



Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes

Herausgegeben von der BIOLOGISCHEN BUNDESANSTALT
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT BRAUNSCHWEIG

unter Mitwirkung der PFLANZENSCHUTZÄMTER DER LÄNDER

VERLAG EUGEN ULMER · STUTTGART

15. Jahrgang

Juli 1963

Nr. 7

Inhalt: Die Prinzipien der integrierten Schädlingsbekämpfung (Smith) — Über die Wirkung von *Bacillus thuringiensis* auf die Honigbiene (Stute) — Die Wandlungen des Rassenspektrums des Weizenbraunrostes in Deutschland von 1950—1961 (Hassebrauk) — Untersuchungen über den Nachweis des Rasperry ringspot virus bei der Roten Johannisbeere in Deutschland (Schuch) — Die Krautabtötung im Pflanzkartoffelbau (Kabiersch) — Mitteilungen — Literatur — Personalnachrichten — Stellenausschreibungen — Mitteilungen aus der BBA — Neues Merkblatt der BBA — Neues Flugblatt der BBA — Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen Neue Folge

DK 632.937.23 = 2 = 3

Die Prinzipien der integrierten Schädlingsbekämpfung

Von Ray F. Smith*, University of California, Berkeley

Naturschutz, biologisch-dynamisch arbeitende Landwirte und einige Vertreter des öffentlichen Gesundheitswesens haben in den letzten Jahren immer stärker darauf gedrängt, die üblichen Schädlingsbekämpfungsverfahren abzuändern. Meine Ausführungen zu diesem Thema haben einen anderen Ausgangspunkt, und zwar den der landwirtschaftlichen Produktion. Schädlingsbekämpfungsprogramme, die weitgehend auf der Verwendung von Chemikalien beruhen, haben verschiedene unerwünschte Nebenwirkungen hervorgerufen und scheinen laufend Schwierigkeiten zu machen. Die Entwicklung der Resistenz gegenüber Schädlingsbekämpfungsmitteln, gesundheitliche Gefahren bei ihrem Gebrauch, Rückstände und die ungünstigen Wirkungen einiger der neuen und sehr toxischen Verbindungen gegenüber nützlichen Tierarten sind die wichtigsten Probleme. Diese zwingen den Vertreter der angewandten Entomologie, der sich dem wahrhaft übermächtigen Einfluß der Insekten und Milben auf die gesamte Wirtschaft des Menschen gegenüberübersieht, sich über die aktuellsten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Schädlingsbekämpfung klarzuwerden. Eine bessere Lösung kann nicht darin bestehen, daß man Chemikalien bei der Schädlingsbekämpfung wegläßt, denn diese sind heutzutage einfach unentbehrlich (Larimer et al., 1962). Vielmehr sollte man das Problem dadurch zu meistern versuchen, daß man Schädlingsbekämpfungsmittel entsprechend ihren verschiedenen Eigenschaften unterschiedlich einsetzt und dadurch Folgeschäden ausschaltet. Eine Methode hierzu ist die integrierte Schädlingsbekämpfung.

Jede Diskussion der integrierten Bekämpfung setzt voraus, daß man über biotische Begrenzungsfaktoren und chemische Schädlingsbekämpfungsmittel verfügt, welche wenigstens teilweise wirksam sind. Sind beide nicht vorhanden, dann gibt es nichts zu integrieren.

* Etwas gekürzte, von J. M. Franz (Darmstadt) besorgte Übersetzung eines Vortrages, den der Verf. am 21. März 1962 in Minneapolis, Minnesota, USA, anlässlich der Tagung des North Central States Branch of the Entomological Society of America gehalten hat. Professor Dr. Ray F. Smith ist der Leiter des Department of Entomology and Parasitology der University of California, Berkeley und Davis, California, USA.

Außerdem fordert die Entwicklung der integrierten Verfahren gewöhnlich die Vermehrung des Komplexes der natürlichen Feinde und auch die Abänderung der Praktiken in der chemischen Bekämpfung.

Ich möchte hier einfügen, daß ich den Ausdruck „biotische Begrenzung“ in einem sehr weiten Sinne verwende. Ich schließe dabei jede Tätigkeit von Parasiten, Räubern oder Krankheitserregern ein, welche die durchschnittliche Häufigkeit eines anderen Organismus herabsetzt. Dieser andere Organismus braucht nicht wirtschaftlich bedeutungsvoll zu sein, und wenn er es ist, dann braucht die Tätigkeit der biotischen Begrenzungsfaktoren nicht dazu zu führen, daß diese Schädlingsart für wirtschaftliche Ansprüche hinreichend reduziert wird. Einheimische belebte Begrenzungsfaktoren sind oft wichtig, ob der Mensch sie nun absichtlich herangeschafft hat oder ob er sie manipuliert oder gar verändert.

Die integrierte Schädlingsbekämpfung beruht auf dem Gebrauch von allgemeingültigen ökologischen Prinzipien. Bisher hat man darunter vor allem die Verwendung und Kombination chemischer und biologischer Maßnahmen verstanden, weil diese beiden Verfahren unsere Hauptwaffen im Kampf gegen Schadinsekten und -milben sind. In der endgültigen Form sind jedoch nicht nur chemische und biologische Methoden zu integrieren, sondern es gilt, alle Praktiken und Verfahren der Erzeugung von Kulturpflanzen so in eine einheitliche Technik zu verschmelzen, daß sie alle zusammen die Schädlinge auf einem wirtschaftlich bedeutungslosen Niveau halten.

