

# Entwicklungstendenzen in der Bekämpfung von Schadorganismen in der Landwirtschaft<sup>1</sup>

Hans-Paul Bosshardt, Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil

Grosse Produktivitätsfortschritte haben die Landwirtschaft an ihre Grenze gebracht: weitere Mehrproduktion führt nur noch zu Überschüssen und Umweltbelastungen und wird damit sinnlos. Diese Situation verlangt eine vermehrte Orientierung der landwirtschaftlichen Produktion hin zur Versorgung der Bevölkerung mit einer reichhaltigen Palette von qualitativ hochwertigen Erntegütern, die unter Schonung der Umwelt, namentlich des Bodens und der Gewässer, erzeugt werden.

Der Landwirt bewältigt heute diese schwierige Aufgabe mit einer Kombination verschiedenster, z. T. neuer Methoden, die Jahr für Jahr sich ständig wechselnden äusseren Umständen angepasst werden müssen: agronomische Methoden (standortgerechter Anbau geeigneter Sorten), administrative Massnahmen (Quarantäne), der Einsatz biologischer Helfer (Nützlinge, Pilze, Bakterien, Viren) und biochemischer Agentien (Pheromone), die Anwendung ausgewählter Chemikalien (spezifisch wirksame, hochaktive, abbaubare Wirkstoffe in geeigneter Formulierung und gezielter Applikation) und die Verwendung sinnreicher technischer Hilfsmittel (Klebfallen, Blattnassschreiber, Unkrautstriegel) werden zu einem wirksamen, umweltschonenden und sozial annehmbaren Verfahren zusammengefügt. Mit diesem flexiblen Instrumentarium, der Integrierten Produktion, und dank genauer Naturbeobachtung gelingt es so dem Landwirt, unter Bewahrung der natürlichen Produktionsgrundlagen gute und ausreichende Ernten unter Dach zu bringen.

## Developments in Agricultural Pest Control

Intensification of agricultural production has reached limits: further increases would result in production of surpluses and in environmental contaminations and other damages to soil and water. This situation requires a more pronounced orientation of agricultural production towards integrated production, i. e. towards high quality goods and improved, ecologically sound methods. Plant protection against pests, diseases and weeds is an important sector. Integrated plant protection tries to solve this difficult problem by combining a variety of methods adapted to the annually changing situation: agronomic methods (crop plant varieties selected according to local conditions, crop rotation), administrative measures (plant quarantine), use of biological (beneficial arthropods, fungi, bacteria and virus) and biochemical agents (pheromones), application of carefully selected chemicals (specifically active, degradable compounds in appropriate formulations and well aimed applications) and the use of technical means (traps, weed combs) are combined to an effective, environmentally sound and socially acceptable system. By this flexible system, which requires precise observations of nature, the farmer can safeguard natural productivity and harvest good and sufficient crops.

## 1 Einleitung

Der Bundesrat umschreibt die Ziele der schweizerischen Landwirtschaft (Sechster Landwirtschaftsbericht, Bern 1984) wie folgt:

- Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigen und gesunden Nahrungsmitteln zu günstigen Preisen,

<sup>1</sup> Text eines Vortrags, gehalten am 19.1.1988 im Rahmen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

- Vorsorge für Zeiten gestörter Zufuhren und Erhaltung der Produktionsbereitschaft,
- Schutz und Pflege der Kulturlandschaft, Beitrag zum Schutz von Umwelt, Pflanzen und Tieren,
- Erhaltung einer bäuerlich strukturierten Landwirtschaft und Beitrag zur dezentralisierten Besiedlung unseres Landes.

Zur Erreichung dieser Ziele – sie sind trotz heftiger Diskussionen um Einzelfragen weitgehend anerkannt – sind seit Jahrzehnten grosse Anstrengungen gemacht worden. Besonders erfolgreich waren die Bemühungen um hohe Erträge: Seit den 30er Jahren wurden die durchschnittlichen Hektarerträge im Feldbau etwa verdoppelt. Züchtung, Anbaumethoden, Düngung und eben auch der Pflanzenschutz leisteten dazu wesentliche Beiträge.

**ERTRÄGE**  
im schweizerischen Feldbau 1931-80

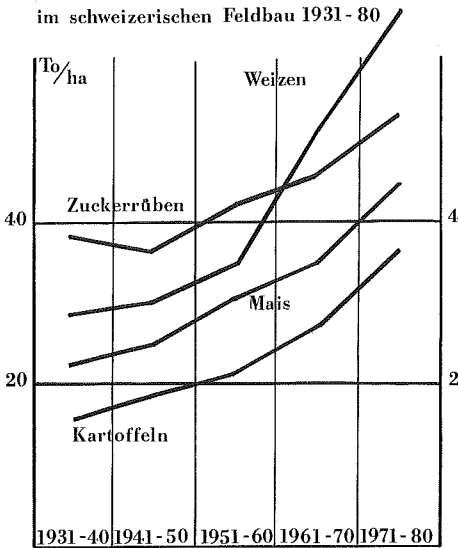


Bild 1 Innert der letzten fünf Jahrzehnte wurden die durchschnittlichen Hektarerträge im Feldbau etwa verdoppelt.

