

5 Verhinderung oder Begrenzung des Befalls durch den gezielten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Pflanzenstärkungsmitteln und den Biologischen Pflanzenschutz

Heitefuss, R., Jahn, M. und Klingauf, F.

In den Grundsätzen zur Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz wird formuliert:

"Stehen keine anderen praktikablen Möglichkeiten der Schadensabwehr zur Verfügung, so ist die Anwendung eines geeigneten, für das jeweilige Anwendungsgebiet zugelassenen oder genehmigten Pflanzenschutzmittels vorzusehen."

Das Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (1998) führt dazu aus: "Zur guten fachlichen Praxis gehört, dass die Grundsätze des Integrierten Pflanzenschutzes (...) berücksichtigt werden."

Der Integrierte Pflanzenschutz wird definiert als "Eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird" (vergl. Kapitel 12).

Burth et al. (2002) bezeichnen das im Gesetz angesprochene notwendige Maß als "die Menge von Pflanzenschutzmitteln, die notwendig ist, um die Wirtschaftlichkeit (eines Betriebes, einer Kultur) zu sichern, weil keine anderen, praktikablen Abwehr- und Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung stehen. Es steht in einem Spannungsfeld zwischen der ökonomisch bestimmten Intensität der Produktion und den Erwartungen und Forderungen des Verbraucher- und Umweltschutzes."

Vor diesem Hintergrund ist die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Landwirtschaft, Garten- und Obstbau zu sehen. Allerdings muß festgestellt werden, dass sowohl im konventionellen als auch im integrierten Landbau der chemische Pflanzenschutz zu einem unverzichtbaren Bestandteil der Produktionssysteme im Hinblick auf Ertragssicherung, Ertragssteigerung, Qualitätssicherung und Arbeitserleichterung geworden ist. Auch der ökologische Landbau kommt, z.B. im Kartoffelbau, nicht ganz ohne den chemischen Pflanzenschutz aus.

Für die Anwendung chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel stehen in

Deutschland derzeit etwa 990 zugelassene Präparate zur Verfügung, die auf ca. 280 verschiedenen Wirkstoffen basieren. In Deutschland stehen bei der jährlich abgesetzten Wirkstoffmenge die Herbizide im Vordergrund, dicht gefolgt von den Fungiziden, während die Insektizide nur einen relativ geringen Anteil ausmachen (Tab. 1). Mengenmäßig liegt der größte Einsatzbereich entsprechend der höchsten Anbaufläche im Getreidebau. Bezogen auf die Fläche, steigt der Einsatz von PS-Mitteln in der Regel mit zunehmender Intensität des Produktionssystems. So liegt er im Ackerbau niedriger als z.B. in Sonderkulturen wie im Obst und Weinbau.

Tab 1: Abgesetzte Wirkstoffmenge in Deutschland [Tonnen], IVA Mitgliedsfirmen (Jahresbericht 2002/2003, Industrieverband Agrar)

	1998	1999	2001	2002
Herbizide	16 667	15 404	13 337	12 135
Fungizide	9 415	9 266	8 418	9 713
Insektizide	1 057	962	868	737
Sonstige	3 747	2 848	3 601	4 050
Summe	30 886	28 480	26 224	26 635

Die tatsächliche Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands wurde für die Vegetationsperiode 1999/2000 im sog. Projekt NEPTUN repräsentativ erfaßt (Roßberg et.al., 2002). Die Analyse dieser Daten bot die Möglichkeit, unter Berücksichtigung von definierten Boden-Klima-Regionen und Fruchtarten dem objektiv notwendigen Maß der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel näher zu kommen. Aus der Anzahl der in einer Fruchtart eingesetzten PS-Mittel, normiert auf die Anbaufläche der Fruchtart, und die in der Zulassung ausgewiesene Aufwandmenge errechnet sich ein "normierter Behandlungsindex". Die maximal tolerierbare PS-Intensität wird in diesem Modell aus dem Mittelwert des normierten Befallsindex plus der Standardabweichung der erhobenen Daten abgeleitet (vergl. Kapitel 12). Je nach Region oder Fruchtart ergeben sich dabei deutliche Unterschiede. So weist der Weizen z.B. in der Großregion mit intensiver Produktion den Mittelwert 4,7, die Kartoffel den Mittelwert 8,6 der Behandlungsindizes auf (Burth et al., 2002). Hier spiegelt sich die höhere Pflanzenschutzintensität im Kartoffelbau wider.

Für den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Obstbau, im Hopfen und in

Erdbeeren liegen im Projekt NEPTUN 2001 gleichfalls entsprechende Erhebungen vor (Roßberg, 2003).

Im Vergleich zum Ackerbau liegen die Behandlungsindizes beträchtlich höher, insbesondere beim Apfel. Hier resultiert der Zwang zum mehrmaligen Fungizideinsatz im normierten Behandlungsindex von 21,75 (für Deutschland), mit leichten Unterschieden zwischen den einzelnen Anbauregionen. Für Insektizide liegt der Index mit 4,83 deutlich niedriger, Herbizide fallen mit 1,43 weniger ins Gewicht.

Andere Erhebungen versuchen, anhand der Aufwandmenge / ha und dem behandelten Anteil der Flächen das Ausmaß des chemischen Pflanzenschutzes in verschiedenen Kulturen vergleichend zu charakterisieren (Kamphues, 1989, Wick und Roßberg, 2003). In den vergangenen Jahren sind jedoch die Aufwandmengen drastisch zurückgegangen. Bei den Herbiziden sind z.B. bei der Gruppe von Sulfonylharnstoffen nur noch Mengen im Bereich von 20 - 30 g/ha erforderlich, bei den Insektiziden ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Eine reine Mengenbetrachtung sagt daher für das Ausmaß des chemischen Pflanzenschutzes bzw. die Qualität der Ernteprodukte nur wenig aus. Auch der Vergleich der Pflanzenschutzkosten je Fruchtart und Fläche kann nur als Anhaltspunkt dienen, ist jedoch für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit eines Produktionssystem von Bedeutung.

Nach welchen Kriterien werden nun im Ackerbau, Garten- und Obstbau Pflanzenschutzmittel angewendet und spielen dabei nicht nur produktionstechnische Bestimmungsgründe, sondern auch Aspekte des Umweltschutzes und des Verbraucherschutzes eine Rolle?

Zunächst ist festzuhalten, dass gemäß der im Pflanzenschutzgesetz geregelten "Indikationszulassung" ein Pflanzenschutzmittel nur in den festgesetzten Anwendungsgebieten und nach den Anwendungsbestimmungen eingesetzt werden darf, z.B. zur Blattlausbekämpfung im Getreide oder zur Bekämpfung von Blattkrankheiten in Zuckerrüben usw. Diese sind auf der Gebrauchsanleitung exakt angegeben, darüber hinaus auch die einzuhaltenden Abstandsaufgaben, (z.B. zu Gewässern) und Angaben zur sachgerechten Anwendung. Wirtschaftliche Gesichtspunkte haben die Konsequenz, dass die Pflanzenschutzindustrie im wesentlichen nur noch Mittel für große Kulturen zur Zulassung bringt. Das hat zu beträchtlichen Engpässen bei der Verfügbarkeit geeigneter PS-Mittel für kleinere Kulturen, wie z.B. im Gemüsebau geführt. Inzwischen konnten diese "Indikationslücken" durch ein besonderes Genehmigungsverfahren weitgehend geschlos-

sen werden (Pallut et al., 2002).