Im folgenden möchte ich die drei hauptsächlichsten Grundsätze der integrierten Bekämpfung anführen.

Der erste Grundsatz lautet: „Beachte das Ökosystem“. Der gesamte Komplex der Organismen, also der Schädling, seine natürlichen Feinde, seine Konkurrenten, die anderen Mitbewohner des gleichen Lebensraumes, deren Nahrung usw. zusammen mit der Wirtspflanze und ihrer Kultur, den Unkräutern und anderen Pflanzen, dem Boden und seiner Pflege, die alles umfassenden physikalischen Umweltverhältnisse und in den meisten Fällen auch die verschiedenen mit einwirkenden landwirtschaftlichen, industriellen und sozialen

Tätigkeiten des Menschen: sie alle werden hier als eine Einheit aufgefaßt, eben als das sog. Ökosystem.

Der zweite Leitsatz lautet: „Nutze die Schadensschwelle“. Man bestimmt erst die jeweilige Populationsdichte, bei der eine Schädlingsart Schaden anrichtet oder lästig wird, und richtet die Bekämpfungsmaßnahmen danach so ein, daß sie die betreffenden Schädlinge unter dieser Schadensschwelle halten. Eine Bekämpfung nach diesen Prinzipien ist etwas ganz anderes als eine vorbeugende Behandlung, als eine Behandlung nach dem Spritzkalender ohne Rücksicht auf die Populationsdichte oder gar als Maßnahmen, die den Schädling örtlich oder überall ausrotten sollen.

Der dritte Leitsatz lautet: „Vermeide Störungen der Lebensgemeinschaft“. Notwendige Bekämpfungsmaßnahmen sollten so ausgerichtet sein, daß sie den Schädling hinreichend reduzieren (nämlich bis unterhalb der Schadensschwelle), aber in einer Weise, die andere Teile des Ökosystems nicht durcheinanderbringt und dadurch weitere und vielleicht schwierigere Probleme schafft.

Im folgenden wollen wir diese drei Prinzipien etwas genauer betrachten und ihre Bedeutung für die angewandte Entomologie prüfen.

1. Das Ökosystem

Der erste Grundsatz war: „Beachte das Ökosystem“. Der ganze Komplex der Lebewesen mit dem Anbau der Kulturpflanzen und den übrigen Umweltfaktoren wird zusammen als eine Einheit aufgefaßt, eben als das Ökosystem (s. o.).

Der Gedanke des Ökosystems in der Ökologie ist von einigen kritisiert worden, da er angeblich vage und beim Aufspüren neuer Zusammenhänge nicht brauchbar sei. Dies ist vielleicht wahr, vielleicht aber auch nicht. Auf jeden Fall haben die praktische Erfahrung und die Forschung uns immer und immer wieder bestätigt, daß wir die Insektenpopulationen und ihre Bekämpfung stets im Rahmen eines vielfältigen „Holozöns“ zu betrachten haben (Glen, 1954; Franz, 1961). Oft genug ließ sich zeigen, daß Änderungen an einem Punkt eines landwirtschaftlichen Ökosystems entsprechende Folgen an irgendeinem anderen Punkt in diesem System haben. So mögen z. B. Veränderungen im Abstand der verschulten Pflanzen, in der Bewässerung oder in der Düngung die Pflanzenernährung modifizieren oder die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse innerhalb der Pflanzendecke beeinflussen. Dies mag seinerseits wieder auf die pflanzenfressenden Tiere wirken. Oder, um ein spezifisches Beispiel zu nennen, der Komplex der pflanzenaugenden Milben am Wein wird stark durch eine Schwefelbehandlung gegen Mehltau im Frühling beeinflusst, jedoch reagiert jede Art irgendwie verschieden. Außerdem wirkt diese Behandlung auch auf die Feinde der Milben und auf andere Schädlinge (Smith, 1950). Die Vielfältigkeit dieser Wirkungen und der darauf folgenden Reaktionen muß man verstehen, um Schädlingspopulationen erfolgreich regulieren zu können.

Die durch den Menschen verursachten Umweltveränderungen durch Kultur und Züchtung von Pflanzen und Tieren oder durch seine Bemühungen, unerwünschte Pflanzen und Tiere zu entfernen, haben oft interessante und unvorhersehbare Resultate. So mag z. B. die Entfernung einer Schädlingsart, wenigstens theoretisch, die Zunahme einer anderen Art gestatten. Nicht alle Folgen menschlicher Umweltveränderungen sind übrigens schädlich oder unerwünscht. Viele sind absichtlich und zielen darauf ab, Schädlinge zu regulieren. Pickett (1961) berichtet über eine interessante und unvorhergesehene Nebenwirkung einer langfristigen integrierten Bekämpfung, die in einer allgemeinen Zunahme von solitären Bienen bestand, nachdem man ein modifiziertes Spritzprogramm angenommen hatte. Bei der Diskussion der menschenbedingten Umweltänderungen

sollten wir nicht annehmen, daß bei jeder folgenden Schädlingsplage die biotischen Regulationsfaktoren vernichtet worden waren und wir durch entsprechendes Wiedereinsetzen dieser Gegenkräfte das Schädlingsproblem immer lösen könnten. Die Übervermehrung kann unter Umständen gar nichts mit der menschlichen Umweltveränderung oder mit unterbrochener biotischer Regulation zu tun haben. Andere Gründe, wie z. B. eine Folge witterungsmäßig besonders günstiger Jahre ohne jede Beziehung zu den biotischen Faktoren, vermögen oft Schädlingsvermehrungen auszulösen.

