

Biologische Schädlingsbekämpfung



Botanischer Garten der Universität Freiburg
Schänzlestraße 1
79104 Freiburg
Tel.: 0761 2032872
Fax.: 0761 2032880
www.botanischer-garten.uni-freiburg.de

Öffnungszeiten:

Freiland	täglich	08:00 bis 18:00 Uhr
Gewächshäuser	Montag bis Donnerstag Sonn- und Feiertag	12:00 bis 16:00 Uhr 14:00 bis 16:00 Uhr (Letzter Einlass jeweils 15:45 Uhr)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Inhalt

Chemische und biologische Schädlingsbekämpfung	4
Tierische Schädlinge beeinträchtigen das Pflanzenwachstum	4
Pestizide: Chemische Schädlingsbekämpfungsmittel und Pflanzenschutzmittel	5
Biologische Verfahren zur Schädlingsbekämpfung	8
Biotechnische Schädlingsbekämpfung	9
Mechanische Methoden	10
Biologische Schädlingsbekämpfung mit Nützlingen (Antagonisten)	10
Biologische Schädlingsbekämpfung in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens Freiburg	11
Bekämpfung der Weißen Fliegen mit Hilfe von Schlupfwespen	14
Bekämpfung von Spinnmilben mit Hilfe von Raubmilben	17
Bekämpfung von Blattläusen und Woll- bzw. Schmierläusen durch Marienkäfer	17
Bekämpfung von Blattläusen und Fransenflüglern durch die Gemeine Florfliege	20
Weitere Methoden der Schädlingsbekämpfung im Botanischen Garten Freiburg	22
Wann und wo lohnt sich die biologische Schädlingsbekämpfung?	25
Resistente Sorten - hilfreich im biologischen Pflanzenschutz	27

Chemische und biologische Schädlingsbekämpfung

Tierische Schädlinge beeinträchtigen das Pflanzenwachstum

Seit der Mensch Pflanzen gezielt kultiviert, gefährden tierische Schädlinge den Ertrag von Nahrungs- und anderen Nutzpflanzen. Vor allem der großflächige Anbau einer Pflanzenart (Monokulturen) oder die Kultur von Pflanzen im Gewächshaus bieten Arten, die sich von Pflanzen ernähren, ideale Futterquellen und Möglichkeiten, sich ungehindert auszubreiten. Es sind in erster Linie Insekten und Milben, die sich unter diesen Bedingungen rasch vermehren und eine so hohe Populationsdichte erreichen, dass durch ihre Fraß- oder Saugtätigkeit beachtliche Schäden an den Pflanzen entstehen.

Schäden durch Fraß werden vor allem durch die Larvenstadien von Insekten verursacht. Ein bekanntes Beispiel ist der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*), dessen Larven in der Lage sind, innerhalb kurzer Zeit ganze Pflanzen und sogar gesamte Felder kahl zu fressen. Saugende Insekten besitzen spezielle Mundwerkzeuge, mit denen sie das pflanzliche Gewebe anstechen und sich vom Pflanzensaft ernähren. In den meisten Fällen dringen sie gezielt in das Phloem der Leitungsbahnen von Blättern und von Trieben ein, um dort an die Photosyntheseprodukte der Pflanze zu gelangen. Die zahlreichen Arten von Blattläusen und Spinnmilben sind hierfür bekannte Beispiele. Die sogenannten beißenden oder fressenden Schädlinge besitzen ausgeprägte Mundwerkzeuge (Mandibeln), mit denen sie Pflanzenteile zerkauen können. Viele der saugenden und fressenden Insekten und Milben sind ausgesprochene Spezialisten, die sich auf wenige Wirtspflanzenarten spezialisiert haben. In ihrem Lebenszyklus haben sie sich an die jeweilige Wirtspflanze und deren Vegetationsrhythmus angepasst und Überlebensstrategien entwickelt, um die Vegetationsruhe der Wirtspflanze im Winter zu überdauern. Die Schädlichkeit dieser Insekten und Milben beruht vor allem auf der Fähigkeit, mit einer massenhaften Vermehrung und Ausbreitung zu beginnen, sobald ein ausreichendes Nahrungsangebot vorliegt.

In der Vergangenheit führte die explosionsartige Vermehrung tierischer Schaderreger zu Kalamitäten mit großen Verlusten in landwirtschaftlichen, gärtnerischen und auch forstlichen Kulturen (aktuell: Borkenkäferbefall von durch Trockenheit geschädigten forstlichen Monokulturen). In vorindustriellen Zeiten gab es nur sehr begrenzte Möglichkeiten, den Befall der Kulturpflanzen durch Insekten und Milben einzudämmen. Das Ab sammeln war nur bei großen Raupen und Käferlarven möglich und führte auch nur selten zur gewünschten Wirkung. Mit den Erfolgen der Chemie und dem Aufkommen der chemischen-pharmazeutischen Industrie wurden Ende des 19. Jahrhunderts die ersten Insektizide entwickelt, die als Wirkstoffe hochtoxische Substanzen, wie z.B. Arsen oder Nikotin, enthielten. In den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts begann die Ära der spezifisch wirkenden chemisch-synthetischen Insektizide, die aber trotz ihrer Spezifität ebenfalls ein hohes Umweltrisiko darstellen.

Pestizide: Chemische Schädlingsbekämpfungsmittel und Pflanzenschutzmittel

Mit der Entwicklung chemisch-synthetischer Pestizide (= Schädlingsbekämpfungsmittel) konnten in den vierziger und fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts beachtliche Erfolge erzielt werden. Mit den Wirkstoffen aus der Stoffklasse der polychlorierten Kohlenwasserstoffe, deren prominenter Vertreter DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan, siehe Abb. 1) ist, begann die Ära der spezifisch wirkenden chemisch-synthetischen Insektizide. Diese Insektizide, die eine verhältnismäßig geringe akute Toxizität besitzen, wurden nicht nur gegen Schaderreger an Pflanzen, wie den damals so gefürchteten Kartoffelkäfer, sondern weltweit auch gegen tierische Überträger von Krankheiten des Menschen wie z.B. Malariaüberträger (Anopheles-Mücken) mit zunächst großem Erfolg eingesetzt.