Als von den Zulassungsbehörden festgelegtes Kriterium für den Termin der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels ist die sog. "Wartezeit" einzuhalten. Das heißt, zwischen letzter Anwendung und Erntetermin muß je nach Mittel und Kultur ein bestimmter Zeitraum liegen, innerhalb dessen der Abbau des Wirkstoffes bis unter die festgesetzte Rückstands - Höchstmenge gewährleistet ist (vgl. Kapitel 8). Die Einhaltung dieser Wartezeit ist im Obst- und Gemüsebau bei den oft unmittelbar verzehrten Ernteprodukten von ganz besonderer Bedeutung, um den Schutz des Verbrauchers vor überhöhten Rückständen sicherzustellen.

Unabhängig von den zwingend zu beachtenden Kriterien hat der Landwirt über die Notwendigkeit und den Termin der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu entscheiden. Er kann ein Mittel vorbeugend, prophylaktisch bzw. protektiv einsetzen, oder er wendet ein Mittel kurativ zur Abwehr eines bereits eingetretenen Befalls möglichst gezielt an.

Protektiv werden z.B. Mittel zur Saatgutbehandlung verwendet. Entsprechende Fungizide und / oder Insektizide schützen das Saatgut und den Keimling vor dem Befall durch samen- oder bodenbürtige Pilze oder vor Insektenfraß. Werden hier systemische Wirkstoffe eingesetzt, so ist auch die junge Pflanze noch eine Zeitlang gegen Befall geschützt. Im Bezug auf das Risiko für den Verbraucher durch Rückstände im Ernteprodukt ist die Saatgutbehandlung als sehr günstig zu beurteilen. Seit dem Verbot der persistenten, chlorierten Kohlenwasserstoffe ist mit Rückständen aus derartigen Anwendungen kaum noch zu rechnen.

Spritzmittel werden im etablierten Pflanzenbestand, je nach Wirkstoff und Art des zu bekämpfenden Schadorganismus und der Kultur sowohl protektiv als auch kurativ eingesetzt. Ältere, nicht systemische Mittel, wie z.B. die Kupferpräparate oder die Thiocarbamate, wirken überwiegend protektiv. Im Kartoffelbau zur Bekämpfung der Kraut -und Knollenfäule oder im Weinbau zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus müssen Mittel dieser Gruppen rechtzeitig vor einem Befall und dann auch meistens wiederholt angewandt werden. Die neueren systemischen oder teilsystemischen Wirkstoffe wirken überwiegend kurativ und protektiv. Ein bereits bestehender Befall kann noch abgestoppt werden, darüber hinaus wird ein mehr oder weniger langer Schutz der Pflanze vor Neubefall erreicht.

Um einerseits unnötige Anwendungen zu vermeiden, andererseits aber möglichst gezielt zum epidemiologisch günstigsten Zeitpunkt mit einem geeigneten PS-Mittel eingreifen zu können, stehen dem Landwirt heute eine Reihe von Prognosemodellen, Entscheidungshilfen und Expertensysteme zur Verfügung (vergl.

Heitefuss, 2000). Die bereits von Ullrich und Schrödter (1966) entwickelte Negativprognose zur gezielten Bekämpfung der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) wurde inzwischen als rechnergestütztes Entscheidungsmodell SYMPHYT weiter verbessert und hat sich in der Praxis des Kartoffelbaus bewährt (Kleinhenz und Jörg, 1998, Roßberg et al., 2001). Zur gezielten Bekämpfung von Pilzkrankheiten im Weizen hat das "IPS - Weizenmodell Bayern" (Hoffmann et al., 1991) Anwendung gefunden. Das Expertensystem "proPLANT" bietet eine schlagbezogene Beratung auf der Basis des aktuellen Infektionsgeschehens von Pilzen und der Befallsentwicklung von Schädlingen zur optimierten Wahl von Bekämpfungsterminen und geeigneten Mitteln in Getreide, Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben an (Epke et al., 1996, www.proPlantexpert.com, 2003). In der Entwicklung befindet sich das Informationssystem "ISIP", das u.a. durch Nutzung von Prognosemodellen und Entscheidungshilfen der ZEPP-Arbeitsgruppe die Kriterien eines Integrierten Pflanzenschutzes im Rahmen einer Integrierten Pflanzenproduktion stärker in die Entscheidungen einbezieht (Kleinhenz und Röhrig, 2003).

Einige dieser Systeme nutzen als Anhaltspunkte für den Einsatz der PS-Mittel bestimmte Schwellenwerte (vgl. Heitefuss, 2000; Lauenstein, 1992; LWK Weser-Ems, 2001).

Die wirtschaftliche Schadensschwelle ist die zu einem gegebenen Zeitpunkt vorhandene Populationsdichte eines Schaderregers oder das Ausmaß einer Erkrankung oder Verunkrautung, die bei Nichtbekämpfung Schäden in der gleichen Höhe verursachen würde, wie an Kosten für die Bekämpfungsmaßnahme entstehen.

Die Bekämpfungsschwelle ist die Populationsdichte, bei der Bekämpfungsmaßnahmen eingeleitet oder durchgeführt werden, um das Erreichen der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu verhindern (Heitefuss, 2000).

Die Bekämpfungsschwelle trägt einem höheren Sicherheitsbedürfnis Rechnung, zumal die Schwellenwerte (auch Bekämpfungsrichtwerte genannt), gelegentlich unsicher und von zahlreichen biologischen, produktionstechnischen und wirtschaftlichen Faktoren abhängig sind. Nicht für alle Kulturen und Schaderreger sind Bekämpfungsschwellen verfügbar. Schwierigkeiten bei der Ermittlung und Berücksichtigung sind die Ursache für eine bisher noch unbefriedigende Nutzung in der Praxis.

Von den zahlreichen Krankheiten und Schädlingen, die in den verschiedenen Kulturen nicht nur zu Ertragsminderungen, sondern auch zur Beeinträchtigung der Qualität des Erntegutes führen können (vergl. Kap.2), die aber durch einen ge-

zielten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wirksam zu bekämpfen sind, können hier nur einige Beispiele behandelt werden.

Im Ackerbau nimmt der Getreideanbau, insbesondere der Winterweizen, die größte Fläche ein, entsprechend hoch ist hier der Mengenanteil an eingesetzten Pflanzenschutzmitteln. Die Herbizide sind wegen des frühen Anwendungstermins im Bezug auf das Risiko von Rückständen im Ernteprodukt kaum von Bedeutung. Der mengenmäßig höchste Anteil kommt den Fungiziden als Beizmittel und zur Bekämpfung von Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten als Spritzmittel zu.