Obwohl wir gern von Ökosystemen reden, wird es doch nicht leicht, die Grenzen eines landwirtschaftlichen Ökosystems zu definieren. Aus praktischen Gründen kann man es auf ein kultiviertes Gebiet, wie eine Weide oder einen Obstgarten, begrenzen; seine Grenzen variieren aber mit den Anbauverfahren, den Eigenheiten der dort vorkommenden Lebewesen und anderen Faktoren. In einigen Fällen kann das Vorkommen von Lebewesen mit sehr weitem Aktionsgebiet die Abgrenzung eines Ökosystems äußerst erschweren. Das trifft z. B. für unsere Untersuchungen über die Luzerneblattlaus (*Therioaphis*), den Luzerneweißling (*Colias*) und einen der dort vorkommenden Marienkäfer (*Hippodamia*) zu. Diese Insekten und viele ihrer natürlichen Feinde bewegen sich viel zu weiträumig, als daß eine einfache Begrenzung des Ökosystems dort möglich wäre. Zusätzlich zu den eben erwähnten auffälligen Schädlingen muß das Ökosystem auch die Kulturpflanzen, die Unkräuter, den Boden und seine Behandlung, das örtliche Klima, die Krankheitserreger der Pflanzen, die große Vielfalt pflanzen-, fleisch- und aasfressender Arthropoden und schließlich den Menschen selbst umschließen. Meistens haben wir nur eine ganz vage Vorstellung von den Wechselbeziehungen in unseren landwirtschaftlichen Ökosystemen. Vielfach können wir tatsächlich nicht einmal bestimmen und unterscheiden, was an nützlichen und schädlichen Arthropoden überhaupt vorkommt (de Fluiter, 1961).

Je dauerhafter die Beziehungen in einem bestimmten landwirtschaftlichen System sind, um so stabiler ist das entsprechende Ökosystem und, sehr häufig auch, um so größer ist die Gelegenheit zur Nutzung biotischer Begrenzungsfaktoren. Wir können also bessere Aussichten für integrierte Bekämpfung in Obstgärten, Wäldern und Dauerkulturen erwarten als in kurzfristigen Anpflanzungen, wie etwa im Gemüsebau. Trotzdem bestehen auch in den letztgenannten Kulturarten Gelegenheiten für eine integrierte Bekämpfung. — Natürlich haben nicht alle Glieder des Ökosystems gleiche Bedeutung. Gewisse phytophage Arthropoden sind gewöhnlich wichtiger als andere. Schlüsselfaktoren (biotische oder physikalische) können ein Ökosystem stark beeinflussen oder die Regulierung einer bestimmten Population in einer bestimmten Zeit entscheidend lenken. Vom Standpunkt der integrierten Bekämpfung ist es zweckmäßig, die phytophagen Arthropoden, die zu einem Ökosystem in der Landwirtschaft gehören, folgenden drei Kategorien zuzuteilen: Dauerschädlinge, Gelegenheitschädlinge und potentielle Schädlinge.

In den Apfelplantagen von Nova Scotia (Kanada), in denen Pickett und seine Mitarbeiter arbeiteten, stellten diese 73 Insekten- und Milbenarten als Schädlinge fest. Nur 3 von diesen Arten waren Dauerschädlinge, 17 Gelegenheitschädlinge, und 53 waren potentielle Schädlinge (Pickett, 1961). Dieses Zahlenverhältnis ist wahrscheinlich typisch für landwirtschaftliche Ökosysteme. Die pflanzenfressenden Arthropoden, die zu den Weinbergen im San Joaquin Valley in Kalifornien gehören, können als ein anderes Beispiel für diese 3 Gruppen dienen. Der Blattsauger (*Erythroneura elegantula* [Osborne]) ist ein Dauerschädling. Er ist sehr häufig in jedem Weinberg, und die meisten Winzer denken, daß jedes Jahr mindestens einmal gegen ihn gespritzt werden muß. Obwohl es fraglich ist, ob das tatsächlich für