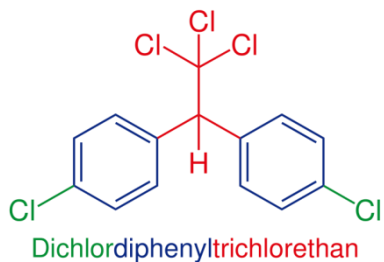


Abb. 1: Strukturformel von DDT

Die Anfangseuphorie ließ die Hoffnung aufkommen, mit Hilfe chemisch-synthetischer Pestizide Schädlinge aller Art bald „in den Griff“ zu bekom-

men. Ende der sechziger Jahre wich die Euphorie jedoch einer zunehmenden Ernüchterung, da sich herausstellte, dass gegen DDT und die verwandten Wirkstoffe zunehmend Resistenzen auftraten und die Pestizide gravierende Nebenwirkungen verursachten:

- Sie besitzen eine hohe Stabilität und wurden weltweit verfrachtet, so dass Rückstände noch heute selbst im Eis der Polkappen nachgewiesen werden.
- Sie reichern sich in der Nahrungskette an und weisen in Tieren und Menschen eine schädliche hormonähnliche Wirkung (als „endokrine Disruptoren“) auf.
- Sie töten ein breites Spektrum an Insekten und Spinnentieren, darunter viele nützliche Arten, und führen andererseits aber bei vielen Schädlingen zu einer Resistenz gegen den Wirkstoff. Dadurch werden die schädlichen Arten nicht mehr vom Wirkstoff erfasst und durch die Ausschaltung natürlicher Gegenspieler (räuberische Arten und Parasitoide) fördern diese Insektizide letztendlich die Massenvermehrung der Schädlinge.

Wegen dieser Eigenschaften wurden bereits vor einigen Jahrzehnten DDT und die verwandten Wirkstoffe weltweit für den Einsatz als Insektizide nicht mehr zugelassen. Aber auch die nachfolgende Generation an Insektiziden, die Phosphorsäureester (Alkylphosphate) mit dem bekannten E605, erwiesen sich als problematisch für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Wegen ihrer hohen akuten Toxizität war der Umgang mit diesen Wirkstoffen für die Anwender sehr risikoreich. Auch die Phosphorsäureester führten bei vielen schädlichen Insekten und Milbenarten zu Resistenzen und durch ihre breite Wirkung zur Dezimierung nützlicher Gegenspieler. Die derzeit zugelassenen Insektizide wirken spezifischer auf bestimmte Gruppen von Schädlingen und sind weniger toxisch. Dennoch bergen auch sie das Risiko einer Resistenzbildung bei den Schädlingen und besitzen Nebenwirkungen auf andere Organismen. Dies sind die wichtigsten Nachteile der chemischen Schädlingsbekämpfung. Durch Beobachtung (Monitoring) der Schädlingspopulation besteht heutzutage die Möglichkeit, Insektizide gezielt und in geringer Menge bei Überschreitung einer spezifischen Schadschwelle einzusetzen und somit ihre schädlichen Nebenwirkungen - soweit möglich – zu begrenzen.

Zur Schonung des Naturhaushaltes und dank eines zunehmenden Umweltbewusstseins rückt in den letzten Jahren die biologische Schädlingsbekämpfung als Alternative zunehmend in den Vordergrund. Sie beruht auf den Vorgängen, die im Idealfall ein quasi-natürliches Gleichgewicht von Schädlingen und Nützlingen einstellen.



Abb. 2: Auch unter den Wirbeltieren gibt es viele Arten, die dazu beitragen können, die Population der Schädlinge in einem Garten niedrig zu halten, wie z.B. verschiedene Frosch- und Krötenarten, Eidechsen, sowie Vögel und Säugetiere wie Igel (siehe Abbildung) oder Fledermäuse. Diese Tiere lassen sich durch eine naturnahe Gartengestaltung auch in Privatgärten dauerhaft ansiedeln.

Biologische Verfahren zur Schädlingsbekämpfung

Durch biologische Verfahren lässt sich die Population eines Schädlings so weit vermindern, dass Schäden unterhalb einer bestimmten (akzeptablen) Höhe bleiben. Diese Schadensschwelle ist von Art zu Art unterschiedlich und bezieht sich auf die Populationsdichte, ab der durch Fraß- oder Saugtätigkeit an der Wirtspflanze wirtschaftlich bedeutende Schäden auftreten. Man unterscheidet zwischen biologischer und biotechnischer Schädlingsbekämpfung.

Unter **biologischer Schädlingsbekämpfung** im engeren Sinne versteht man die Bekämpfung von Schadorganismen mit anderen Organismen, wie beispielsweise mit natürlichen Fressfeinden, Parasiten oder Krankheitserregern.

Vier Vorgehensweisen können hierbei unterschieden werden:

- Erhaltung und Förderung natürlicher Feinde durch Schützen ihrer Lebensräume (Vermeidung von Monokulturen und lückenloser Flurberreinigung, stattdessen reichstrukturierte Kleinstlebensräume).
- Zucht und Freisetzung einheimischer Nützlinge.
- Einbürgerung nicht einheimischer Nützlingsarten. Diese Methode verlangt große Vorsicht, Sorgfalt sowie eine genaue Kenntnis der Räuber-Beute-Populationen und der Biologie des auszusetzenden Nützlings, denn es besteht die Gefahr, dass die nicht einheimischen Nützlinge außer den gewünschten Schädlingen auch andere einheimische Lebewesen schädigen.
- Reduktion der Anzahl an Nachkommen der Schädlinge durch Aussetzen von durch Strahlung oder Chemikalien sterilisierten Individuen beziehungsweise durch Aussetzen von Vertretern der gleichen Art aber anderer geografischer Herkunft (d.h. genetisch unverträglicher Individuen), die bei der Paarung mit den „einheimischen“ Individuen keine fruchtbaren Nachkommen hervorbringen.

Im Folgenden sollen zunächst die verschiedenen Methoden der biologischen Schädlingsbekämpfung näher erläutert und verglichen werden, bevor Möglichkeiten, Erfolge aber auch Schwierigkeiten am Beispiel der Gewächshäuser des Botanischen Gartens Freiburgs diskutiert werden.