Die wichtigsten Wirkstoffgruppen sind hier zur Zeit die Azole und die Strobilurine. Auch relativ lange Wartezeiten von 35 bis 42 Tagen führen kaum zu Schwierigkeiten. Zur Bekämpfung der durch *Fusarium* spp. verursachten partiellen Taubährigkeit sind jedoch nur wenige Fungizide zugelassen und mit folgender Auflage versehen: "Nur zur Bekämpfung von Ährenfusariosen an Weizen zur Reduktion von Mykotoxinen. Nur auf Flächen, auf denen hochanfällige Sorten nach Körnermais und Weizen nach pflugloser Bodenbearbeitung und in infektionsgefährdeten Lagen angebaut werden und wenn Regen und hohe Temperaturen (über 18 Grad C) im Stadium 55 - 71 zusammentreffen." Die Infektion mit den toxinbildenden Fusarien erfolgt während der Blüte des Getreides, der optimale Bekämpfungstermin liegt etwa zwei bis vier Tage nach der Infektion (BBA, 2002). Die termingerechte Anwendung ist besonders wichtig, um vor allem in feuchten Jahren das Risiko der Toxinbildung so weit wie möglich zu vermindern. Im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes sind Landwirt und Beratung hier besonders gefordert, um dem Handel einwandfreie Qualitäten anbieten zu können.

In Modellversuchen mit verstärkter Infektion des Weizens durch *Fusarium graminearum* konnte der Kornbefall durch Fungizidanwendung zum Zeitpunkt der Blüte um etwa 50%, der Gehalt an Deoxynivalenol (DON) um ca. 60% reduziert werden (Tab. 2, Weinert, 2001). Unter Praxisbedingungen haben sich die Azolderivate für diese Indikation besonders bewährt, auch wenn selten ein Wirkungsgrad von mehr als 50% erreicht wird. Der integrierte Ansatz ist hier besonders wichtig; nicht zu kurzstrohige Weizensorten, als Vorfrucht keinen Mais und gute Bodenbearbeitung mit dem Pflug reduzieren das Befallsrisiko (vergl. Kap. 3).

Für die Produktion von Speisekartoffeln gelten hohe Qualitätsansprüche, um Handel und Verbraucher einwandfreie Ware liefern zu können. Wichtige Knollenkrankheiten, z.B. die Knollennaßfäule (*Erwinia carotovora*) können nur durch vorbeugende Maßnahmen, wie Vermeiden von Verletzungen und sachgerechte Lagerung vermieden werden (vergl. Kap. 4). Eine direkte chemische Bekämpfung

ist nicht möglich. Eine Beizung zur Verminderung der durch *Rhizoctonia* bedingten Bildung von "Pocken" und Grützeknollen ist nicht nur im Pflanzkartoffelbau zugelassen. Der Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) kommt auch im Konsumkartoffelbau große Bedeutung zu. Die besonders in feuchten Jahren mehrfach wiederholt erforderlichen Spritzungen können nach den Warnmeldungen der Negativprognose SIMPHYT I und II durchgeführt werden, die auch die einzuhaltenden Abstände bei den Spritzterminen angeben (Roßberg et al., 2001).

Tab. 2: Einfluss unterschiedlicher Fungizide und Anwendungstermine auf *Fusarium* - Ährenbefall, Kornbefall, DON-Konzentration und Ertrag von Weizen, Sorte Ritmo, Feldversuch 1998, Haferkorninokulum mit *F. graminearum*. (Weinert, Abschlußbericht zum BMVEL-Forschungsprojekt: Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Mykotoxingehalt und den Fusariumbesatz im Erntegut von Getreide, 2001)

Behandlung			Ährenbefall	Kornbefall	DON-Gehalt	Ertrag
Fungizid	l / ha	BBCH / Datum	% FHB ¹	mg FPE / kg ²	mg DON / kg	dt / ha
Kontrolle	-	-	40	56	10,9	53,4
Folicur	1	59/60 - 08.06.	7	34	6,2	80,9
Caramba	1,5	59/60 - 08.06.	8	26	6,0	79,3
Folicur	1	65/66 - 13.06.	7	30	6,5	77,7
Caramba	1,5	65/66 - 13.06.	7	27	4,4	76,1

Caramba (Metconazol), Folicur (Tebuconazol), ¹⁾ chlorotische Ährenfläche, ²⁾ Fusarium-Protein-Einheiten.

Verschiedene protektive (Thiocarbamate, nur noch in geringerem Umfang Kupfer-Verbindungen) sowie auch kurative und systemische (z.B. Metalaxyl, Cymoxanil, Dimethomorph) Wirkstoffe werden eingesetzt. Die Wartezeiten zwischen 7 und 14 Tagen sind ohne Probleme einzuhalten. Die Gefahr der Knolleninfektionen wird nicht nur durch eine intensive Bekämpfung des Pilzes am Kraut, sondern auch durch eine spätere chemische Krautabtötung wesentlich vermindert. Diese Maßnahme dient auch der Ernteerleichterung und der Verbesserung der Schalenfestigkeit, sie wird mit den Wirkstoffen Deiquat oder Glufosinat mit Wartezeiten von 10 bzw. 14 Tagen durchgeführt. Auf keinen Fall sollten infizierte Knollen ins Lager gelangen, da hier eine weitere Ausbreitung der Krankheit möglich ist.

Im Obstbau und im Gemüsebau ist in der Regel eine weitaus höhere Pflanzen-

schutzintensität erforderlich als im Ackerbau. Im Apfelanbau hat sich die Ermittlung kritischer Infektionsperioden für den Apfelschorf (*Venturia inaequalis*) seit langem in der Praxis bewährt (Kollar, 1997). Die gezielte Bekämpfung dieses Schadpilzes mit Hilfe geeigneter Fungizide ist für die Produktion einwandfreier Qualitäten im Erwerbsobstbau praktisch unerlässlich. Beginnend mit einem sehr frühzeitigen Fungizideinsatz in Abhängigkeit von Temperatur und Blattfeuchte zur Verhinderung von Primärinfektionen sind nachfolgend mehrere gezielte Anwendungen erforderlich, um die Ausbreitung des Pilzes auf Blättern und insbesondere Früchten zu verhindern. In der Regel ist nur durch eine ausreichende Spritzfolge eine hohe Qualität und die Lagerfähigkeit der Äpfel sicherzustellen.

Als wichtiger, Ertrag und Qualität im Apfelanbau stark beeinträchtigender Schädling ist der Apfelwickler (*Cydia pomonella*) bzw. dessen Larve, die Obstmade zu nennen. Vorzeitiger Fruchtfall und Sekundärinfektionen durch Fäulnispilze (*Monilia* spp. u.a.) können einen erheblichen Umfang erreichen. Hier ist der rechtzeitige, gezielte Einsatz von Insektiziden besonders wichtig. Mit Hilfe von Pheromonfallen, welche die Männchen des Apfelwicklers anlocken, werden Flugbeginn und Flughöhepunkt ermittelt und danach der optimale Spritztermin bestimmt. Unnötige und unwirksame Spritzungen sind so zu vermeiden. Der Befallsbeginn kann schon beim Erreichen von Haselnußgröße der Früchte liegen. Tritt eine zweite Generation des Schädlings auf, werden die Äpfel auch noch kurz vor der Reife befallen. In den vergangenen Jahren hat die Methode der Pheromon - Verwirrung als biotechnisches Verfahren zu Begrenzung des Apfelwicklers in einigen Obstbaugebieten an Bedeutung gewonnen (Lange, 2002).