jeden Weinberg notwendig ist, wird es wohl für die meisten zutreffen, und deswegen kann man wohl diesen Blattsauger als Hauptschädling bezeichnen. Solche Schlüsselarten, wie etwa auch der Apfelwickler an Äpfeln oder der Baumwollrüßler in Baumwollplantagen, werden gerade bei integrierten Bekämpfungsvorhaben besonders wichtig, da sie gewöhnlich das gesamte Bekämpfungsprogramm entscheidend beeinflussen. Sehr oft entwickelt sich nämlich die gesamte chemische Bekämpfung um diese Schädlinge herum. Sie stellen die „Prellböcke“ für die Einführung integrierter Bekämpfung oder für die Einbürgerung neuer Feindarten dar. Diese Schlüsselarten muß man besonders sorgfältig behandeln, um nicht die natürliche Regulation der gelegentlichen oder potentiellen Schädlinge zu stören. — Gelegenheitsschädlinge sind in unserem Beispiel nur in bestimmten Weinbergen oder in manchen Jahren problematisch. Der Traubenblattfalter (*Desmia funeralis* [Hübner]) und die Traubenschmierlaus (*Pseudococcus maritimus* [Ehrhorn]) sind Beispiele dafür unter kalifornischen Bedingungen. Diese Gelegenheitschädlinge eignen sich besonders für eine integrierte Bekämpfung. Sie werden gewöhnlich von ihren biotischen Begrenzungsfaktoren in Schach gehalten; wenn diese Regulierung gelegentlich versagt oder unterbrochen wird, kann der Schädling zu einer schädlichen Dichte ansteigen. Wir versuchen in solchen Fällen, Methoden zur Voraussage der gelegentlichen Übervermehrungen zu entwickeln, um Bekämpfungsmaßnahmen anzuwenden, welche die bisher regulierenden Faktoren (Feinde) so schnell als möglich wieder zur Wirkung bringen.

Schließlich verursacht die 3. Gruppe, die der potentiellen Schädlinge, keine wichtigen Schäden unter den gegebenen Bedingungen. Wenn wir jedoch versuchen, Dauerschädlinge oder Gelegenheitschädlinge zu bekämpfen, müssen wir besonders darauf achten, nicht diese Bedingungen zu ändern, indem wir chemische oder kulturelle Verfahren einsetzen, in deren Folge vielleicht diese dritte Schädlingsgruppe ihr Potential verwirklichen kann oder welche den Gelegenheitschädlingen erlauben, zu Dauerschädlingen zu werden.

Ein anderer Teil des Ökosystems ist noch von ganz besonderem Interesse für die integrierte Bekämpfung: der Komplex der Parasiten, Prädatoren und Krankheitserreger. Dabei nützt es wenig, nur zu wissen, daß ein bestimmter Schädling einen natürlichen Feind hat. Wir müssen dessen Bedeutung bei der Regulation sowohl des Schädlings als vielleicht auch anderer Insektenarten kennen. Manche natürlichen Feinde haben hierbei wenig oder gar keine Bedeutung und sind tatsächlich nur von ihrem Wirt als Energiequelle abhängig. Solche natürlichen Feinde zu schützen oder zu fördern, hat wenig praktischen Wert. Andererseits reagieren manche Feindarten auf Änderungen der Wirts-(Schädlings-)dichte; sie sind wirksame Begrenzungsfaktoren, wenn sie die Schädlingsbevölkerung unterhalb der Schädlingsschwelle halten, wenigstens in manchen Jahren, in manchen Gegenden oder in gewissen Jahreszeiten, oder wenn sie dazu einen Teil beitragen. Solche teilweise wirksamen Feindarten sind sehr wichtig bei der integrierten Bekämpfung. Es ist das Ziel dieser Methode, solche Feindarten zu vermehren und ihre Wirksamkeit mit anderen Bekämpfungsverfahren zu unterstützen, solange ihre Wirkung ausbleibt. Obwohl genaue Zahlenangaben unmöglich sind, möchte ich meinen, daß es mehr teilweise wirksame Feindarten als vollkommen wirksame gibt. Mit vollkommen wirksamen meine ich hierbei solche, die in der Lage sind, potentielle Schädlinge für dauernd oder für die meiste Zeit unterhalb der Schädlingsgrenze zu halten. Allein die Tatsache, daß bei uns zahlreiche Schadinsekten vorkommen, zeugt davon, daß unter den gegebenen Bedingungen die natürlichen Feinde nicht vollkommen funktionieren.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für nur teilweise wirksames Eingreifen von Feindarten ist die Tätigkeit von

Marienkäfern gegenüber Blattläusen (*Therioaphis* und *Macrosiphum*) an Luzerne in Kalifornien. Während des Frühlings sind die Marienkäfer zusammen mit anderen Umweltfaktoren durchaus in der Lage, diese Blattläuse in fast allen Feldern unterhalb der Schadensschwelle zu halten. Im Frühsommer entgleitet ihnen jedoch aus verschiedenen Gründen die Kontrolle, und die Blattläuse vermehren sich vielerorts zu schädlicher Dichte. In dieser Zeit kann man selektive Insektizide verwenden, um die Blattlausbevölkerung so weit zu reduzieren, daß die Marienkäfer für den Rest der Saison wieder die Oberhand bekommen.