Biotechnische Schädlingsbekämpfung

Bei der biotechnischen Schädlingsbekämpfung wird die Reaktion von Lebewesen auf physikalische und chemische Reize in einer nicht dem eigentlichen biologischen Sinn dieser Reize entsprechenden Weise ausgenutzt. Zu den physikalischen Methoden zählen optische Reize (Aluminium-Streifen, Vogelscheuchen) und akustische Reize („Starenschreck“, Ultraschall) zur Abschreckung von Vögeln, Säugern und Insekten. Die chemischen Methoden lassen sich nach der Wirkungsweise der verwendeten Stoffe unterteilen in:

- Stoffe, die Schädlinge in eine Falle locken (hierzu gehören Sexuallockstoffe, aber auch das Käsestückchen in der Mausefalle).
- Konfusions- oder Verwirrungsverfahren, bei denen durch ein synthetisch hergestelltes Signalmolekül (Pheromon) einer Insektenart die Kommunikation zwischen den Individuen dieser Art gestört wird. Dies sind sehr wirkungsvolle Verfahren, da die Individuen in einer Population von dieser Kommunikation abhängen und ohne sie der Fortbestand der Population nicht gesichert ist.“. Eine Insektenart verfügt je nach Art und Weise der Kommunikation über sehr unterschiedliche Pheromone. Sie markieren die Stelle, an der bereits Eier abgelegt wurden, signalisieren Gefahr und dienen als Sexualpheromone der Suche nach einem Partner zur Begattung. Alle Pheromone sind spezifisch für eine Insektenart und werden daher nur von der eigenen Art abgegeben und wahrgenommen. Im Konfusionsverfahren wird je nach Art des vorkommenden Schadinsekts ein spezifisches Pheromon ausgebracht, so dass sich eine Pheromonwolke über dem Pflanzenbestand ausbreitet. In dieser Wolke gehen die zur Kommunikation ausgesonderten Spuren der einzelnen Individuen unter. Dieses Verfahren ist besonders effektiv, wenn die vom begattungsreifen ♀ Insekt abgegebene Pheromonspur nicht mehr vom ♂ Individuum aufgenommen werden kann, um den Partner zu finden. So kann die Ablage befruchteter Eier innerhalb eine Population drastisch reduziert werden.
- Stoffe, die die Schädlinge abschrecken (z.B. Mittel wie „Autan“ gegen Stechmücken).

Mechanische Methoden

Hierunter werden Methoden zusammengefasst, bei denen die Schädlinge abgesammelt, abgespritzt, zerdrückt, „erschossen“, in Fallen gefangen oder durch Abschneiden der befallenen Pflanzenteile vernichtet werden. Diese Methode ist nur in kleinen Gärten dauerhaft mit vertretbarem Arbeitsaufwand einsetzbar.

Biologische Schädlingsbekämpfung mit Nützlingen (Antagonisten)

Nützlinge sind räuberische Arten und Parasitoiden, die als Gegenspieler von Schädlingen eingesetzt werden können. Ein Beispiel sind Schlupfwespen, die ihre Eier in die Larven anderer Insekten (auch von Schädlingsinsekten) ablegen. Nach ihrem Schlüpfen fressen die Larven der Schlupfwespen dann die Larven der Schädlinge. Diese biologischen Methoden sind von der Natur abgeschaut. Sie zielen auf ein Gleichgewicht von Schädling und Nützling ab, wobei die Anzahl der Schädlinge unter die Schadensschwelle gebracht werden soll, so dass der wirtschaftliche Schaden klein und vertretbar bleibt.

Setzt man einer aufkommenden Schädlingspopulation natürliche Feinde (Nützlinge) zu, so vermehren sich diese dank des überreichen Nahrungsangebotes zunächst in so starkem Maße, dass am Ende ihre Zahl bei gleichzeitiger Abnahme der Beute so groß wird, dass schließlich Nahrungsmangel herrscht. Dies führt dann wieder zu einer Abnahme der Nützlinge bei einer gleichzeitigen erneuten Zunahme der Schädlinge. Dabei pendelt sich die Populationsgröße der Schädlinge aber auf einem Niveau ein, das deutlich unter dem Ausgangsniveau liegt (siehe Abb.3).

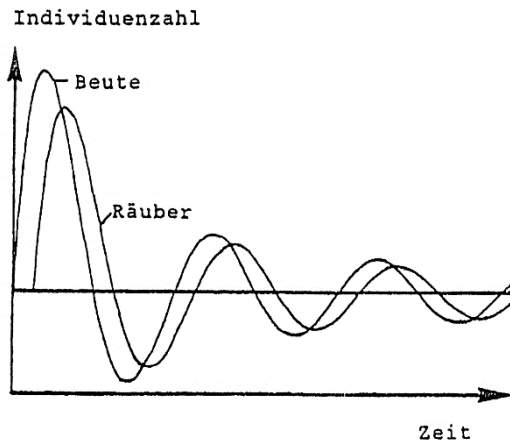


Abb. 3: Variation der Räuber-Beute Population nach dem Lotka-Volterra-Modell. Die Kurve der Räuber ist zu der Kurve der Beute zeitlich versetzt. Die Zahlen von Räuber und Beute pendeln sich auf niedrigem Niveau ein.

So führt ein mehrfaches Durchlaufen dieses Zyklus zu einer im Mittel geringeren Schädlingspopulation, die im Wechsel mit den Nützlingen am Ende auch nur noch geringen Schwankungen unterliegt. Ein Ausrotten der Schädlinge hätte ein Aussterben der Nützlinge zur Folge, was unerwünscht ist, da sonst ein Wiederauftreten des Schädlings zu einer ungehemmten Vermehrung führen würde. Für das Überleben der Populationen von Nützlingen ist es unabdingbar, dass alternative Nahrungsquellen zur Verfügung stehen, wenn die eigentliche Beute oder der Hauptwirt nicht vorhanden sind und/oder die Nützlinge sich an die Ruhephasen der Schädlinge anpassen. Für viele Nützlingsarten (z.B. Raubmilben) bieten blühende Pflanzen mit ihrem Pollen eine eiweißreiche Alternative. In ihrem Lebensrhythmus haben sich viele Räuber und Parasitoide an das Verhalten und den Lebenszyklus ihrer Beute angepasst. In der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Praxis ist es daher wichtig, dass für die Nützlinge eine Vielfalt an Pflanzen in unmittelbarer Umgebung der (Mono-)Kulturen vorhanden sind, die zusätzlichen Unterschlupf und Nahrung für die Nützlinge bieten.

Biologische Schädlingsbekämpfung in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens Freiburg

Die billigste, beste und umweltschonendste Methode der Schädlingsbekämpfung ist, den Befall von vorneherein zu vermeiden. Hierzu müssen die Pflanzen in einem ihren Bedürfnissen möglichst angepassten Lebensraum kultiviert werden. Gesunde, kräftige Pflanzen sind auch besonders widerstandsfähig gegen Schädlingsbefall aller Art. Die Umwelt einer Pflanze wird durch Licht, Luft- und Bodenfeuchte, Nährstoffversorgung und Temperatur bestimmt. Ein meist zu Unrecht wenig berücksichtigter Faktor ist Zugluft, gegen die verschiedene Pflanzenarten sehr empfindlich sind. In Wohnräumen, in denen meist eine eher geringe Luftfeuchte herrscht, die Lichtverhältnisse nicht optimal sind und auch Zugluft nicht zu vermeiden ist, kann man optimale Bedingungen immer nur näherungsweise für bestimmte Pflanzen erreichen. Schon in einem abgeschlossenen Blumenfenster können hinsichtlich Zugluft, Licht (unter Umständen durch Zusatzbeleuchtung) und Luftfeuchte deutlich bessere Lebensbedingungen erzielt werden. Die günstigsten künstlichen Bedingungen trifft man in Gewächshäusern an. Stellt man jedoch, wie dies die Regel ist, Pflanzen aus verschiedenen Biotopen zusammen, müssen

auch hier hinsichtlich der Umweltbedingungen Kompromisse eingegangen werden. Auch Pflanzen, deren Ansprüche auf den ersten Blick sehr ähnlich scheinen, z.B. Pflanzen aus Trockengebieten oder Regenwäldern verschiedener Erdteile, haben zum Teil deutlich unterschiedliche „Spezialwünsche“ bezüglich ihrer Lebensbedingungen.