Für die Süßkirsche stellt die Kirschfruchtfliege (*Rhagoletis cerasi*) einen bedeutenden Qualitätsschädling dar. Bei beginnender Gelbrotfärbung der Früchte erfolgt die Eiablage in das Fruchtfleisch. In Steinnähe entwickeln sich die fußlosen, weißen Maden, die nicht nur die Frucht unappetitlich machen, sondern auch zu Fäulnis führen. Stärker befallene Partien sind praktisch nicht abzusetzen. Die gezielte Bekämpfung muß rechtzeitig, spätestens 5-6 Tage nach Flugbeginn der Fliegen erfolgen. Dieser Termin kann mit Hilfe leimbeschichteter Gelbtafeln, welche die Kirschfruchtfliegen anlocken, erfaßt werden. Die zuständigen Pflanzenschutzdienststellen geben entsprechende Hinweise. Das Auslaufen der Zulassung des bisher für die Bekämpfung hauptsächlich eingesetzten Wirkstoffes Dimethoat hat hier zu Schwierigkeiten geführt, diese Indikationslücke konnte bisher noch nicht befriedigend geschlossen werden.

Tab. 3: Ertrag und Erntequalität von Porree nach verschiedenen Rost-Bekämpfungsstrategien (nach Krauthausen et al., 1999).

Behandlung	Ertrag (g/Pfl.) sign	Qualität (1-5) ^{*)} sign	Fungizid- anwendungen (mittlere Anzahl)
unbehandelt	251 a	1,12 a	0,0
praxisüblich	265 a	1,02 b	1,2
Bek.schwelle	243 a	1,04 b	0,5
Mittel von 6 Feldern ohne oder mit schwachem Befall (einzelne Rostpusteln zur Ernte)			
unbehandelt	219 a	1,55 a	0,0
praxisüblich	208 a	1,06 b	2,2
Bek.schwelle	200 a	1,09 b	0,8
Mittel von 9 Feldern mit mittlerem Befall (Rost-Befallsstärke < 1%)			
unbehandelt	254 a	2,76 a	0,0
praxisüblich	282 a	1,32 b	3,7
Bek.schwelle	285 a	1,46 b	1,8
Mittel von 6 Feldern mit starkem Befall (Rost-Befallsstärke > 1%)			

^{*)}Qualität 1= sehr gut, 5= nicht vermarktungsfähig; Fungizid Bayfidan 0,5 l/ha

Als weiteres Beispiel für eine drastische Qualitätsbeeinflussung und Ertragsminderung im Obstbau sei hier der Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) der Erdbeere genannt. Als vorbeugende Maßnahme reicht das Einbringen einer Strohschicht zwischen den Reihen vor allem bei feuchter Witterung nicht aus. Ein rechtzeitiger Fungizidschutz, vom Beginn bis zum Abgang der Blüte, ist in den meisten Fällen unerlässlich.

Die verschiedenen Kulturen im Gemüsebau im Freiland und unter Glas werden durch eine Vielzahl von Krankheiten und Schädlingen bedroht, die sowohl die Höhe als auch die Qualität des Ertrages entscheidend beeinträchtigen und dadurch die Wirtschaftlichkeit des Anbaus in Frage stellen können (vergl. Kap. 2). Auf die Probleme in einzelnen Kulturen, wie z. B. Kohl, Möhren, Gurken, Tomaten u.a. kann hier nicht im Detail eingegangen werden. In einigen Fällen konnte hier der chemische Pflanzenschutz durch Verfahren des biologischen Pflanzenschutzes ersetzt werden, insbesondere im Gemüsebau unter Glas (s. u.).

Umfangreiche Untersuchungen wurden u.a. zur integrierten, gezielten Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen in Porree und Zwiebeln durchgeführt, deren Anbau in Deutschland einen beträchtlichen Umfang einnimmt (Krauthausen et al., 1999). Als leicht vom Praktiker zu ermittelnde Bekämpfungsschwellen wurden für den Porreerost (*Puccinia porri*) 10% befallene Pflanzen, für den Tabak- oder Zwiebelblasenfuß (*Thrips tabaci*) an Porree und Zwiebel 50% befallene Pflanzen festgesetzt. Tab. 3 gibt die Ergebnisse aus einer umfangreichen Versuchsserie der Jahre 1993 bis 1996 im Porree wieder. Durch den nach Bekämpfungsschwellen gezielten, im Vergleich zur gängigen Praxis verminderten Einsatz des Fungizids konnten Ertrag und Qualität gesichert werden.

Pflanzenstärkungsmittel

Die Kategorie „Pflanzenstärkungsmittel“ ist erst mit dem Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) vom 15. September 1986 eingeführt worden. Mit dieser nur in der Bundesrepublik Deutschland geltenden Regelung sollte sichergestellt werden, dass traditionell gebräuchliche Mittel weiterhin zur Verfügung stehen, ohne dass diese in gleichem Maße wie Pflanzenschutzmittel die „hohen Hürden“ der Zulassung nehmen müssen.

Pflanzenstärkungsmittel sind „Stoffe, die

- ausschließlich dazu bestimmt sind, die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Schadorganismen zu erhöhen,
- dazu bestimmt sind, Pflanzen vor nichtparasitären Beeinträchtigungen zu schützen,
- für die Anwendung an abgeschnittenen Zierpflanzen außer Anbaumaterial bestimmt sind“

(§ 2 Abs. 2 Nr. 10 Pflanzenschutzgesetz [PflSchG] vom 14. Mai 1998).

Pflanzenstärkungsmittel dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie in eine Liste über Pflanzenstärkungsmittel des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) aufgenommen worden sind; die Aufnahme in diese Liste muss beantragt werden (§§ 31, 31a, 31b PflSchG). Wichtigste Voraussetzung für eine Aufnahme in die Liste ist, dass ein Mittel bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung oder als Folge einer solchen Anwendung keine schädlichen Auswirkungen, insbesondere auf die Gesundheit von Mensch und Tier, das Grundwasser und den Naturhaushalt, hat. Die Entscheidung über die Aufnahme in die Liste fällt das BVL unter Mitwirkung der entsprechenden

Fachinstitutionen, dem Bundesinstitut für Risikobewertung, dem Umweltbundesamt sowie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Ein Wirkungsnachweis ist bei der Antragstellung nicht gefordert.

Die aktuelle Liste über Pflanzenstärkungsmittel und ein Antragsmuster können im Internet auf der homepage des BVL (<http://www.bvl.bund.de>), weitere spezielle Informationen unter dem link „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau“ auf der homepage der BBA (<http://www.bba.de>) abgerufen werden.

Mit der eingangs genannten Definition der Pflanzenstärkungsmittel sind seit dem 1. Juli 1998, dem Inkrafttreten der Neufassung des Pflanzenschutzgesetzes vom 14. Mai 1998, wesentlich mehr Produkte, die zu Pflanzenschutz Zwecken im weiteren Sinne in den Verkehr gebracht werden, den Pflanzenstärkungsmitteln zugeordnet. Wichtigste Gruppe sind jedoch weiterhin die ausschließlich zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Schadorganismen bestimmten Stoffe.