Der Mensch beeinflusst ganz entscheidend ein landwirtschaftliches Ökosystem, wenn er die vorhandenen Kulturpflanzen, ihre Anbauform und die Anbauverfahren bestimmt. Hier handelt es sich um vom Menschen gestaltete, künstliche Ökosysteme. Sie sind dazu ausersehen, viel zu produzieren und oft jedes Jahr andere Pflanzenarten zu tragen, um den menschlichen Bedürfnissen zu dienen. Überleben und Anstieg des Lebensstandards war beim Menschen direkt proportional dem Ausmaß, mit dem er in der Lage war, landwirtschaftliche Ökosysteme aufzubauen, zu erhalten und zu manipulieren. Da heute wenigstens $\frac{1}{3}$ der Weltbevölkerung Hunger leidet, müssen wir fortfahren, diese Techniken zu entwickeln. Die Aussichten sind nicht allzu günstig für die nahe Zukunft, wenn wir 6 statt 3 Milliarden Menschen zu ernähren haben.

Zahlreiche Beweise sprechen dafür, daß in vielen Gebieten und für zahlreiche Kulturpflanzen Insekten ohne entsprechende Bekämpfung die gesamte Ernte oder wenigstens den verkaufbaren Teil derselben vernichten würden. So weisen z. B. Marshall und Morgan (1956) darauf hin, daß sich unter den Bedingungen von British Columbia in unbehandelten Apfelanlagen keine verkäuflichen Früchte erzeugen lassen. Entsprechend sind bei anderen Kulturpflanzen in anderen Gebieten die Verluste zu hoch, um sie ertragen zu können. Zweifellos gibt es viele noch nicht erprobte Verfahren, um die biotischen Begrenzungsfaktoren zu fördern. Trotzdem ist es klar, daß viele unserer Kulturpflanzen eine chemische Behandlung benötigen, um sie vor Schadinsekten oder Milbensschäden zu bewahren, und daß sie diese Form des Schutzes auch brauchen, wenn das gesamte Potential der bei uns vorkommenden biotischen Begrenzungsfaktoren genutzt würde (Larrimer et al., 1962).

Jenen, die empfehlen, man solle einfach zur Natur zurückkehren, sei gesagt, daß in ungenutzten, von Menschen nicht beeinflussten Gebieten riesige Übervermehrungen von Insekten vorgekommen sind und gelegentlich immer noch vorkommen. Das ist z. B. für Heuschrecken nachgewiesen oder für den Tannentriebwickler (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) in Nordamerika und trifft zweifellos auch für manche andere Schädlingsart zu. Für die Entwicklung der Übervermehrung eines Borkenkäfers (*Dendroctonus engelmanni* Hopk.) an der Engelmanssfichte, dem über 1 Million Kubikmeter Bretterholz zum Opfer fielen, war auch der Mensch nicht verantwortlich (Wygant, 1958; Knight, 1961).

Um die Diskussion dieses ersten Grundsatzes abzuschließen, sei gesagt, daß jeder, der sich mit der Schädlingsbekämpfung beschäftigt, es mit einem Komplex voller Wechselbeziehungen zu tun hat, nicht mit einer Anzahl einzelner Fälle. Ein Teil des Ganzen kann nicht geändert werden, ohne daß man gleichzeitig andere Teile mit beeinflußt.

2. Die Nutzung der Schadensschwelle

Den zweiten Grundsatz der integrierten Bekämpfung: „Nutze die Schadensschwelle“ hat man auch die „schmutzige Freilandtechnik“ genannt. Hier handelt es sich um einen Leitsatz, den anzunehmen manchem modernen Landwirt und sogar manchem Entomo-

logen schwierig werden dürfte. Die Erzeuger haben sich angewöhnt, wunderschöne, saubere, insektenfreie Pflanzen in ihren Obstanlagen und Feldern anzustreben. Wir müssen ihnen nun sagen, daß es wichtig ist, Schädlingspopulationen bis zur Schadensschwelle zu erhalten, und daß es sich lohnt, auf eine Ausrottung durch chemische Verfahren zu verzichten. Der Erzeuger sollte nicht fordern, daß man nach einer Behandlung keine Insekten mehr finden kann. Einmal kann er dies durch eine chemische Behandlung wahrscheinlich doch nicht erreichen, höchstens für eine ganz kurze Zeit und in Sonderfällen; hauptsächlich aber soll er sich bemühen, das geeignete chemische Mittel in der richtigen Dosierung und zur richtigen Zeit zu verwenden, und zwar mit dem Ziel, den Schädling nur unter die Schadensschwelle zu drücken, aber nicht bis zum Nullpunkt.

Während der vergangenen Jahre haben landwirtschaftliche Entomologen sich sehr große Mühe gegeben, bessere chemische Verbindungen zu finden. Eine wichtige Methode dabei war, jede neue Verbindung gegen jede Schädlingsart zu testen. Ein Mittel, das 90% Abtötung bald nach der Anwendung ergab, hielt man für besser als ein anderes, das 85% vernichtete, usw. Selten hat man sich darüber Gedanken gemacht, was diese Mittel unter den nützlichen Tierarten anrichten oder wo die Schadensschwelle genau liegt. Jetzt ist es so weit, daß wir nach chemischen Verbindungen suchen, welche vielleicht 50 oder 70% Abtötung erzielen, wenn das genügt, um die Schädlingsbevölkerung unter die Schadensschwelle zu drücken, und besonders, wenn gleichzeitig die natürlichen Feinde verschont werden.