Fig. 1 Within the last five decades average yields per hectare of field crops were almost doubled.

Die Ertragssteigerung zur preisgünstigen Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln ist zwar wichtig, sie ist aber nur ein Ziel unter vielen. Die Qualität der Erntegüter und die nachhaltige Sicherung der Erträge sind zumindest ebenso wichtig. Zudem muss die landwirtschaftliche Produktion den Schutz unserer Kulturlandschaft und die Erhaltung der bäuerlich strukturierten Betriebe gewährleisten. Diese Ziele scheinen im Vergleich zum Ertrag etwas zu kurz gekommen zu sein. In dieser Richtung sind also vermehrte Anstrengungen nötig. Leitidee für diese Anstrengungen ist die sogenannte Integrierte Produktion, wie sie von den Eidg. Forschungsanstalten besonders im Obstbau seit Jahrzehnten entwickelt worden ist und seit Jahren im Weinbau, aber auch im Feldbau und im Gemüsebau mehr und mehr Anerkennung findet und praktische Auswirkungen zeitigt.

Der Grundgedanke der Integrierten Produktion ist im Bild zusammengefasst und am Beispiel Obstbau dargestellt.

Alle Kulturmassnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und zur Erzielung ausgeglichener Ernten von hoher Qualität müssen aufeinander abgestimmt und dem Einzelfall angepasst sein. Dazu gehören selbstverständlich auch die verschiedenen Massnahmen zum Schutz der Kulturpflanzen vor Schadorganismen. Man spricht deshalb von Integriertem Pflanzenschutz.

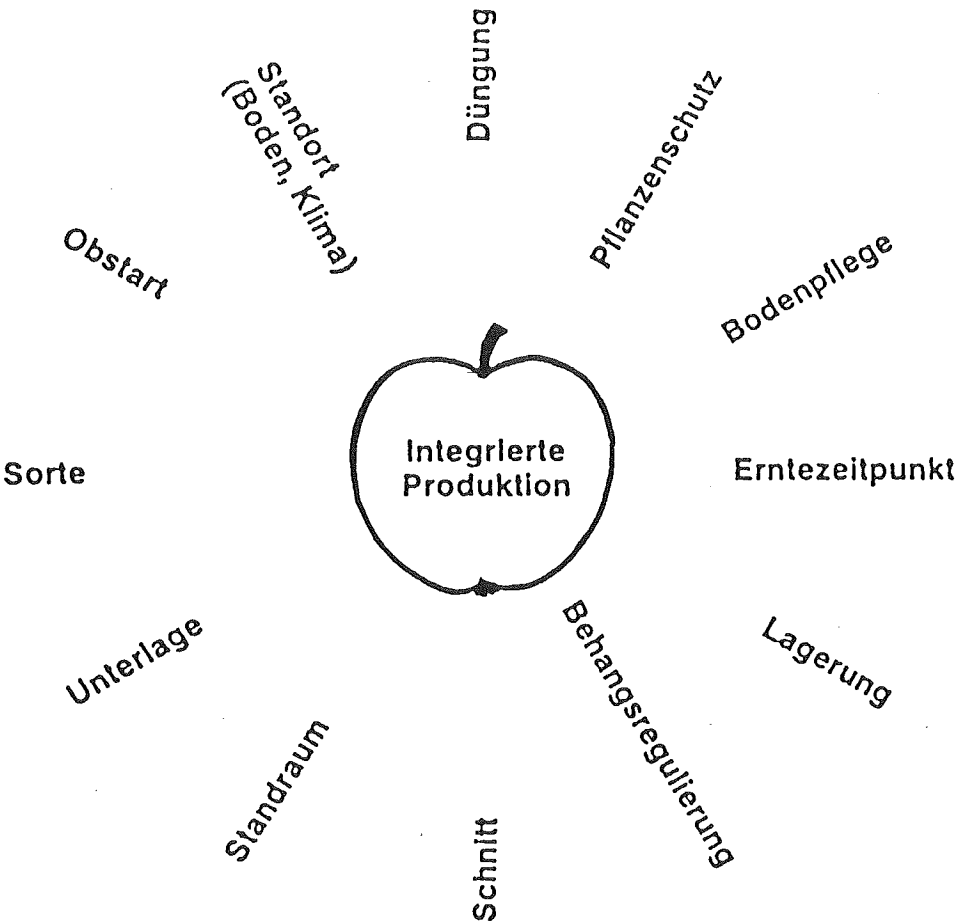


Bild 2 Pflanzenschutz ist neben Düngung und vielen andern Kulturmassnahmen ein wichtiger Faktor in der Integrierten Produktion. Alle Massnahmen sind sinnvoll aufeinander abzustimmen und so dem Einzelfall anzupassen, dass nachhaltig gute Ernten erzielt werden können.