Pflanzenstärkungsmittel sind in überwiegender Zahl keine chemisch-synthetischen Produkte, sondern natürlichen Ursprungs. Es ist daher schwierig, die Pflanzenstärkungsmittel in definierte Gruppen oder Kategorien einzuordnen. In der folgenden Übersicht ist der Versuch der Klassifizierung dieser Mittel dargestellt:

- **Stärkungsmittel auf anorganischer Basis**
SiO₂ und Silikate (Gesteinsmehle), CaCO₃, Al₂O₃, NaHCO₃ ...
- **Stärkungsmittel auf organischer Basis**
Algenextrakte, Huminsäuren, Pflanzenextrakte, -aufbereitungen und -öle, tierische Produkte, Wachse
- **Homöopathika**
Homöopathische (potenzierte) Form aller unter Punkt 1 und 2 genannten Ausgangsstoffe
- **Präparationen auf mikrobieller Basis**
Pilze: *Trichoderma spp.*, *Pythium oligandrum*; Bakterien: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas spp.*

Von den 191 am 1. Januar 2004 in der Liste befindlichen Pflanzenstärkungsmitteln bestehen 84 aus organischem Material, 30 sind (überwiegend) anorganischer Natur (einige energetisch „angereichert“), 29 Homöopathika (einige in Mischung mit pflanzlichen Produkten), 10 Mittel auf der Basis von Wachsen, neun Algenpräparate (davon vier mit weiteren Komponenten), 13 mikrobielle Mittel und 16

Frischhaltemittel (mit Nährstoff- und desinfizierender Komponente), die ausschließlich für die Anwendung an abgeschnittenen Zierpflanzen bestimmt sind. Von diesen 191 Pflanzenstärkungsmitteln ist die überwiegende Zahl (147) den „klassischen“ Pflanzenstärkungsmitteln zuzuordnen, d. h. sie sind zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Schadorganismen bestimmt. Für zahlreiche dieser Mittel ist darüber hinaus ein Schutz gegen nichtparasitäre Beeinträchtigungen ausgelobt. Eine Reihe von Mitteln, vorwiegend Wachse oder Kalkprodukte, dient ausschließlich dem Schutz gegen nichtparasitäre Beeinträchtigungen, in erster Linie gegen Trocken- und Frostschäden.

Pflanzenstärkungsmittel zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen sind in der Regel nicht für e i n e Kultur gegen e i n e n Schadorganismus, sondern für eine breite Anwendung bestimmt. Versuchsergebnisse und praktische Erfahrungen belegen, dass eine Pflanzenstärkung durch die einzelnen Pflanzenstärkungsmittel unterschiedliche Qualität hat und von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig ist. Im Interesse des praktischen Anbaus beschäftigen sich daher Anbauverbände des ökologischen Landbaus, öffentliche Forschungseinrichtungen, Pflanzenschutzdienste und Privatunternehmen mit der Prüfung der Wirkungen und Nebenwirkungen von Pflanzenstärkungsmitteln. Auf der Grundlage derartig breit angelegter Untersuchungen werden seit den 90er Jahren verstärkt Ergebnisse gesammelt, um dem Ziel der Optimierung der Anwendungsempfehlungen näher zu kommen.

Die meisten Versuchsergebnisse und praktischen Erfahrungen liegen im ökologischen Wein- und Gartenbau vor. Hier sind einige Mittel fester Bestandteil im Anbauverfahren. So werden im Weinbau vor allem die Tonerde-/Gesteinsmehlpräparate Myco-Sin und Ulmasud bei einem nicht zu hohen Befallsdruck durch Falschen Mehltau mit Erfolg angewendet. Mit diesen Mitteln konnte ein geringerer Befall mit Apfelschorf erreicht werden. Amerikanischer Stachelbeermehltau war mit Steinhauer's Mehltauschreck (Natriumhydrogenkarbonat) gut unter Kontrolle zu halten. Mit Myco-Sin wurde auch bei Feuerbrand im Kernobst eine beachtliche Wirkung erreicht.

Neben den genannten kommt eine Reihe weiterer Mittel, u. a. ELOT-VIS (Pflanzenextrakte), ENVIREpel (Pflanzenextrakt), Humin-Vital (Huminsäuren), Milsana (Pflanzenauszug), Neudo-Vital (Fettsäuren-/Algenextrakt-Präparat), im Gemüsebau zur Verhinderung des Befalls mit pilzlichen und tierischen Schaderregern zur Anwendung.

Mikrobielle Mittel (Trichoderma-, Bacillus- und Pseudomonas-Präparate) haben sich in der Jungpflanzenproduktion im Gemüse- und Zierpflanzenbau etabliert.

Biologischer Pflanzenschutz

Wesen und Definition des Biologischen Pflanzenschutzes

Die Erkenntnisse aus genauer Naturbeobachtung sind die Triebfeder für das Bestreben, Pflanzenschutzprobleme mit Hilfe biologischer Abläufe zu lösen. Aus heutiger Sicht werden biologischen Verfahren besondere positive Kriterien zugesprochen, die erst in der jüngsten Zeit angesichts einer gesicherten Ernährung eine Rolle spielen: aus Sicht des Landwirts, Gärtners oder Försters die sich gegebenenfalls bietende Alternative zu chemischen Verfahren des Pflanzenschutzes, aus Sicht des Verbrauchers die angesichts des steigenden Gesundheitsbewußtseins verbreitete Sorge vor chemischen Rückständen in der Nahrung. Aus Sicht des Umweltschutzes kommt der relativ größeren Selektivität biologischer Verfahren und ihren geringeren Nebenwirkungen im Vergleich zu manchen chemischen Verfahren des Pflanzenschutzes Bedeutung zu.

In der Definition des Integrierten Pflanzenschutzes, dessen Grundsätze in der guten fachlichen Praxis zu berücksichtigen sind (siehe oben), wird der Biologische Pflanzenschutz zu den vorrangig zu berücksichtigenden Pflanzenschutzmaßnahmen gezählt. Bereits in das deutsche Pflanzenschutzgesetz von 1986 wurde der Integrierte Pflanzenschutz als Leitbild aufgenommen. Auch die EU-Richtlinie 91/414/EWG, die den Vertrieb und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Europäischen Union regelt und am 15. Juli 1991 vom Rat der Europäischen Union verabschiedet wurde, definiert – nach deutschem Vorbild – den Integrierten Pflanzenschutz entsprechend. Angesichts der Diskussionen um eine nachhaltige Landwirtschaft ist darauf hinzuweisen, daß die Agenda 21 der Konferenz von Rio de Janeiro, 1992, im Integrierten Pflanzenschutz einen Beitrag zur Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft erkennt: “Ein Integrierter Pflanzenschutz, der die biologische Bekämpfung, Wirtspflanzenresistenz und angepaßte Anbaupraktiken miteinander verknüpft und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf ein Minimum reduziert, ist die optimale Lösung für die Zukunft, da er die Erträge sichert, die Kosten senkt, umweltverträglich ist und zur Nachhaltigkeit der Landwirtschaft beiträgt“.

Zu den ersten wissenschaftlich begründeten Versuchen zur biologischen Bekämpfung gehört die Nachführung von Nützlingen gegen Schädlinge, die aus fremden Faunengebieten eingeschleppt wurden und in der neuen Heimat keine adäquaten Gegenspieler vorfanden. Die Suche nach Nützlingen in der Heimat eines Schädlings und ihre Freisetzung im neuen Schadgebiet erscheinen vor allem dann loh-

nend, wenn der Schädling im Ursprungsgebiet wegen seiner effektiven Gegenspieler nur gelegentliche oder nur geringe Schäden verursacht. Diesem klassischen Ideal entspricht die Aufsammlung und Vermehrung des nützlichen Marienkäfers *Rodolia cardinalis* in Australien und seine massenweise Ausbringung in Kalifornien um 1880 mit dem Ziel der Einbürgerung zur biologischen Bekämpfung der dort eingeschleppten Wollschildlaus. Ein erfolgreiches Beispiel aus neuerer Zeit ist die von Herren, einem Schweizer Forscher am International Institute for Tropical Agriculture mit Zentralsitz in Nigeria, erfolgreich durchgeführte Einbürgerung von Parasitoiden aus Südamerika nach Westafrika zur Bekämpfung der Maniokschmierlaus.

