahr sind möglich

mittlere bis schwere Böden  
bei niedrigeren Temperaturen aktiv  
Zwiebelrasse bevorzugt auf schweren Böden

- Wachstumshemmungen
- Vergilbungen und Verdrehungen der Stängel
- Verdickungen am Stängel und Blattgrund
- Kräuselungen der Blätter und Aufreißen der Stängel (Aufplatzen erntereifer Zwiebeln)

über 500 Wirtspflanzen sind bekannt

u. a. Vogelmiere, Franzosenkraut, Knötericharten, Windhalm

Gerste, Kartoffeln, Schwarzwurzel

- 5 jährige Anbaupause von Wirtspflanzen, aber wegen der Rassenbildung (schwer bestimmbar) mit unterschiedlichem Wirtspflanzenkreis sind Fruchtfolgemaßnahmen kaum möglich
- Warmwasserbehandlung befallenen Pflanzgutes
- befallsfreies/zertifiziertes Saatgut von Bohnen (insb. Ackerbohnen) und Erbsen verwenden
- Vernichten und Entfernen befallener Pflanzen

# Wirtspflanzentabelle

Die Tabelle stellt zum einen die Bedeutung der Kulturen für die Vermehrung der verschiedenen Nematodenarten dar und zum anderen in welchem Maße diese geschädigt werden. Bei einigen



Kulturen bestehen noch Wissenslücken zur Schadens- und Vermehrungsstärke (insbesondere bei Leguminosen und Gemüse).

Grundlage dieser Tabelle ist ein Wirtspflanzenschema der Organisation PPO (Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad Wageningen Universiteit en Research). Die Daten basieren zum größten Teil auf dort durchgeführten Wirtspflanzenversuchen der letzten 10 Jahre. Das holländische Schema wurde für den Gemüsebereich und einige weitere Arten im Rahmen des Projekts mit Hilfe von Literaturdaten ergänzt (grau hinterlegte Kästen).

## Wirtspflanzeneignung

Die Wirtspflanzeneignung ist das Maß für die Nematodenvermehrung an einer bestimmten Pflanze, d. h. wie stark sich eine Nematodenart an der jeweiligen Wirtspflanze vermehrt.

Die Wirtspflanzeneignung ist in folgende Vermehrungsklassen eingeteilt:

...	stark	nach Anbau lässt die Kultur einen hohen Anteil an Nematoden zurück
..	mäßig	nach Anbau ist ein mäßiges Befallsniveau vorhanden
•	wenig	der Nematode kann sich an dieser Kultur nur wenig vermehren, ein niedriges Befallsniveau bleibt
-	keine	an dieser Kultur kann sich der Nematode nicht vermehren. Die Population nach dieser Kultur ist ähnlich hoch wie nach Schwarzbrache
--	aktive Abnahme	die Abnahme ist deutlich größer als nach Schwarzbrache. Die Kultur lockt die Nematoden an, diese können sich jedoch nicht an dieser ernähren und verhungern oder werden durch nematizide Stoffe abgetötet.
R	sortenabhängig	das Maß der Vermehrung ist bei den Sorten der Kultur unterschiedlich
o	unbekannt	das Maß der Vermehrung ist nicht bekannt
	Wirtspflanze	der Nematode kann sich an dieser Kultur vermehren, das Maß der Vermehrung lässt sich hier aber nicht sicher festlegen

## Schadensanfälligkeit

Die Schadensanfälligkeit bezeichnet das Maß der Schädigung einer Kultur durch eine bestimmte Nematodenart. So kann sich eine Nematodenart an einer Kultur zwar stark vermehren ohne aber großen Schaden zu verursachen. Umgekehrt kann

bereits eine geringe Vermehrung zu einem hohen Schaden führen.

Die Schadensanfälligkeit ist in folgende Klassen eingeteilt:

unbekannt	in welchem Maße die Kultur geschädigt wird, ist nicht bekannt
nicht anfällig	auch bei hohem Nematodenanteil wird kein Schaden festgestellt
wenig anfällig	selbst bei einem hohen Nematodenanteil ist der Schaden gering (5–15%)
mäßig anfällig	bei höheren Nematodenanteilen kann es zu Schäden von 15–33% kommen
stark anfällig	auch bei einem geringen Nematodenanteil kann es zu starken Schäden und bis zu völligen Missernten kommen.