Abb. 4: Zweipunktmarie (*Adalia bipunctata*) sind wichtige Nützlinge im Freiland und in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens. Sie fressen vor allem als Larven, aber auch als ausgewachsene Tiere eine große Zahl von Blattläusen.

Im Gewächshauskomplex des Botanischen Gartens Freiburg wird den unterschiedlichen Anforderungen dadurch Rechnung getragen, dass in vier Gewächshäusern Pflanzen nach ihren Ansprüchen zusammengestellt sind, die jedoch nur zum Teil dem Klima der Heimat der Pflanzen entsprechen können:

Im **Farnhaus** finden sich neben Farnen und Bärlappgewächsen auch Cycadeen, Diese Pflanzen bevorzugen eine geringe Sonneneinstrahlung und eine hohe Luftfeuchte, d.h. die ein feucht-kühles Klima.

Im **Tropenhaus** ist eine hohe Temperatur (ca. 25 °C) mit einer hohen Luftfeuchte (ca. 70 – 80 %) kombiniert, so dass die Pflanzen aus den feuchten Tropenwäldern der Erde geeignete Wachstumsbedingungen antreffen.

Im **Sukkulentenhaus** werden bei geringer Luftfeuchte, hoher Sonneneinstrahlung und tags warmen und nachts eher kühlen Temperaturen Pflanzen aus verschiedenen Trockengebieten kultiviert (Temperatur und Luftfeuchte entsprechen der Außentemperatur; ab mindestens 10 °C wird die Temperatur konstant gehalten, um Frost zu vermeiden).

Das **Französisch-Guyana Haus** beherbergt ausschließlich tropische Pflanzen der neuen Welt, die vor allem in Surinam, Guyana und Französisch-Guyana heimisch sind oder hier kultiviert werden. Mit einer hohen Luftfeuchte (70 – 80 %) und einer hohen Temperatur (ca. 26 °C) wird ein tropisches Klima geschaffen. Im Gegensatz zum Tropenhaus werden hier allerdings nicht nur Pflanzen kultiviert, die typisch für Tropenwälder sind, sondern auch andere Lebensräume repräsentiert, wie z.B. die Tafelberge, Savannen und Sümpfe der beiden Guyanas und Surinams.

Die abiotischen Lebensbedingungen sind – trotz aller technischen und gärtnerischen Bemühungen um eine naturnahe Gestaltung – auch in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens nur annähernd optimal. Die biotischen Bedingungen, die durch die Interaktion von Lebewesen entstehen, sind gänzlich künstlich. So gehören beispielsweise Tiere (mit Ausnahme der kleinen Pfeiffrösche) in den Gewächshäusern nicht zum festen Bestand, was zur Folge hat, dass bei Einwanderungen von Schädlingen ein Massenbefall meist sehr schnell auftritt, da keine natürlichen Feinde vorhanden sind und ein gleichzeitiges Einwandern derselben extrem unwahrscheinlich ist.

Im Gewächshauskomplex der Universität Freiburg wird seit einiger Zeit versucht, die wichtigsten Schädlinge ausschließlich mit Hilfe biologischer, biotechnischer und mechanischer Verfahren zu bekämpfen.

Tabelle 1: Im Botanischen Garten Freiburg verwendete Nützlingsarten zur biologischen Schädlingsbekämpfung.

Schädlinge	Nützlinge
Fransenflügler (Thysanoptera) (verschiedene Arten)	Raubmilbe (<i>Amblyseius barkeri</i> , <i>A. cucumeris</i>) und Florfliege (<i>Chrysoperla carnea</i>)
Blattläuse (Aphidoidea) (verschiedene Arten)	Zweipunktmarientkäfer (<i>Adalia bipunctata</i>) und Florfliege (<i>Chrysoperla carnea</i>)
Wollläuse bzw. Schmierläuse (Pseudococcidae) (verschiedene Arten)	Australischer Marienkäfer (<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>) und Florfliege (<i>Chrysoperla carnea</i>)
Weißer Fliege (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	Schlupfwespe (<i>Encarsia formosa</i>)
Gemeine Spinnmilbe (<i>Tetranychus urticae</i>)	Raubmilbe (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)
Napfschildläuse (Coccidae) (verschiedene Arten)	Schlupfwespe (<i>Metaphycus flavus</i>)

Bekämpfung der Weißen Fliege mit Hilfe von Schlupfwespen

Die Weiße Fliege oder Gewächshausmottenschildlaus (*Trialeurodes vaporariorum*) tritt ganzjährig auf und vermehrt sich verstärkt in trockenen Spätsommern und im Herbst. Sie ist 1 bis 2mm groß und besitzt einen gelblichen Körper mit weißen Flügeln. Das adulte Insekt ist völlig mit weißem Wachsstaub bedeckt, während die Larven gelbgrün gefärbt sind. Man findet diesen Schädling vor allem an der Blattunterseite. Die auch als Gewächshausmottenschildlaus bezeichnete Weiße Fliege ernährt sich von Pflanzensaft, den sie aus Blättern saugt. Der Schaden wird weniger direkt durch den Saftentzug hervorgerufen (Schadbild: Saugflecken) als vielmehr dadurch, dass der zuckerhaltige Kot (Honigtau) der Tiere auf die Pflanzen tropft, was den Befall durch Pilze fördert. Die Weiße Fliege kann mit Hilfe eines ihrer natürlichen Feinde, der Schlupfwespe (*Encarsia formosa*), sehr effektiv bekämpft werden. Diese sehr

kleine Schlupfwespe (0,6 mm) stammt wahrscheinlich aus den tropischen Wäldern Mittel- und Südamerikas. Sie legt ihre Eier in die halberwachsenen Larven der Weißen Fliege ab, d.h. sie ist ein sogenannter Brutparasit. Die parasitischen Larven fressen dann den Wirtsorganismus von Innen auf, was sich äußerlich in einer Schwarzfärbung der Schädlingslarve zeigt. Bereits nach zwei bis drei Wochen schlüpft die neue Generation von *Encarsia formosa* und beginnt sofort mit der Eiablage in weitere Wirtslarven.