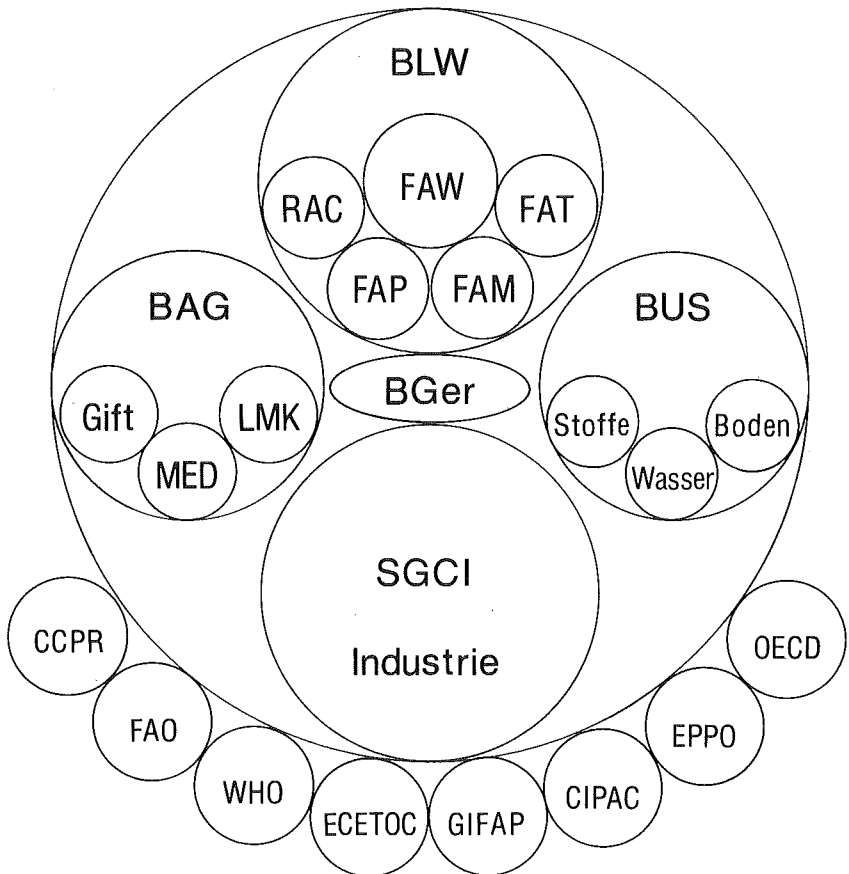
Fig. 2 Plant protection is like fertilization and many other cultural measures an important factor in Integrated Production. All measures have to be reciprocally optimized and adapted to the individual situation in order to lastingly safeguard high quality crops.

## 2 Der integrierte Pflanzenschutz

### 2.1 Das Konzept

Der Integrierte Pflanzenschutz ist die Leitidee für die amtliche Prüfung und Bewilligung von Pflanzenschutzmitteln, wie sie aufgrund des Landwirtschaftsgesetzes von 1951 und der Hilfsstoffverordnung von 1955 geschieht (Th. Wildbolz, 1986). Der Prüfungs- und Bewilligungspflicht unterstellt sind alle Stoffe, Präparate, Organismen und andere Mittel, die landwirtschaftliche Nutzpflanzen vor Krankheiten, Schädlingen, Unkräutern usw. schützen. Aufgrund des Umweltschutzgesetzes ist diese Prüfungs- und Bewilligungspflicht nun auch auf den nichtlandwirtschaftlichen Bereich ausgedehnt worden.

Die Mittelprüfung selbst ist ein vielschichtiges, facettenreiches System, an dem neben den amtlichen Organen viele nationale Forschungsinstitutionen und internationale Organisationen beteiligt sind (Bild 3). Die grundlegenden



Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden zumeist von der Privatwirtschaft geleistet, es geschieht jedoch durch das ganze Netzwerk aller Beteiligten laufend ein gegenseitiger Austausch von Ideen, Erfahrungen und Informationen.

Allein schon das Verfahren zur Festlegung der gesetzlichen Toleranzwerte für Rückstände von Pflanzenbehandlungsmitteln auf Erntegütern zeigt die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Agronomen, Chemikern und Toxikologen: Agronomen legen den biologisch sinnvollen Anwendungszeitpunkt für einen Hilfsstoff und damit die Wartefrist zwischen letzter Anwendung und Ernte fest; Chemiker untersuchen das Abbauverhalten und bestimmen die Rückstandskonzentrationen in den Erntegütern, und Toxikologen beurteilen deren hygienische Bedeutung. Aufgrund umfassender toxikologischer Untersuchungen wird diejenige Menge eines Stoffes ermittelt, die selbst bei chronischer, d.h. oftmals lebenslanger Einnahme in den Versuchstieren keine abträglichen Effekte ergibt (no adverse effect level). In vivo-Studien werden in zunehmendem Mass durch in vitro-Testverfahren ergänzt oder abgelöst. Un-

◀ Bild 3 Am Prüfungs- und Bewilligungsverfahren für Pflanzenschutzmittel sind viele eidgenössische Stellen und internationale Organisationen beteiligt.