Der Biologische Pflanzenschutz wird heute wesentlich breiter definiert und umfaßt:

- Schonung und Förderung von Nutzorganismen (zum Beispiel durch Anlage und Erhaltung von Saumbiotopen und durch Verminderung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen)
- Nachführung, Einbürgerung von Nutzorganismen
- Wiederholte Anwendung von Nutzorganismen:
 - antagonistisch gegen Schädlinge: Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen, Insekten, Spinnentiere, Feindpflanzen (zum Beispiel Zwischenfrucht gegen Nematoden im Zuckerrübenanbau) und andere
 - antagonistisch gegen Krankheitserreger: Bakterien, Pilze und andere
 - antagonistisch gegen Unkräuter: Pilze, Insekten und andere
- Stärkung der pflanzlichen Widerstandskraft
- Anwendung von abgeschwächten Stämmen von sonst pathogenen Viren, Bakterien
- Anwendung nicht pathogener Mikroorganismen oder ihrer Stoffwechselprodukte, von Pflanzenauszügen und anderen Naturstoffen.

Gemäß dieser Definition sind die Förderung und Anwendung von Nutzorganismen sowie die Förderung der Resistenz von Kulturpflanzen und ihre Nutzung zur Schadensabwehr biologische Pflanzenschutzmaßnahmen. Auf Verfahren zur Stärkung der pflanzlichen Widerstandskraft wird im Kapitel „Pflanzenstärkungsmittel“ eingegangen.

Aus Sicht des Verbraucherschutzes sind besonders die Möglichkeiten zur Förderung und zur gezielten Anwendung von nützlichen Insekten und Milben bedeut-

sam, da hierbei keine Rückstände entstehen. Die Anwendung erfolgt bereits bei geringem Schädlingsbefall oder sogar (bei hoher Befallswahrscheinlichkeit) vorbeugend. Auf dem Erntegut sind deshalb auch keine Reste der Nützlinge vorhanden,

Biologische und ökonomische Grenzen des Biologischen Pflanzenschutzes

Die biologischen Grenzen liegen in der Verfügbarkeit von Gegenspielern, welche die verschiedenen Bedingungen für die Entwicklung eines kommerziell erfolgreichen Produktes erfüllen, wie hohe Effizienz, Wirksamkeit, Züchtbarkeit, Lagerfähigkeit und Unbedenklichkeit sowie in der Erkennung von Mechanismen der Resistenz von Kulturpflanzen oder geeigneten biologischen Reaktionen zur Nutzung in Bekämpfungsverfahren. Übersichten über Nutzorganismen, ihre Förderung und Anwendung finden sich u.a. bei Fortmann (1993), praktische Anleitungen auch für den Laien zum Pflanzenschutz im Garten unter Berücksichtigung biologischer Verfahren in mehreren AID-Heften.

Neben den von Natur aus gegebenen Einschränkungen bleibt das ökonomische Problem. Biologische Verfahren sind recht selektiv wirksam, das heißt aber auch, dass sie nur einen eingeschränkten Markt haben. Ihre Wirkung ist meist geringer als die von chemischen Präparaten. Auch kann die Wirksamkeit je nach Anwendungsbedingungen, Befallslage und Witterungsverlauf sehr unterschiedlich sein. Die Wirksamkeit ist also insgesamt eingeschränkt. Darüber hinaus ist die Anwendung, zumindest bei Makroorganismen, wie räuberischen und parasitischen Insekten, schwieriger. Dagegen können mikrobiologische Präparate mit üblichen Spritzgeräten ausgebracht werden, so zum Beispiel das Apfelwickler-Granulosevirus gegen die Obstmade im Apfelbau. Produzent und Anwender mikrobiologischer Präparate müssen in jedem Fall aber mit lebenden Organismen umgehen, die heikler sind als Chemikalien. Zudem liegen die Kosten für biologische Verfahren in aller Regel höher als für chemische Mittel.

Dank der weitgehend selektiven Wirkung gegenüber Zielorganismen liegt der Vorteil biologischer Verfahren darin, dass freilebende Gegenspieler von Schadorganismen geschont werden, die zu einer längerfristigen Regulation der Schaderreger beitragen können und gegebenenfalls eine oder weitere Anwendungen erübrigen. Es ist aber ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass die Anzahl der Behandlungen bei biologischer Bekämpfung in der Regel nicht abnimmt. Vielmehr muß wegen der Selektivität verschiedene Schadorganismen jeweils mit gesonderten Mitteln behandelt werden, die durch chemische Pflanzenschutzmittel öfter

gemeinsam erfaßt werden. Das gilt auch für den Pflanzenschutz im ökologischen Landbau.

Gesetzliche Rahmenbedingungen und Marktchancen des biologischen Pflanzenschutzes

Vermarktung und Anwendung von räuberisch und parasitisch lebenden Makroorganismen, wie Marienkäfer und Blattlausschlupfwespen, bedürfen in Deutschland und gemäß EU-Richtlinie 91/414/EWG nicht der Zulassung. Das Angebot an Nützlingen zur gezielten Anwendung ist sehr umfangreich und umfaßt nach Bathon (1999) 90 Arten. Die Anwendung fast aller Arten beschränkt sich auf den Unterglasanbau. Gründe dafür sind: (1) die infolge des oft höheren Befallsdrucks regelmäßig höhere Intensität des Pflanzenschutzes, die nicht nur in vielen Fällen zu Resistenzen bei den Schaderregern, sondern auch zu Problemen beim Gewächshauspersonal führt insbesondere hinsichtlich der einzuhaltenden Wiederbetretungsfristen nach Anwendung, (2) die Möglichkeit zur Klimasteuerung zugunsten der oft wärmeliebenden Nützlinge und (3) die durchschnittlich höhere Wertschöpfung der Unterglas-Kulturen, die auch arbeits- und kostenintensive biologische Verfahren unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ermöglicht.

Die Einbürgerung von Nützlingen aus fremden Faunengebieten oder ihre bedarfsgerechte Anwendung aus Massenzuchten ist allerdings durch den Naturschutzgedanken seit rund 20 Jahren zunehmend unter Druck geraten. Die Naturschützer sehen die Gefahr einer Faunenverfälschung. Tatsächlich lassen die Naturschutzgesetze des Bundes und der Länder höchstens unter strengen Auflagen, deren Ausführung nur unvollkommen geregelt ist, die Einfuhr und die Anwendung fremdländischer Organismen zu. Nach Bathon (1999) sind 34 der 90 vertriebenen Arten gebietsfremd.