Abb. 5: Die auch als Gewächshausmottenschildlaus bezeichnete Weiße Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*) tritt ganzjährig auf und findet sich vor allem an den Blattunterseiten. © Fotograf: gaucho, 09-01-2005 (Permission GNU Free Documentation License)

Die Schlupfwespe *Encarsia formosa* wird in Spezialbetrieben in Massenzuchten vermehrt und auf Kartonstreifen verschickt, die ungefähr an jede vierzigste Pflanze angebracht werden sollen. Die Kartonstreifen enthal-

ten 40 bis 50 von den Schlupfwespen parasitierte, schwarzgefärbte Puppen der Weißen Fliege, in denen sich dann die Schlupfwespen entwickeln. In Freiburg hat sich diese Methode seit mehr als 30 Jahren in jeder Hinsicht bewährt. Die Nützlinge wurden erstmals im Frühling 1986 im Sukkulentenhaus ausgebracht, von wo sie sich auch in den übrigen Gewächshäusern ausbreiteten. Es hat sich gezeigt, dass die Vermehrung der Nützlinge in den Gewächshäusern nicht ausreicht, weshalb regelmäßig Schlupfwespen dazugekauft und ausgesetzt werden. Hierdurch hat sich langfristig ein Gleichgewicht eingestellt, wobei die Schädlingspopulation unterhalb der Schadensschwelle liegt, die Schädlinge aber nie gänzlich verschwinden, so dass die Schlupfwespe immer ihren Entwicklungszyklus durchlaufen kann. Je höher die Temperatur im Gewächshaus ist, desto besser vermehrt sich *Encarsia formosa*. Die Temperatur darf jedoch nie unter 15 °C fallen, da die Schlupfwespe sonst abstirbt. Dies ist einer der Gründe, aus denen Schlupfwespen in jedem Frühjahr zur Stützung der Population neu ausgebracht werden müssen.

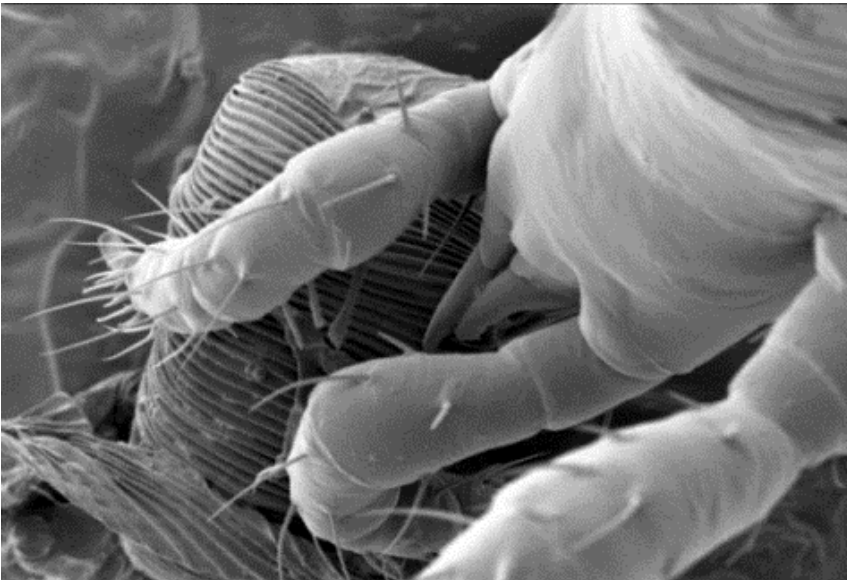


Abb. 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Raubmilbe (*Typhlodromus pyri*), die eine Pockenmilbe frisst. © Klaus Duffner WBI Freiburg und Marcel Düggelin, NanolmagingLab Universität Basel)

Bekämpfung von Spinnmilben mit Hilfe von Raubmilben

Es gibt verschiedene Arten von Spinnmilben, die grün, gelb oder rot gefärbt sein können. Sie sind ca. 0,5 mm groß. Die schädlichsten Arten sind die gelbgefärbte Gemeine Spinnmilbe (*Tetranychus urticae*) und die rot gefärbte Obstbaumspeinnmilbe (*Panonychus ulmi*), die auch Rote Spinne genannt wird. Die Spinnmilben leben an der Blattunterseite, wo sie die äußersten Blattzellen aussaugen. Dadurch zerfällt das Blattgewebe und die Blätter fallen vorzeitig ab. Ein Befall mit Spinnmilben erkennt man daran, dass die befallenen Pflanzen von einem feinen, aber dichten Spinnmilbennetz überzogen sind.

Die Raubmilbe (*Phytoseiulus persimilis*) kann zur Bekämpfung der Spinnmilben eingesetzt werden. Sie stammt aus Chile und benötigt für eine ungestörte Entwicklung Temperaturen von mindestens 20°C. Im Gegensatz zur Schlupfwespe saugt die erwachsene Raubmilbe die Spinnmilben aus, das heißt in diesem Fall wird eine Räuber-Beute-Beziehung zur Schädlingsbekämpfung ausgenutzt, während die Schlupfwespe ein Brutparasit des Schädlings ist. Aufgrund der hohen benötigten Temperatur stellt sich auch in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens Freiburgs ein Gleichgewicht zwischen Spinn- und Raubmilben jeweils nur zwischen Frühjahr und Herbst ein. Im Frühjahr des Folgejahres müssen die Raubmilben dann jeweils rechtzeitig ausgebracht werden. Hierzu wird die Raubmilbe *P. persimilis* käuflich erworben. Die Lieferung erfolgt auf Bohnenblättern, die stückweise auf die Blätter der befallenen Pflanzen gelegt werden müssen. Sie benötigen allerdings eine gewisse Anlaufzeit. Deshalb muss die Raubmilbe sofort nach erstem Auftreten des Schädlings ausgebracht werden.

Bekämpfung von Blattläusen und Woll- bzw. Schmierläusen durch Marienkäfer

Der Australische Marienkäfer (*Cryptolaemus montrouzieri*) zählt zu den wichtigsten Nützlingen zur Bekämpfung verschiedener Schmierlausarten, die auch Wollläuse genannt werden (Pseudococcidae). Während die Larven des Australischen Marienkäfers nur junge Schmierläuse und deren Eier aussaugen, nehmen die adulten Käfer alle Schädlingsstadien als Nahrung an. Dabei kann ein Individuum im Verlauf seines Lebens

über 300 dieser Schädlinge vertilgen. Die Entwicklung der Australischen Marienkäfer ist stark temperaturabhängig. So dauert ein Entwicklungszyklus bei 18°C etwa 70 Tage, während er bei 30°C nur 25 Tage benötigt. Bei unter 10°C stellt *Cryptolaemus montrouzieri* die Nahrungsaufnahme ein und Temperaturen unter dem Gefrierpunkt führen zum Absterben aller Stadien. In Mitteleuropa ist daher der Einsatz dieser Nützlinge nur in geschlossenen Räumen möglich (Wintergärten, Gewächshäuser, etc.). Der Australische Marienkäfer wird – abhängig vom Schädlingsbefall – mehrmals im Jahr in den Schauhäusern des Botanischen Gartens ausgebracht.