Auf die Frage, wie weit unter der Schadensschwelle die Bevölkerung gehalten werden muß, gibt es nicht nur eine Antwort. Wenn wir eine Art dauernd ausrotten könnten (ich betone das Wort dauernd) und diese Art dann nicht durch eine andere Schadart ersetzt wird, dann ist tatsächlich die vollkommene Vernichtung ein vernünftiges Ziel. Wenn wir dies aber nicht erreichen können, dann ist Ausrottung eine durchaus zweifelhafte Angelegenheit, vor allem auf nur örtlicher Basis. In den meisten Fällen ist es nämlich so, daß, je höher der Populationsstand liegt, den man überleben läßt und der von Menschen nicht beeinflußt wird, um so größer dann die Aussichten sind, eine gewisse Stabilität zu erzielen. Die Beziehungen variieren natürlich von Fall zu Fall, zumal sie von dem Vermehrungsgrad und dem Abstand von üblicher Dichte zur Schadensdichte abhängen. Um es zu wiederholen: 50%ige Reduktion mag in manchen Fällen erstrebenswerter sein als 95%ige.

Der eigentliche Grund dafür, daß wir nicht eine Ausrottung von Schädlingen anstreben sollten, liegt in der Art des biotischen Regulationsmechanismus. Seine Erhaltung hängt davon ab, daß ständig Wirte erreichbar sind und auch sonst die geeigneten Außenbedingungen vorliegen. Im allgemeinen dürfte es zutreffen, daß die Möglichkeiten für erfolgreiches Wirken regulierender Mechanismen um so größer sind, je höher die Schadensschwelle liegt; um so günstiger ist dann auch die Gelegenheit für eine integrierte Bekämpfung. Selbstverständlich darf man nicht übersehen, daß in manchen Fällen die noch erträgliche Populationsdichte des Schädlings extrem niedrig oder = 0 sein kann. Unter diesen Bedingungen ist eine befriedigende Form der Bekämpfung sehr schwer zu erreichen, vor allem für biologische und dementsprechend auch für integrierte Verfahren.

Wenn ich mich für realistische Schadensschwellen einsetze, schlage ich damit nicht vor, von den Hausfrauen zu erwarten, daß sie wurmstichige Äpfel oder mit Blattläusen angefüllten Rosenkohl gutheißen sollen. Ich bitte nur die Landwirte und andere mit der Schädlingsbekämpfung befaßte Personen, daran zu denken, daß nicht jedes Insekt eine wirtschaftliche Minderung der Ernte bedeutet. Zugleich sollte auch seitens der Behörden, die sich mit der Überwachung landwirtschaftlicher Praktiken befassen, anerkannt werden, daß nicht alle

Insekten „Schmutz“ sind und allein ihre Gegenwart am Erntegut nicht notwendigerweise auch die Gesundheit des Verbrauchers gefährdet.

Es soll jetzt nicht der Eindruck entstehen, als ob das Auffinden wirtschaftlich vernünftiger Schadensschwellen leicht wäre. Es bildet jedoch die Grundlage für jeden Fortschritt in der Richtung einer integrierten Bekämpfung. Dabei müssen wir nicht nur mit den Landwirtschaftlern und Volkswirtschaftlern zusammenarbeiten, um das tatsächliche Wertniveau zu bestimmen, sondern wir müssen auch gute Stichprobenverfahren entwickeln, um dem Massenwechsel schnell und leicht folgen zu können. Wie leicht läßt sich das sagen — und wie schwer ist es zu verwirklichen!

Die wirtschaftlichen Schadensschwellen stellen die niedrigsten Populationsdichten dar, welche noch wirtschaftlichen Schaden anrichten; sie lassen sich aber gewöhnlich nicht mit so einfachen Dichteangaben wie etwa: 6 Milben je Blatt oder 2 Raupen je Pflanze erfassen. Wenn wir wieder den Wein als Beispiel herausgreifen, so finden wir, daß die Schadensschwelle für den Blattsauger am Wein beeinflußt wird durch und sich richten muß nach der Sorte des Weines, der Nutzungsform der Trauben (für Wein, Rosinen oder als Tafelobst), der Generation der Blattsauger, der Farbe der Trauben, dem Bezirk und der Anzahl von Tagen zwischen Probeentnahme und Ernte. Außerdem kann auch der Preis der Tafeltrauben in Chicago diese Schadensschwelle in Weedpatch, Kalifornien, beeinflussen. Entsprechende Beispiele gibt es von den verschiedensten Kulturpflanzen.

Ein anderes interessantes Beispiel für den Wechsel der Schadensschwelle mit zunehmender Kenntnis des Schaderregers ist das Beispiel des Birnenblattsaugers (*Psylla pyricola* Förster) an der pazifischen Westküste. Früher haben wir die Schwelle hoch angesetzt und uns nichts aus großen Zahlen der Blattsauger gemacht, vor allem im Vorfrühling und im Herbst nach der Ernte. Nun, da wir über den Zusammenhang von Birnenblattsaugertoxin und Birnenwelke Bescheid wissen, hat sich das Bild geändert, und wir müssen die Schadensschwelle während der ganzen Saison sehr tief ansetzen.