- BGer: Schweizerisches Bundesgericht, Lausanne (Abschliessende Instanz)
- BLW: Bundesamt für Landwirtschaft, Bern (Beschwerdeinstanz)
- FAW: Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil (Bewilligungsbehörde für Pflanzenschutzmittel)
- FAP: Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz (Feldbau)
- FAT: Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon
- FAM: Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft Liebefeld-Bern (Bienenabteilung)
- FAC: Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern
- RAC: Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins, Nyon
- BAG: Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern
- LMK: Abteilung Lebensmittelkontrolle
- Gift: Abteilung Gifte
- MED: Medizinische Abteilung
- BUS: Bundesamt für Umweltschutz, Bern; Stoffe: Sektion umweltgefährdende Stoffe; Boden: Sektion Boden und allg. Biologie; Gewässer: Abteilung Gewässerschutz und Fischerei
- SGCI: Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie, Zürich
- CCPR: Codex Committee on Pesticide Residues, Den Haag (Toleranzen)
- CIPAC: Collaborative International Pesticides Analytical Council, Wädenswil (Analysemethoden)
- ECETOC: European Chemical Industry, Ecology and Toxicology Centre, Bruxelles
- EPPO: European Plant Protection Organisation, Paris
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- GIFAP: International Group of National Associations of Agrochemical Manufacturers, Bruxelles
- OECD: Organization for Economic Cooperation and Development, Paris
- WHO: World Health Organization, Geneva

Fig. 3 Testing and Registration of Pesticides requires the cooperation of many federal agencies and international organizations.

ter Berücksichtigung eines angemessenen Sicherheitsfaktors (in der Regel 100) wird dieser Wert auf den Menschen übertragen und so die maximal zumutbare Tagesdosis (acceptable daily intake, ADI) bestimmt. Nach Einrechnung des täglichen Lebensmittelverzehrs (food factor) wird die toxikologisch verantwortbare Limite festgelegt. Sofern die nach agronomisch sinnvoller Anwendung eines Pflanzenbehandlungsmittels zum Zeitpunkt der Ernte auf den künftigen Lebensmitteln verbliebenen Rückstände unter der toxikologischen Limite liegen, kann ein Toleranzwert festgelegt werden (Bild 4).

Die Erfahrung zeigt nun, dass in der Mehrzahl der Fälle die tatsächlich vorhandenen Rückstände und damit auch die gesetzlichen Toleranzwerte weit unter der toxikologischen Limite liegen. Die Untersuchungsergebnisse der Lebensmittelkontrolle ergeben zudem, dass auch die Toleranzwerte zumeist nicht ausgeschöpft werden. Toleranzüberschreitungen sind vergleichsweise selten (wenige Prozent der untersuchten Proben). Diese Tatsachen ergeben hinsichtlich der Rückstandsbelastung unserer Lebensmittel ein günstiges Bild.

Eine positive toxikologische Beurteilung eines Pflanzenschutzmittels ist lediglich eine der Hürden, die auf dem Weg zur Bewilligung bewältigt werden müssen. Die Hilfsstoffverordnung verlangt ja (Art. 9 Abs. 2), dass Hilfsstoffe nur dann zu bewilligen sind, wenn ihr vorschriftsgemässer Gebrauch nicht nur den vorgesehenen Verwendungszweck hinreichend erfüllt, sondern dabei auch keine wesentlichen nachteiligen Nebenwirkungen entfaltet. Solche Nebenwirkungen sind nun nicht allein im humantoxikologischen Bereich zu suchen – diese Aspekte werden durch das Eidg. Giftgesetz und durch die oben beschriebene Beurteilung der Rückstandsfrage abgedeckt –, sondern besonders im ökotoxikologischen Bereich oder auch bei Fragen nach der organoleptischen Qualität der Lebensmittel.

Als Beispiel einer toxikologisch bedeutungslosen, der Lebensmittelqualität aber ausserordentlich abträglichen Geschmacksbeeinträchtigung sei hier der Korkgeschmack von Wein erwähnt, der durch 2,4,6-Trichloranisol verursacht wird und schon in den äusserst geringen Konzentrationen von wenigen ppt (parts per trillion,  $10^{-12}$  oder Mikrogramm pro Tonne) Wein oder auch Wasser

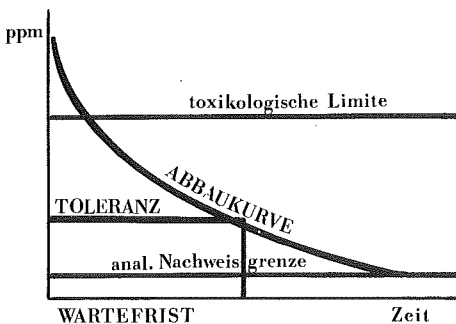


Bild 4 Aufgrund der agronomisch sinnvollen Wartezeit zwischen der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels und der Ernte wird anhand der Abbaukurve der Toleranzwert für Rückstände von Pflanzenschutzmitteln auf/in Lebensmitteln festgelegt, sofern die toxikologische Beurteilung dies erlaubt.

Fig. 4 The waiting period between application of a pesticide and crop harvest is defined by good agricultural praxis. The degradation curve indicates the concentration of pesticide residues in/on food crops where the tolerance has to be set, if the toxicological evaluation permits.