Abb. 7: Schmierlaus auf dem sukkulenten Wolfsmilchgewächs *Euphorbia susannae*. © Frank Vincentz, 26-01-2007 (Permission GNU Free Documentation License)

Neben dem Australischen Marienkäfer wird im Botanischen Garten auch der Zweipunktmarientkäfer (*Adalia bipunctata*) zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Anders als sein Verwandter, *C. montrouzieri*, ernähren sich sowohl die Larven als auch die ausgewachsenen Tiere vorwiegend von verschiedenen Blattlausarten. Außerdem kann diese einheimische Marienkäferart sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus ausgebracht werden. Dabei frisst eine Larve bis zu 150 Blattläuse pro Tag und ein erwachsener Käfer erbeutet täglich bis zu 50 Blattläuse.



Abb. 8: Der Siebenpunktmarientkäfer (*Coccinella septempunctata*) ist wie der Zweipunktmarientkäfer (*Adalia bipunctata*, siehe Abb. 4) ein wichtiger einheimischer Nützling, der in großer Zahl Blattläuse frisst.

Seit den 80er Jahren wurde zunehmend der Asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridis*) als effektives Mittel gegen Blattlausbefall vielerorts in Europa ausgebracht. Ein Individuum dieser Art frisst bis zu 250 Blattläuse

pro Tag. Der Asiatische Marienkäfer konnte sich aufgrund seiner Temperaturunempfindlichkeit erfolgreich im Freiland etablieren und ist heute fast in ganz Europa verbreitet. Er verdrängt als invasive gebietsfremde Art (Neozoon) zunehmend heimische Arten, wie beispielsweise den Siebenpunkt-Marienkäfer (*Coccinella septempunctata*) oder den Zweipunkt-Marienkäfer (*Adalia bipunctata*). Diese höhere Konkurrenzfähigkeit liegt in einer Reihe für ihn vorteilhafter Eigenschaften begründet. Er vermehrt sich schneller und ist aggressiver als die einheimischen Arten. Er hat in Europa weniger natürliche Feinde als in seinem Herkunftsgebiet. Er ist robust und anpassungsfähig, auch was sein Beutespektrum betrifft. So frisst er neben diversen Blattlausarten (darunter sogar die Holunderblattlaus (*Aphis sambuci*), die einen Giftstoff absondert) auch andere Insekten sowie deren Larven und Eier. Zu seiner Beute gehören einheimische Käferlarven, darunter z.B. auch die von *C. septempunctata* oder bei hoher Populationsdichte sogar seine eigenen Artgenossen. Um das Gleichgewicht des Ökosystems zu schützen, wird im Botanischen Garten in Freiburg auf den Einsatz dieser invasiven, gebietsfremden Art verzichtet. Es werden vielmehr die einheimischen Florfliegen und der Zweipunkt-Marienkäfer sowie (in den Gewächshäusern) der aufgrund seiner Temperaturempfindlichkeit für einheimische Arten unkritische Australische Marienkäfer als Nützlinge gegen Blattläuse verwendet.

Bekämpfung von Blattläusen und Fransenflügler durch die Gemeine Florfliege

Die Familie der Florfliegen (Chrysopidae), auch Goldaugen genannt, gehört zu der Ordnung der Netzflügler (Neuroptera). Das netzartige Muster der Flügelnervatur der durchsichtigen Flügelpaare wird auch als „Flor“ bezeichnet und liegt dem deutschen Namen dieser Familie zu Grunde. Der Name „Goldauge“ bezieht sich auf den metallisch-bronzenen Glanz der Facettenaugen der adulten Tiere einiger Arten bezieht. Von den etwa 2000 Arten weltweit kommen in Europa 70 Arten vor, wobei 35 Arten in Mitteleuropa als heimisch gelten. Die in Deutschland bekannteste und am weitesten verbreitete Art ist die Gemeine oder Grüne Florfliege (*Chrysoperla carnea*). Es handelt sich dabei um einen Nützling mit einem großen Wirkungsspektrum gegen eine Reihe verschiedener Schädlingarten in Freilandgärten und Gewächshäusern. Unter anderem deshalb wurde die Grüne Florfliege 1999 zum „Insekt des Jahres“ gewählt.



Abb. 9: Die Grüne Florfliege (*Chrysoperla carnea*) ist ein Nützling mit einem großen Wirkungsspektrum, deren Larven neben Blattläusen auch Spinnmilben, Thripse, Weiße Fliegen und Schmierläuse fressen.

Das ausgewaschene Tier ist als Blütenbesucher, der sich von Nektar, Pollen und „Honigtau“ – den süßen, zuckerhaltigen Ausscheidungen von Blattläusen – ernährt, für viele Pflanzen ein wichtiger Bestäuber. Im Laufe ihres Lebens legt ein Florfliegenweibchen mehrere Hundert Eier (100-900) vor allem auf von Schädlingen befallenen Pflanzen ab. Nach etwa zwei Wochen schlüpfen die Larven und beginnen diese Schädlinge zu fressen. Die bevorzugte Nahrung der räuberischen Larven sind vor allem Blattläuse. Daher werden sie auch als „Blattlauslöwen“ bezeichnet. Bei der Wahl der Beute sind sie allerdings nicht wählerisch und jagen ebenso Spinnmilben, Thripse, Weiße Fliegen, Schmierläuse oder andere Kleininsekten. Dabei sticht die Larve mit ihren langen Mundwerkzeugen die Beute an und injiziert ein Verdauungssekret. Anschließend saugt die Larve das Tier aus und hinterlässt die leere Hülle, d.h. das Außenskelett, der Beute. Bei Nahrungsknappheit kommt es zu Kannibalismus und die Larven fressen sich gegenseitig auf. Aus diesem Grund werden Florfliegenlarven in einer Pappwabe mit Einzelzellen für jedes Tier angeliefert

und direkt auf eine befallene Pflanze ausgebracht. Im Botanischen Garten Freiburg wird diese Art mehrmals im Jahr in den Schauhäusern eingesetzt und hat sich als „Universal-Nützling“ langfristig bewährt.