Biologische Verfahren auf der Grundlage von Mikroorganismen und Viren unterliegen der Zulassung gemäß § 15 PflSchG (Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen 1998 und Änderungen). Mit der Antragstellung ist die Vorlage umfangreicher Unterlagen verbunden. Es werden nur Mikroorganismen und Viren zugelassen, die hoch spezialisiert sind und keine Gefahr für Mensch und Wirbeltiere darstellen. Da die Mikroorganismen und Viren nicht in die Pflanzen eindringen (also nicht systemisch wirken), entstehen höchstens äußerliche, abwaschbare Kontaminationen. Zudem ist die Überlebensdauer dieser Agenzien meist sehr kurz: Das Apfelwickler-Granulosevirus hat bei direkter Sonneneinstrahlung nur eine Halbwertszeit von ca. 15 Minuten, d.h. in dieser Zeit werden etwa die Hälfte der Viren

inaktiviert. Außerdem sind die verwendeten Organismen sowieso Bestandteil der natürlichen Umwelt.

Die umfangreichen Anforderungen zur Prüfung der Unbedenklichkeit von Mikroorganismen und Viren ergeben sich gemäß Richtlinie 91/414/EWG aus den Anhängen II B und III B. Gegebenenfalls kann auf die Vorlage bestimmter Unterlagen verzichtet werden, doch bleibt der Anforderungskatalog in der Regel hoch und stellt die Wirtschaftlichkeit der Entwicklung selektiv wirkender Präparate in Frage. Die Pflanzenschutzmittelindustrie konzentriert sich deshalb zunehmend auf chemische Verfahren gegen wichtige Schaderreger in großen Kulturen oder weltweit wirtschaftlich dominante Schaderreger in verschiedenen Kulturen. Durch die Abnahme verfügbarer Pflanzenschutzmittel für kleinere Kulturen oder zur Bekämpfung nur gelegentlich auftretender Schaderreger entstehen Lücken im Pflanzenschutz, insbesondere im Gartenbau und in Sonderkulturen wie Hopfen. Darüber hinaus entstehen gelegentlich Lücken durch Resistenzprobleme gegenüber chemischen Mitteln. Dies ist insbesondere bei einigen Schädlingen im Unterglasanbau der Fall, wo eine eingeschränkte Mittelpalette gegen dieselben Schädlinge angewandt werden muß. Schließlich gibt es auch im Chemischen Pflanzenschutz Innovationslücken. Dies eröffnet Chancen für kleinere Betriebe mit innovativen Lösungen für regional oder sonst vom Markt her begrenzte Probleme.

Tatsächlich waren biologische Verfahren oft in Lücken erfolgreich und werden es auch künftig so sein. Beispielsweise wurde die Bekämpfung des Maiszünslers mit *Bacillus thuringiensis* weitgehend aufgegeben, als die hoch- und langanhaltend wirksamen Pyrethroide auf den Markt kamen. Die Konkurrenzkraft biologischer Verfahren ist oft geringer als die chemischer Präparate, so dass sich Lückenindikationen vorrangig für biologische Mittel anbieten.

Praktische Erfolge des biologischen Pflanzenschutzes

Bei der Würdigung der Erfolge des Biologischen Pflanzenschutzes wird oft übersehen, dass bedeutende Fortschritte bei der Schonung und Förderung von natürlichen Gegenspielern der Schaderreger in den letzten rund 20 Jahren erzielt wurden (Punkt 1 der oben zitierten Definition des Biologischen Pflanzenschutzes). So werden Feldraine und Hecken als mögliche Rückzugsgebiete für Nützlinge geschützt, oder es wird die Anlage von Ackerschonstreifen gefördert. Soweit die Niederschläge ausreichend sind, begrünen Winzer und Obstbauern die Flächen zwischen den Reihen zur Förderung der Artenvielfalt in den Anlagen. Seit nahezu

15 Jahren wird bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln die Wirkung auf Nützlinge dezidiert geprüft. Die Ausweisung der (Neben)wirkungen auf Nützlinge in der Gebrauchsanleitung von Pflanzenschutzmitteln ist ein wichtiges Instrument für die praktische Verwirklichung einer integrierten, nachhaltigen Pflanzenschutzstrategie. Nach Gutsche und Roßberg (1997) sind die ökotoxischen Effekte von Pflanzenschutzmitteln ebenso wie ihre Exposition in den Umweltkompartimenten deutlich rückläufig. Zum Beispiel ist bei den meist gebrauchten Herbiziden das chronische biologische Risiko für Algen und Fische als wichtige Indikatororganismen von 1987 bis 1998 auf ein Zehntel zurückgegangen (Klingauf und Pallutt, 2002, zitiert nach Gutsche und Roßberg).

Lange (2002) berichtet von einem deutlichen Rückgang der Spinnmilben (nur 25% der Proben über der Schadensschwelle) und einer Zunahme der Raubmilben (bei ca. 50% aller Proben) nach 5jähriger integrierter Produktion im Obstbau. Auch der Blutlausbefall nahm in dieser Zeit ab, und rund 45% der Kolonien waren von der Blutlauszehrwespe (*Aphelinus mali*) parasitiert. Infolgedessen brauchten in vielen Anlagen über Jahre hinweg keine Akarizide eingesetzt zu werden, und die früher routinemäßigen Sommerbehandlungen gegen Blutläuse waren nur in Ausnahmefällen erforderlich. Dazu trug auch die Auswahl möglichst nützlichsschonender Pflanzenschutzmittel wesentlich bei.

Das klassische Verfahren der Nachführung von (Makro)nützlingen zur dauerhaften Bekämpfung eingeschleppter Schädlinge war in Mitteleuropa nur in wenigen Fällen erfolgreich, z.B. bei der Eindämmung der San-José-Schildlaus in Südwestdeutschland durch die Schlupfwespe *Prospaltella perniciosi* und der Blutlaus an Apfel durch die Zehrwespe *Aphelinus mali*. Für das Verfahren spricht die anhaltende und selbsttätige Aktivität der nachgeführten Nützlinge, die bei einer erfolgreichen Einbürgerung den Zielorganismus dezimieren und im günstigsten Fall unter der Schadensschwelle halten.

Im Unterglasanbau von Gemüse haben in den 80er Jahren zunehmende Probleme mit Schädlingen sowie schärfere Bestimmungen und Kontrollen zu Rückständen von Pflanzenschutzmitteln in den Ernteprodukten die Einführung des Biologischen Pflanzenschutzes mit in Massen gezüchteten Nützlingen begünstigt. Abgesehen von einigen Pionierbetrieben konnten zunächst nur durch staatliche Förderungen des Bundes und der Länder einige Gärtnereien für betreute Versuche gewonnen werden. Insbesondere wurden der Parasitoid *Encarsia formosa* gegen die Weiße Fliege sowie die Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* gegen Spinnmilben an Tomaten und Gurken angewandt. Inzwischen werden außer diesen Schäd-

lingen insbesondere auch Thripse (mit den Raubmilben *Amblyseius barkeri* und *A. cucumeris*), Blattläuse (mit der räuberischen Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza*, den Schlupfwespen *Aphidius colemani* und *A. matricariae* und Larven der Florfliege *Chrysoperla carnea*) sowie Minierfliegen (mit verschiedenen Parasitoiden) im Unterglasanbau von Tomaten, Gurken, Paprika und Stangenbohnen bekämpft. Von zunehmender Bedeutung sind auch Anwendungen von Nützlingen (Räuber und Parasitoide) in verschiedenen Zierpflanzen im Unterglasanbau, wie Cyclamen und Poinsettien. In Deutschland wurden in den letzten Jahren im wesentlichen 24 Nützlingsarten auf ca. 1300 ha unter Glas eingesetzt (bei einer Gesamtfläche von 1200 ha Gemüsebau und 3000 ha Zierpflanzenbau unter Glas). Davon entfielen gut 1000 ha auf die Raubmilben *Amblyseius* spp. und *Phytoseiulus persimilis*, die Schlupfwespen der Gattungen *Aphidius* und *Encarsia* sowie die räuberische Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza*. Etwa 90% des Tomatenanbaus unter Glas werden mit Nützlingen geschützt (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 2002 und 2003).