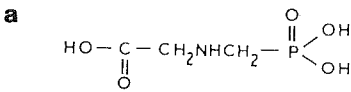
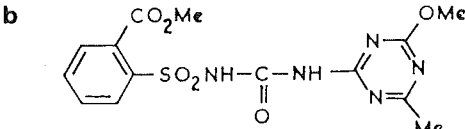
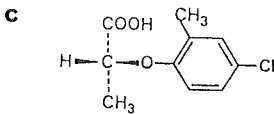
ungeniessbar macht (H. R. Buser, 1982). Es ist deshalb darauf zu achten, dass dieser Stoff, der selbstverständlich in keinem Pflanzenschutzmittel vorkommt, jedoch als Verunreinigung oder als Abbau- und Stoffwechselprodukt in Frage kommen könnte, weder in Erntegütern noch im Grund- oder Trinkwasser auftaucht. Dieses Beispiel macht deutlich, welche grosse Bedeutung einer umfassenden und sehr genauen Abklärung des Abbaus und des Umweltverhaltens der verschiedenen Stoffe zukommt. Die Abbauwege in der Pflanze und namentlich auch im Boden sind eingehend zu untersuchen, wozu sehr feine Nachweisverfahren nötig sind.

Alle diese Prüfkriterien – agronomische, biologische, chemische, toxikologische, ökotoxikologische, organoleptische, physikalische usw. – haben ihre offenkundigen Auswirkungen auf die Palette der Wirkstoffe und Präparate gehabt, die heute zur Anwendung gelangen. (FAW: Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis, EDMZ, 1988.)

## 2.2 Chemische Wirkstoffe

Die Entwicklung in Richtung auf spezifisch wirksame (d. h. für Mensch und Tier wenig giftige), gut abbaubare (d. h. umweltverträgliche) Wirkstoffe lässt sich z. B. auch im Bereich der Unkrautbekämpfungsmittel illustrieren: Trichloressigsäure (TCA) kann zur Bekämpfung von Quecken, einem gefürchteten Ungras, eingesetzt werden. Dieser Stoff – seine Verwendung gehört schon bald der Vergangenheit an – gefährdet wegen seiner leichten Perkolation, der schweren Abbaubarkeit, dem ungünstigen Anwendungszeitpunkt (Herbst) und auch wegen der hohen Aufwandmenge (bis 50 kg/ha) das Grundwasser; in Grundwasserschutz-zonen ist seine Anwendung deshalb untersagt. Die biochemische Wirkungsweise ist sehr unspezifisch: TCA wirkt schädigend auf Eiweiss und damit auch auf alle Enzyme. Wesentlich wirksamer kann der moderne Wirkstoff Glyphosat (Bild 5a: N-Phosphonomethyl-glycin) (E. Grossbard 1985) zur Queckenbekämpfung eingesetzt werden: er wird in Aufwandmengen bis 2 kg/ha im Nachaufverfahren auf die grünen Pflanzenteile ausgebracht. Der Stoff wird von den Pflanzen aufgenommen und im Saftstrom auch in die Wurzeln, Rhizome und Ausläufer transportiert. Die Pflanzen werden durch die spezifische Hemmung der Biosynthese der aromatischen Aminosäuren, Phenylalanin und Tyrosin (N. Amrhein 1980) gleichsam durch Verhungern zum Absterben gebracht und vermögen deshalb nicht mehr auszutreiben. Meistens genügt deshalb eine einmalige Anwendung. Dank seinem zwitterionischen Charakter wird der Wirkstoff vergleichsweise gut an Bodenpartikel gebunden und mikrobiell rasch abgebaut. Wegen diesen Eigenschaften kann er auch in Grundwasserschutz-zonen verwendet werden.

Ein weiterer Schritt in der Entwicklung umweltverträglicher Unkrautbekämpfungsmittel stellt die Gruppe der Sulfuron-Herbizide dar. Der Wirkstoff Metsulfuron-methyl (Bild 5b) kann in Aufwandmengen von lediglich 5 g pro Hektare zur Bekämpfung breitblättriger Unkräuter in Sommergetreide einge-

**glyphosate****metsulfuron-methyl****mecoprop****Bild 5** Drei herbizide Wirkstoffe:

- a Glyphosat, N-(Phosphonomethyl)-glycin  
 b Metsulfuron-methyl, Methyl-2-(3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl) harnstoff-sulfonyl) benzoat  
 c Mecoprop, (R)-2-(4-Chlor-o-tolyloxy) propionsäure

**Fig. 5** Three herbicidal compounds:

- a glyphosate, N-(phosphonomethyl) glycine  
 b metsulfuron-methyl, 2-(3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl) ureido sulfonyl) benzoic acid-methylester  
 c mecoprop (R)-2-(4-chloro-o-tolyloxy) propionic acid

setzt werden (bei Wintergetreide sind 8 g/ha nötig). Dieser für viele Pflanzen extrem aktive Wirkstoff – er hemmt die Biosynthese der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin – ist für Warmblütler, Fische, Bienen und andere Insekten, aber auch für Bodenmikroorganismen ungefährlich, besonders auch deshalb, weil er innert kurzer Zeit (Tage bis wenige Wochen) abgebaut wird, wobei als Hauptmetabolit Saccharin entsteht.