Weitere Methoden der Schädlingsbekämpfung im Botanischen Garten Freiburg

Daneben werden in den Gewächshäusern deshalb auch „biologische“ Spritzmittel verwendet, bzw. wird es versucht, die Schädlinge durch konventionelle, mechanische Methoden wie Absammeln, Abspritzen mit einem scharfen Wasserstrahl oder Zerdrücken zu bekämpfen. Unter „biologisch“ versteht man hier umgangssprachlich, dass die Spritzmittel aus Pflanzenextrakten gewonnen werden. Sie sind deshalb (meist) weniger giftig und schnell abbaubar. Im Botanischen Garten Freiburg werden Brennnessel- und Schachtelhalmbrühe gegen Blattläuse eingesetzt. Ein aus *Chrysanthemum*-Arten gewonnener, im Handel unter dem Namen Pyrethrum geführtes Extrakt wird mit wechselndem Erfolg gegen Schildläuse eingesetzt. Versagen diese Mittel, muss eine Schadensabwägung erfolgen. Der Schaden, den chemisch-synthetischer Giftstoffe bei verschiedenen empfindlichen Pflanzen und tierischen Nützlingen verursacht, ist dem durch die Schädlinge selbst hervorgerufenen Schaden gegenüberzustellen.

Ein biotechnisches Verfahren, dass im Botanischen Garten Freiburg gegen die Weiße Fliege und gegen Trauermücken (Familie Sciaridae) angewandt wird, arbeitet mit leuchtendgelben, mit Leim bestrichenen Platten. Diese locken bestimmte Insekten durch den gelben Farbreiz an, wobei sie an dem Leim kleben bleiben und dadurch sterben. Daneben wurde auch versucht, die immer wieder im Gewächshaus auftretenden Schwebfliegen, Marienkäfer und Florfliegen auf Dauer zu kultivieren, was jedoch nur kurzfristig gelingt, da die Nützlinge ebenso schnell ab- wie zuwandern. Deshalb müssen diese Nützlinge immer wieder neu eingesetzt werden, um die Nützlingspopulationen hoch genug zu halten. Bei diesen drei Gruppen handelt es sich um sehr effiziente Blattlausvertilger. Viele weitere Insekten decken ebenfalls zumindest einen Teil ihres Nahrungsbedarfes mit Pflanzenschädlingen. Unter anderem deshalb sollten Insekten und Spinnentiere in Gärten stets geschont und nicht unbedacht vernichtet werden.

Trotz guter Erfolge muss die biologische Schädlingsbekämpfung im Botanischen Garten Freiburg wie überall kontinuierlich weiterentwickelt werden. So sind zum einen nicht von allen Schädlingen die (natürlichen) Feinde bekannt, bzw. nicht im Handel erhältlich. Zum anderen treten, wenn natürliche Feinde gegen einige Schädlingsarten ausgebracht wurden, andere bis dahin weniger in Erscheinung getretene Schädlinge und vor allem Pilzbefall vermehrt auf, so dass man manchmal doch zu chemischen Mitteln greifen muss, um größeren Schaden zu vermeiden.

Im Freiland des Botanischen Gartens Freiburg ist chemische Schädlingsbekämpfung nur noch in wenigen Ausnahmen nötig. Infolge des Schutzes der vielen dort vorkommenden Vogelarten und vieler anderer schädlingvertilgender Lebewesen, wie der verschiedenen Frosch- und Krötenarten sowie Igel und Fledermäusen, herrscht hier (fast ständig) ein Gleichgewicht zwischen Nützlingen und Schädlingen. Um möglichst viele und verschiedenartige Nützlinge zu erhalten, wird im Botanischen Garten der Universität Freiburg Wert auf viele kleinräumige Lebensräume gelegt, die den Nützlingen gute Lebensbedingungen bieten. Auch aus diesem Grund wurde bewusst auf einen eher sterilen, parkartigen Charakter verzichtet und in vielen Teilbereichen des Gartens eine naturnahe Bepflanzung angelegt. Im Freiland des Botanischen Gartens ist dennoch vor allem in zwei Fällen chemische Spritzung notwendig:

- Bei extremem Blattlausbefall an bestimmten Pflanzengruppen, wobei nur die befallenen Pflanzen bzw. Pflanzengruppen gezielt gespritzt werden.
- Bei den wenigen im Botanischen Garten kultivierten hochgezüchteten Kulturformen wie vielen Rosen- und Weinsorten, die vor allem gegen Pilzkrankheiten regelmäßig gespritzt werden müssen.

Auch in diesen Fällen wird jedoch möglichst wenig, sowie mit umweltschonenden und schnell abbaubaren Produkten gespritzt. Ein großflächiges und schematisch nach bestimmten Rhythmen ablaufendes Spritzprogramm wäre nicht nur sehr teuer, sondern würde auch viele Nützlinge vernichten. Im Freiland bauen sich Populationen von Schädlingen in der Regel in Abhängigkeit von den herrschenden Witterungsbedingungen innerhalb eines überschaubaren Zeitraums auf. Das Beobachten der

Schädlinge ist daher eine wichtige Maßnahme, gezielt gegen sie vorzugehen. Ein wichtiges Hilfsmittel hierzu sind Fallen, die aus einfachen, mit Leim bestrichenen gelben Kunststoffflächen bestehen. Sehr spezifisch sind Fallen, die mit Sexuallockstoffen der einzelnen Schädlingsarten bestückt sind und in denen männliche Individuen der Art gefangen werden. Durch Auszählen der Fänge lässt sich erkennen, ob eine kritische Größe der Schädlingspopulation erreicht ist. Für manche Schädlingsart kann zudem mit Hilfe von Modellen, die die Korrelation zwischen Witterung und Populationsdynamik berücksichtigen, ermittelt werden, ob und wann die Schadensschwelle überschritten wird.



Abb. 10: Marienkäferlarve, ein wichtiger Nützling gegen Blattläuse. Im Larvenstadium fressen die einheimischen Marienkäferarten mehr Blattläuse als die adulten (ausgewachsenen) Käfer.