3. Vermeidung von Störungen der Lebensgemeinschaft

Der dritte Grundsatz, „Vermeide Störungen der Lebensgemeinschaft“, bringt zugleich die Anwendung der zwei ersten Grundsätze zusammen mit dem selektiven Gebrauch von Insektiziden, der Vermehrung natürlicher Feinde und manchmal der überwachten Bekämpfung. Mit anderen Worten: wir versuchen, eine Stärkung der biotischen Begrenzungsfaktoren mit der kleinstmöglichen Störung bei den anderen Gliedern des Ökosystems durch solche selektiven Chemikalien zu verbinden. Die Bekämpfungsmaßnahmen werden so angewandt, daß nicht ein anderer Begrenzungsfaktor geschädigt wird. Wir befürworten also den Gebrauch eines Dolches und nicht den einer Bombe. Natürlich wird das eigentliche praktische Verfahren je nach Pflanzenart, Gebiet und Schädling variieren.

Die Einfuhr zusätzlicher natürlicher Feinde ist gewöhnlich der einfachste und beste Weg, um die Feindwirkung zu heben. Das kann manchmal vielleicht nicht möglich sein oder nicht wirkungsvoll bei einigen Schädlingsarten, und dann gilt es, diese Unwirksamkeit der Vertilgungsfaktoren auszugleichen. Manchmal kann man dies durch periodische Freilassung von Parasiten oder Räubern erreichen, durch künstliches Aussetzen von Wirtstieren in Zeiten, in denen sie besonders selten werden, durch Abänderung der Außenfaktoren oder durch selektive Zucht von Parasiten und Räubern. Wie B. P. Beirne kürzlich gesagt hat (Beirne, 1961), wäre es ideal, könnte man ein integriertes Bekämpfungsprogramm entwickeln, indem man erst so viele natürliche Feinde als möglich einführt, dann ihre Wirkung

durch entsprechende Manipulation der Umwelt hebt und schließlich, soweit notwendig, zusätzlich geeignete Insektizide anwendet, um beginnende Übervermehrungen im Keime zu ersticken. Diese Reihenfolge kann aber leider nur selten verwirklicht werden, weil wir bereits eingefahrene Spritzprogramme mit chemischen Mitteln für die meisten unserer Kulturpflanzen haben und dadurch die biotischen Sterblichkeitsfaktoren oft bis zu einem ganz niederen Stand reduziert sind.

Die Änderung der Umwelt zum Zwecke einer Wirkungssteigerung der biotischen Faktoren kann sich u. a. auf eine andersartige Bewässerung, das Arbeiten mit einer Deckfrucht oder auf die Entwicklung größerer Vielfalt unter den Kulturpflanzen beziehen. Zufluchtsstätten für nützliche Arten kann man z. B. schaffen durch Streifenbehandlung mit Chemikalien, durch streifenweise Ernte oder durch die Anlage von behandelten und unbehandelten Feldern nebeneinander. Ferner kann hierzu auch die Bekämpfung von Lebewesen gehören, welche die Wirksamkeit von Parasiten oder Räubern hemmen. Schließlich lassen sich bessere Parasiten und Prädatoren auslesen, welche extreme physikalische Bedingungen oder Insektizide besser tolerieren.

Wo es sich herausgestellt hat, daß vorbeugende Behandlung gegen einen Dauerschädling notwendig ist, muß man selektive Bekämpfungsverfahren entwickeln und verwenden, um dadurch die Feinde anderer Schädlinge zu verschonen. Bei großen Aktionen ist man dabei an solche Chemikalien gebunden, die im Handel zu haben sind. Seitens der chemischen Industrie gab es zwar ein verständliches Zögern, selektive Schädlingsbekämpfungsmittel für einen offenbar nur eng begrenzten Gebrauch zu entwickeln. Dabei sollte man sich in diesen Kreisen doch darüber klar sein, daß wir nicht ein selektives Material für jeden wichtigeren Schädling in jedem Hauptanbauggebiet benötigen und daß wir außerdem nicht absolute Selektivität anstreben, sondern nur relative. Das ist ein Ziel, das auch in den Augen eines Wirtschaftlers besser bestehen kann. Ferner sollten wir mit in Rechnung stellen, daß wahrscheinlich ein tatsächlich erfolgreiches selektives Mittel im Handel viel länger bestehen wird als ein anderes ohne diese Eigenschaft. Schon in der Gegenwart haben wir eine erstaunliche Vielfalt von Chemikalien verfügbar, und der Gebrauch der mikrobiologischen Verfahren vergrößert noch die Möglichkeiten der selektiven Bekämpfung (Franz, 1961). Dabei können wir von Selektivität immer nur reden in bezug auf eine besondere Situation im Freiland. So ist z. B. Parathion ein sehr einschneidendes, nichtselektives Mittel, wenn man es an Luzerne verwendet, obwohl es an anderen Pflanzen in einer bemerkenswert selektiven Weise angesetzt werden kann.