Derartige Wirkstoffe können sachgemäss also ohne Umweltgefährdung angewandt werden; es soll aber nicht verschwiegen sein, dass dadurch die Probleme des offenen Ackerbodens (Erosion oder Verdichtung) und natürlich des böswilligen oder gar kriegerischen Einsatzes nicht behoben sind. Dies kann jedoch nicht der Substanz angelastet werden, sondern liegt im Verantwortungsbereich des Anwenders.

Wesentliche, wenn auch vergleichsweise geringe Verbesserungen haben sich in jüngster Zeit bei den seit Jahrzehnten gebräuchlichen Wuchsstoff-Herbiziden aus der Gruppe der Phenoxypropionsäurederivate erzielen lassen (Bild 5c). Es handelt sich bei dieser Wirkstoffgruppe, die kürzlich um einige neue Verwandte mit besonderem Wirkungsspektrum erweitert wurde, um racemische Verbindungen, deren herbizide Wirkungen durch das R-Enantiomere verursacht werden, wogegen das S-Enantiomere herbizid weitgehend inaktiv ist und als unnötiger Begleitstoff bezeichnet werden kann. Weil es in jüngster Zeit gelungen ist, dank biotechnischer Herstellung der als Ausgangsstoff dienenden optisch aktiven Milchsäure, die optisch aktiven R-Enantiomeren im technischen Massstab rein herzustellen, kann die Aufwandmenge ohne Einbusse an Wirksamkeit halbiert werden.



Moderne Analyseverfahren erlauben die Trennung und quantitative Bestimmung der beiden Enantiomeren (M. Liesner 1987, M.D. Müller 1987, 1988).

Auch bei Fungiziden ist eine Entwicklung in Richtung auf hochaktive, spezifisch wirksame Stoffe festzustellen. Besonders erwünscht ist diese Entwicklung im Weinbau, wo die auf die Dauer untragbare Belastung der Böden durch Kupfer-Fungizide dank dem Einsatz organischer, abbaubarer Wirkstoffe wesentlich reduziert werden kann (Bild 6).

Eine Reduktion der Aufwandmengen pro Hektare konnte auch im Obstbau bei Fungiziden für die Schorfbekämpfung erreicht werden. Mit Hilfe eines Blattnassschreibers kann der Fungizideinsatz den Schorf-Infektionsperioden genauer angepasst werden, wodurch eine Verlängerung der Spritzabstände und damit eine Einsparung der Präparate erzielt werden kann (H. Schüepp, W. Siegfried, E. Bosshard 1984).

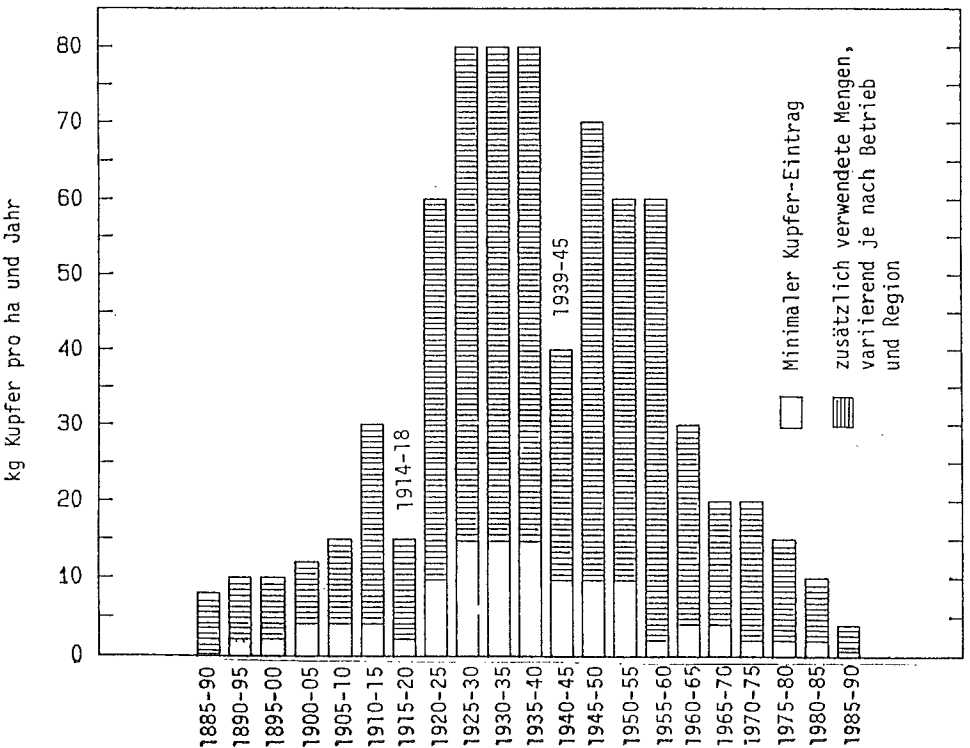


Bild 6 Der Kupfer-Eintrag in weinbaulich genutzte Böden der Ostschweiz konnte im Laufe der letzten drei Jahrzehnte dank der Entwicklung abbaubarer organischer Fungizide wesentlich reduziert werden.