Tab.4: Biologische Pflanzenschutzmaßnahmen im Freiland (Biolog. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, in Vorbereitung)

	Raubmilben	Schlupfwespen	Insektenparasitäre Nematoden	Insektenviren	Bacillus thuringiensis	Insektenpathogene Pilze	Coniothyrium minitans
1993	15	5900	50	70	10000) ¹	<1	-
1996/97	>15	6300	>440	>980	21900	>5	<1
2000/01	480	9250	>100	13300	10500) ²	250	7500

Angaben der Flächen in ha (gerundet);)¹ ohne Forst;)² keine Kalamitäten im Forst

Seit Beginn der 80er Jahre ist die biologische Nematodenbekämpfung in Zuckerrüben durch den Anbau resistenter Zwischenfrüchte, insbesondere Ölrettich- und Senfarten, möglich geworden und hat sich rasch in der Praxis durchgesetzt. Diese Sorten lösen zwar einen Schlupfreiz auf die Nematoden aus, die Entwicklung von Nährzellsystemen ist aber stark eingeschränkt, so daß die Nematoden vorzeitig absterben. Darüber hinaus wird durch resistente Sorten das Geschlechterverhältnis zu Ungunsten der Weibchen verschoben. Die früher zur Nematodenbekämpfung regelmäßig angewandten Pflanzenschutzmittel stellen eine erhebliche Belastung

der Umwelt dar. Heute hat der Anbau resistenter Zwischenfrüchte die chemische Nematodenbekämpfung bis auf wenige Ausnahmen abgelöst. Das Verfahren gehört damit zu einem der erfolgreichsten des Biologischen Pflanzenschutzes.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Biologischen Pflanzenschutzes mit Hilfe von Viren, Mikroorganismen, Insekten und Raubmilben im Freiland in Deutschland. Derzeit werden auf über 40.000 Hektar Pflanzenkrankheiten und besonders -schädlinge biologisch bekämpft. Gemessen an dem relativ geringen Anteil ist die Steigerungsrate jedoch wichtig: seit den letzten zehn Jahren hat sich die Anwendungsfläche für Nutzorganismen etwa verdreifacht. Den größten Anteil hat das Apfelwickler-Granulosevirus, gefolgt von *Bacillus thuringiensis* - Präparaten insbesondere gegen Traubenwickler im Weinbau, Schadtrauben im Kohlanbau sowie gegen den Kartoffelkäfer. Den drittgrößten Anteil im Biologischen Pflanzenschutz im Freiland haben Schlupfwespen der Gattung *Trichogramma*. Sie werden im wesentlichen gegen den Maiszünsler im Körnermais in Baden-Württemberg angewandt. Da der Körnermais nicht erst über den Umweg als Tierfutter, sondern direkt der menschlichen Ernährung dienen kann, ist die biologische Bekämpfung zur Erzeugung rückstandsfreier Nahrungsmittel hier besonders bedeutend. Weitere Anwendungen ergeben sich im Obstbau. Über Versuche zur Bekämpfung des Apfelwicklers mit *Trichogramma* berichten Sakr et al., 2002. Es wurden die Arten *T. cacoeciae*, *T. dendrolimi* und eine Mischung beider Arten zu vier bis fünf Terminen von Juli bis August in praxisüblichen Apfelanlagen freigelassen. Die Erfolge mit bis zu rund 87% Befallsminderung mit *T. cacoeciae* im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Tabelle 5) ermutigen zur Entwicklung eines kommerziellen Verfahrens. Neben den genannten Nutzorganismen wird im Freiland der nützliche Pilz *Coniothyrium minitans* (Präparat „Contans“) gegen den bodenbürtigen Erreger von Weich- und Stängelfäulen an vielen Kulturpflanzen, *Sclerotinia sclerotiorum*, zunehmend angewandt, insbesondere im Raps, daneben im Salatanbau. Dadurch können Anwendungen der Fungizide Rovral (Wirkstoff: Iprodion) und Basamid Granulat (Wirkstoff: Dazomet) sowie Gaben von Kalkstickstoff zur Bodenentseuchung erfolgreich reduziert werden.

Der Weltmarkt für Pflanzenschutzmittel insgesamt beläuft sich auf etwa 30 Milliarden US\$. Davon umfaßt der Markt für Nützlinge und Mikroorganismen ca. 380 Millionen US\$ mit einem Anteil von ca. 97 Millionen US\$ in Europa.

Tab. 5: Reduktion des Apfelwicklerbefalls (% befallene Früchte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle) durch *Trichogramma* – Anwendungen (nach Sakr et al., 2002)

	<i>T. cacoeciae</i>	<i>T. dendrolimi</i>	Mischung beider Arten
1999	80,64	66,39	68,94
2000	87,56	53,68	72,83
2001	81,29	54,27	51,21

Schlußfolgerungen

Bei einer vergleichenden Abwägung der Bedeutung verschiedener direkter Maßnahmen zur Ertrags- und Qualitätssicherung der Ernteprodukte kommt, mit nur wenigen Ausnahmen, eindeutig dem chemischen Pflanzenschutz Priorität zu. Das hat mehrere Gründe. Pflanzenschutzmittel können vorbeugend oder gezielt bei Bedarf eingesetzt werden. Sie wirken in der Regel schnell und schalten einen Befall mit Schadorganismen weitgehend oder sogar vollständig aus. Dies kommt den Ansprüchen des Verbrauchers entgegen, der im allgemeinen auf höchste Qualität Wert legt. Wenn er dann noch sicher sein kann, dass er nicht mit gesundheitsgefährdenden Rückständen rechnen muß, so wird er meistens z.B. zu Obst oder Gemüse mit einwandfreier äußerer Qualität greifen. Wie die Einhaltung unbedenklicher Rückstands-Höchstmengen sichergestellt wird und wie diese definiert werden, ist in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Pflanzenstärkungsmittel, welche die Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen erhöhen, erreichen dadurch in den seltensten Fällen vollständige Befallsfreiheit. Kann ein Restbefall ohne oder mit noch akzeptablen Qualitätseinbußen des Ernteproduktes toleriert werden, so ist der Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln, wenn sie denn für die entsprechende Indikation zur Verfügung stehen, eine realistische Alternative.

Ähnliches gilt für den Biologischen Pflanzenschutz. Der Wirkungsgrad biologischer Maßnahmen, d.h. der Einsatz von lebenden Organismen zur aktiven Begrenzung von Schaderregern liegt meistens niedriger als beim chemischen Pflanzenschutz. Trotzdem werden vor allem im ökologischen Anbau oder auch bei einigen Unterglaskulturen wirksame biologische Maßnahmen bevorzugt.