Mit dem gezielten Einsatz von Insektiziden wird der Schaderreger sicher erfasst und es werden unnötige Applikationen vermieden. Dies ist auch unter dem Gesichtspunkt der Resistenzbildung bei den Schädlingen von großer Wichtigkeit. Unter Resistenz versteht man die Unempfindlichkeit (Immunität) von Schädlingen gegen ein oder häufig auch mehrere der in großen Mengen angewandten Pestizide. Die Ursache der Resistenz liegt

in der sehr spezifischen Wirkungsweise der Pestizide begründet. Die Wirkstoffe beeinflussen meist nur einen bestimmten Schritt im Stoffwechsel der Schädlinge oder ihrer Larven, so dass nur einzelne Stoffwechselwege gehemmt werden. Zufällige Mutationen (Veränderungen des Erbgutes), die in jeder Population (gemeinsam lebende Gruppen von Lebewesen einer Art) immer auftreten, können nun zu Individuen führen, deren Stoffwechsel so verändert ist, dass sie immun gegen das Pestizid sind. Ohne den Einsatz von Pestiziden würden solche Mutationen keinen evolutiven Vorteil (d.h. keinen höheren Fortpflanzungserfolg) bewirken. Da ja nur nicht mutierte Individuen zugrunde gehen, sind beim Einsatz von Pestiziden die mutierten Individuen derart begünstigt, dass sich die Erbanlagen dieser Individuen in der Population schnell ausbreiten, bis schließlich nur noch immune Individuen existieren. Je seltener ein Wirkstoff appliziert wird, desto geringer ist der Selektionsdruck, der resistente Individuen innerhalb einer Population begünstigt.

Wann und wo lohnt sich die biologische Schädlingsbekämpfung?

Auf die Vorteile der biologischen Schädlingsbekämpfung wie Selektivität, kein Auftreten resistenter Mutanten, nur geringer Eingriff in die Natur und keine oder geringe Probleme mit dem Abbau der gegebenenfalls eingesetzten Stoffe wurde bereits oben eingegangen. Ein weiterer Vorteil, vor allem für die Anwendung in Gärtnereien und in der Landwirtschaft, betrifft die Kosten. Sinnvoll angewandt sind biologische Schädlingsbekämpfungsmethoden zumindest auf Dauer wesentlich preiswerter und weniger arbeitsintensiv als chemische. Diese wirtschaftlichen Argumente helfen vielleicht, den gewohnheitsmäßigen Einsatz ersetzbarer chemischer Spritzmittel einzudämmen.

Bei landwirtschaftlichen Betrieben beispielsweise ließen sich im Freiland durch kleinere Parzellierung und den Erhalt kleiner Bereiche natürlicher Vegetation (z.B. Hecken an Feldsäumen) kostengünstig Lebensräume für Nützlinge schaffen. Es muss berücksichtigt werden, dass ein Nebeneinander von chemischer und biologischer Schädlingsbekämpfung häufig nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Auf jeden Fall muss für jedes chemische Präparat neben einer Abwägung seiner Giftigkeit auch geprüft werden, ob es nicht auch die Nützlingspopulation (in zu starkem Maße) dezimiert.



Abb. 11: Auch viele Spinnenarten, wie z.B. Springspinnen, leisten einen wichtigen Beitrag zur Schädlingsbekämpfung und sollten auf keinen Fall aus Gärten entfernt werden, sondern als Helfer gegen Schädlinge geschützt werden.

Für private Haushalte kommen nur bestimmte Methoden der biologischen Schädlingsbekämpfung in Frage. So lässt sich mit Hilfe von Nutzinsekten ein dauerhaftes Gleichgewicht der Nützlinge und Schädlinge meist erst ab einer gewissen Größe des bepflanzten Areals erreichen. Die unterste Grenze hierfür bilden die Wintergärten und unter Umständen geschlossene Blumenfenster. Ein zweiter Punkt ist die sicher nicht immer erwünschte Anwesenheit von Nützlingen im Schlaf- und Wohnbereich. Bei Wintergärten ist diese Angst unbegründet, da die Nützlinge zwischen den Pflanzen des Wintergartens weitaus bessere Lebensbedingungen vorfinden, so dass sie gewöhnlich nicht in den Wohnbereich vordringen. Für Zimmerpflanzen eignen sich die relativ arbeitsaufwendigen Methoden des Absammelns, Zerdrückens, Abspritzens und Abreibens, da die Zahl der Pflanzen meist relativ gering ist. Dies ist vor

allem beim Beginn eines Schädlingsbefalls sinnvoll und kann eine weitere Ausbreitung verhindern. Begleitend, bzw. bei stärkerem Schädlingsbefall sollte auf ein möglichst mildes und spezifisch wirkendes Spritzmittel zurückgegriffen werden, wie beispielsweise auf das sich im Tageslicht schnell zersetzende Pyrethrum-Extrakt (aus aufgereinigtem Pyrethrum bzw. natürlichen Pyrethrinen), welches allerdings auch Nutzinsekten abtötet und sehr giftig für Fische ist. Auf hochgiftige Spritzmittel ist nicht nur im Sinne der Umwelt, sondern auch zum Schutz der Bewohner zu verzichten.

Resistente Sorten – hilfreich im biologischen Pflanzenschutz

Sorten von Zier- und Nutzpflanzen für Gewächshaus und Garten, die über eine Resistenz gegen tierische Schaderreger verfügen, stehen leider immer noch nur begrenzt zur Verfügung. Dagegen wurden in letzter Zeit große Fortschritte bei der Züchtung von Sorten mit Resistenz gegen Pilzkrankheiten erzielt. Wenn diese Sorten verwendet werden, kann auf eine Behandlung mit Fungiziden verzichtet werden. Hierdurch werden auch nützliche Tierarten geschont, da auch Fungizide häufig Nebenwirkungen gegen Nützlinge aufweisen. Bei der Zulassung dieser Fungizide werden zwar Prüfungen durchgeführt, mit denen die Ungefährlichkeit der Wirkstoffe für eine Reihe von Nützlingen bestätigt werden muss, aber gänzlich ist eine Nebenwirkung nie auszuschließen. So ist vor allem bei Rosen eine große Vielfalt an Sorten auf dem Markt, die ausreichende Resistenz gegen Mehltau (*Podosphaera pannosa*) und Sternrußtau (*Diplocarpon rosae*) besitzen. Auch bei anderen Zier- und Nutzpflanzen sind inzwischen Sorten mit Resistenz gegen Pilzkrankheiten erhältlich. Für öffentliche Gartenanlagen und Privatgärten sollte darauf geachtet, ob resistente Sorten zur Verfügung stehen. Im Botanischen Garten kann aufgrund seiner Zielsetzung nicht immer auf resistente Sorten zurückgegriffen werden, da hier mit Ausnahme des Bereichs „Gartenpflanzen und neue Sorten“ überwiegend Wildarten gezeigt werden.

Herausgegeben vom Botanischen Garten der Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg i. Br.

Direktor: Prof. Dr. Thomas Speck

Text: Hanns-Heinz Kassemeyer, Rebecca Behrendt & Thomas Speck

Layout & Herstellung: Diana Hulea, Friederike Gallenmüller & Rebecca
Behrendt

2020 überarbeitet und erweitert