Fig. 6 The load of copper into viticultural soils of eastern Switzerland could be substantially reduced by replacement of copper fungicides by the newly developed degradable organic fungicides.

Wesentliche Fortschritte erfolgten besonders auch im Bereich der Insektizide, und wichtige Entwicklungen zur Niederhaltung der Schadinsektenpopulationen sind im Gang. Der Zeitabschnitt der schwer abbaubaren chlorierten Kohlenwasserstoffe ist längst vorbei. Sie sind abgelöst worden von den meist akut giftigen, jedoch abbaubaren Phosphorsäureestern und Carbamaten und danach von den hochwirksamen Pyrethroiden und einzelnen selektiv wirkenden Stoffen, die als Verpuppungshemmer den Entwicklungszyklus der Insekten stören. Jeder dieser Schritte war verbunden mit einer wesentlichen Reduktion der notwendigen Aufwandmengen und – wenigstens teilweise – einer Verbesserung der Abbaubarkeit. Ob dieser günstigen Aspekte dürfen allerdings die jeweiligen Nachteile nicht übersehen werden. So beeinträchtigen beispielsweise die breit wirksamen Pyrethroide auch die Nützlingspopulationen und können zudem eine direkte Förderung der Spinnmilben bewirken. Diese Nachteile sind besonders gravierend im Weinbau, bedeutsam auch im Obstbau, während sie im Gemüsebau kaum ins Gewicht fallen. Es erstaunt deshalb nicht, dass besonders im Wein- und Obstbau neue Wege zur Niederhaltung der Schädlingspopulationen gesucht wurden.

### 2.3 Biologische Wirkstoffe

In diesen Bereichen sind neue Wege beschritten worden. Umfangreiche Forschungsarbeiten sind seit Jahrzehnten im Gang mit dem Ziel, die chemische Sprache der Insekten zu entschlüsseln. Für eine grosse Anzahl von Schadinsekten – viele gehören zur Familie der Lepidopteren – ist es gelungen, die Sexualpheromone, Duftstoffe, mit denen die Weibchen die Männchen anlocken, zu identifizieren und nachzubauen (H. Arn, M. Tóth und E. Priesner 1986). Mit Hilfe des elektroantennographischen Detektors (EAD: Bild 7) (H. Arn 1975) und weiterer ausgefeilter analytischer Nachweis- und Identifikationsverfahren konnte beispielsweise das Sexualpheromon des einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella*) identifiziert werden (Bild 8). Traubenwickler-Weibchen produzieren in ihren Abdominaldrüsen ein Gemisch von zumindest 7 geradkettigen C<sub>12</sub>- bis C<sub>20</sub>-Alkoholacetaten, von denen in synthetischer Mischung allerdings nur drei Komponenten für maximale Attraktivität nötig sind. Der ungesättigte Ester Z-9-Dodecenylnacetat darf zudem nicht mehr als ein Promille des E-Isomeren enthalten, weil die biologische Aktivität sonst verlorenght (H. Arn 1986 und 1988).

Derartige der Natur nachgebildete Attraktivstoffe können nun nicht nur zur Bestückung von Klebfallen und damit zur Messung der Schädlingspopulationen benützt werden, sondern sie können auch für die sogenannte Verwirrungstechnik verwendet werden, die dazu dient, das Aufspüren der Geschlechtspartner derart zu erschweren, dass die Schädlinge unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle gehalten werden. Die Verwirrungstechnik konnte in einigen Fällen erfolgreich zur praktischen Anwendung gebracht werden. Es sind jedoch einige noch unbefriedigend gelöste Probleme zu mei-

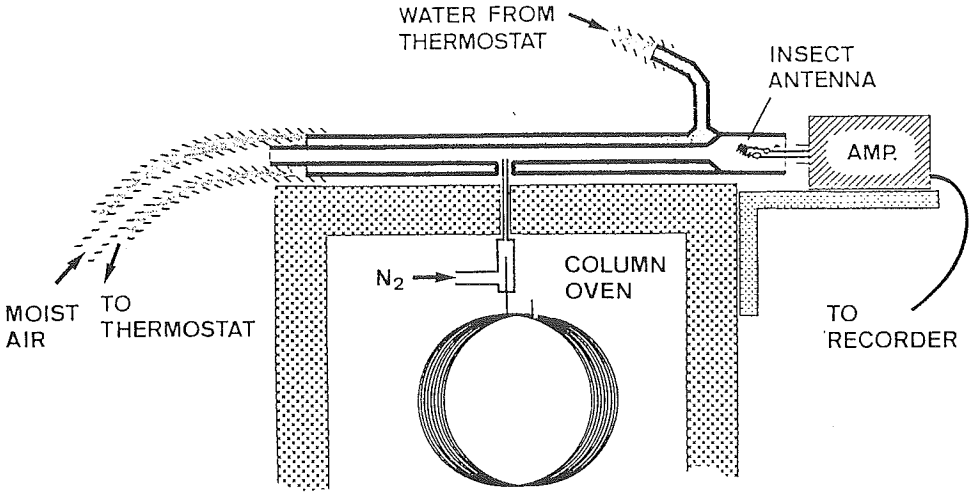


Bild 7 Der Elektroantennographische Detektor (EAD) ermöglicht den Nachweis der biologisch aktiven Pheromon-Komponenten in einem Stoffgemisch, das mit Hilfe der Kapillargaschromatographie aufgetrennt wird.