Die selektive Wirkung von Schädlingsbekämpfungsmitteln gegenüber einem Schädlings-/Nützlingskomplex läßt sich auf verschiedenen Wegen erreichen. Da van den Bosch und Stern (1962) dies kürzlich in allen Einzelheiten diskutiert haben, will ich dieses Thema hier nicht näher behandeln. Ich möchte nur betonen, daß wir nicht von der direkten physiologischen Selektivität, wie man sie im Laboratorium bestimmen kann, abhängen. Wir sind vor allem interessiert an einer unterschiedlichen Abtötung unter Freilandbedingungen, und dies hängt ab von der Art der Ausbringung, der Dosierung, der Formulierung, dem zeitlichen Einsatz, dem behandelten Gebiet, der Lebensweise der betroffenen Organismen und der Menge aktiver Rückstände solcher Mittel zusammen mit ihrer gegebenen physiologischen Selektivität.

Das ideale selektive Mittel ist nicht eines, das alle Einzelwesen einer schädlichen Art vernichtet, während es alle natürlichen Feinde verschont. Der Gebrauch eines solchen Mittels würde die Räuber und Parasiten dazu zwingen, das behandelte Gebiet zu verlassen oder in ihm zu verhungern. Ein ideales Mittel verschiebt da-

gegen das Gleichgewicht wieder zugunsten der natürlichen Feinde. Ein solches Insektizid kann teurer als andere sein; bei dem Erfolg, den man sich dabei verspricht, ist die gesamte Einstellung des betreffenden Landwirts entscheidend. Wir alle neigen von Natur aus dazu, das Billigste zu kaufen. Wenn aber das Billigste ein breitenwirksames Insektizid ist, das ein natürliches Gleichgewicht zerstört und dadurch andere, neue Schädlingsprobleme hervorruft, ist es auf die Dauer eben doch nicht billig.

Zum Abschluß möchte ich darauf hinweisen, daß die vielen unerwünschten Nebenwirkungen von Chemikalien uns nicht blind machen sollten gegenüber den vielen positiven Wirkungen, die man mit ihnen erreichen kann. Wir sollten vielmehr dazu angeregt werden, die noch bestehenden Schwierigkeiten zu überwinden. Chemische Mittel sind absolut notwendig für unsere Landwirtschaft, und wir müssen uns sehr um jede mögliche Lösung bemühen, die dazu beiträgt, irgendeine nachteilige Folge zu vermeiden. Meiner Meinung nach kann die integrierte Bekämpfung, wenigstens in gewissen Situationen, solch eine Lösung darstellen. Dies Verfahren hat sich bereits als praktisch und wirksam in unseren Schädlingsbekämpfungsprogrammen erwiesen.

Es hat natürlich auch seine Grenzen und kann nicht sofort oder überall in gleicher Weise angewandt werden, ganz gewiß nicht früher, als bis sorgfältige Untersuchungen für jeden Einzelfall durchgeführt worden sind. Trotzdem, man kann es praktisch verwenden, wenn man erst die Ergebnisse solcher Forschung hat und mit anderen zusammenarbeitet. Es ist im ganzen sehr vielversprechend und sollte uns bei zukünftigen Forschungen auf angewandtem Gebiet als bevorzugte Richtschnur dienen.

Literatur

- Beirne, B. P.: Desirable attributes of biotic agents. *Ent. Soc. Amer.*, Miami, Fla., Nov. 28, 1961.
- Bosch, R. van den, and Stern, V. M.: The integration of chemical and biological control of arthropod pests. *Ann. Rev. Ent.* **7**. 1962, 367—386.
- Fluiter, H. J. de: Die nützlingsschonende Schädlingsbekämpfung und ihre Beziehung zur Taxonomie der Nützlinge und Schädlinge. *Entomophaga* **6**. 1961, 143—154.
- Franz, J. M.: The ecological effect of the control of insects by means of viruses and/or bacteria as compared with chemical control. In: The ecological effects of biological and chemical control of undesirable plants and animals. IUCN Symposium Warszawa 15.—24. 7. 1960 (Leiden 1961), p. 93—105.
- Glen, R.: Factors that affect insect abundance. *Journ. econ. Ent.* **47**. 1954, 398—405.
- Knight, F. B.: Opportunities for integrated control in forest entomology. *Ent. Soc. Amer.*, Miami, Fla., Nov. 28, 1961.
- Larrimer, W. H. [Hrsg.], et al.: Pest control and wildlife relationships. I. Evaluation of pesticide-wildlife problems. National Academy of Sciences, National Research Council, Publ. **920-A**. Washington, D. C. 1962. 28 pp.
- Marshall, J., and Morgah, C. V. G.: Notes on limitations of natural control of phytophagous insects and mites in a British Columbia orchard. *Canad. Entomologist* **88**. 1956, 1—5.
- Pickett, A. D.: The ecological effects of chemical control practices on arthropod populations in apple orchards in Nova Scotia, Canada. In: The ecological effects of biological and chemical control of undesirable plants and animals. IUCN Symposium Warszawa 15.—24. 7. 1960 (Leiden 1961), p. 19—24.
- Smith, L. M.: Mite populations on grapes. Effect of sulfur dust treatments on predatory mites and red spider mite. *Calif. Agriculture* **4**. 1950, Nr. 3, p. 13—14.
- Wygant, N. D.: Engelmann spruce beetle control in Colorado. *Proc. 10. Internat. Congr. Ent. Montreal 1956*, Vol. **4**. 1958, 181—184.