Fig. 7 The electroantennographic detector (EAD) allows the detection of the biologically active pheromone components in a mixture which is separated on capillary gas chromatography columns.

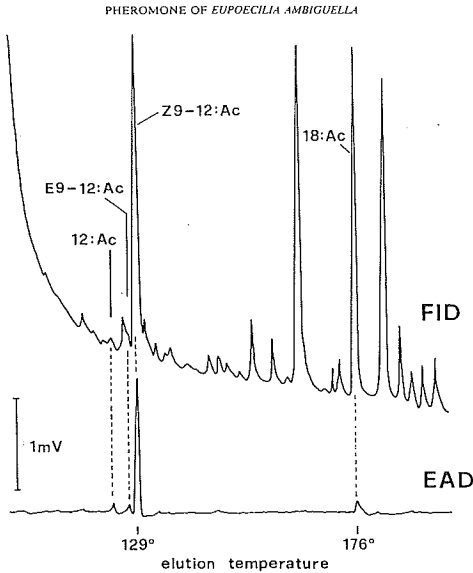


Bild 8 Kapillargaschromatogramm des Extraktes (zwei Weibchenäquivalente) des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella*). Der Flammenionisationsdetektor (FID) weist alle im Extrakt vorhandenen Substanzen nach, der Elektroantennographische Detektor (EAD) nur diejenigen, die von der männlichen Antenne wahrgenommen werden.

Fig.8 Capillary gas chromatogram of *Eupoecilia ambiguella* female wash (two female equivalents) using flame ionization (FID) and electroantennographic (EAD) detection with conspecific male antenna.

stern (Formulierungen, welche eine zweckentsprechende Verdampfungsrate gewährleisten, geeignete Syntheseverfahren usw.), damit diese Technik den Umfang und die Wirkungskonstanz der konventionellen Insektizide erreichen kann. Da es sich bei den Pheromonen um biologisch leicht abbaubare, prinzipiell ungiftige Verbindungen handelt, die schon in geringen Aufwandmengen wirksam sind, so wird dieses Verfahren einen umwelthygienisch bedeutsamen Fortschritt bringen.

Der Entscheid, ob ein Insektizid zur Bekämpfung eines Schädling eingesezt werden muss oder ob darauf verzichtet werden kann, weil die Population unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle liegt, hängt von geeigneten Methoden für Prognose und Überwachung ab. Auch ist der Bekämpfungserfolg oft vom richtig gewählten Zeitpunkt für eine Insektizid-Applikation abhängig.

Für die Kirschenfliege, die auf optische Reize besonders deutlich anspricht, hat sich die Verwendung von Gelbfallen (U. Remund und E. F. Boller 1975) gut bewährt. Diese Fallen, die nach Farbe, Form und Grösse optimiert sind, erlauben eine zuverlässige Abschätzung der Populationen und ergeben bei niederem Befallsdruck sogar eine ausreichende Bekämpfung.

In Verbindung mit verbesserten chemischen und den neuen biochemischen Verfahren gewinnen biologische Methoden zur Bekämpfung von Schadorganismen zunehmend an Bedeutung. So ist es beispielsweise gelungen, durch die Ansiedlung von Raubmilben in Ostanlagen, die in früheren Jahren zur Bekämpfung der Roten Spinne (*Panonychus ulmi*) notwendigen Applikationen von Akariziden unnötig zu machen (Bild 9). Selbstverständlich ist durch eine geeignete Auswahl nützlingsschonender Fungizide darauf zu achten, dass sich die Raubmilbenpopulation im neuen Lebensraum halten kann (Th. Wildbolz 1986).

Der Gefurchte Dickmaulrüssler (*Otiorrhynchus sulcatus*), ein wegen seiner Frassschäden an landwirtschaftlichen Kulturen, besonders aber im Zierpflanzenbau, namentlich bei Rhododendren und andern Moorbeetpflanzen, allgemein bekannter Schädling, kann unter geeigneten Voraussetzungen durch den Einsatz insektenparasitischer Nematoden aus der Gattung *Heterorhabditis* sehr wirksam bekämpft werden (J. Klingler 1986).

Ein weiteres Beispiel für das im Vergleich selbst zu den modernsten chemischen Bekämpfungsverfahren vorteilhafte Abschneiden einer biologischen Methode ist der Einsatz des Apfelwicklergranulose-Virus (Bild 10). Eine 2- bis 3malige Anwendung eines Viruspräparats, das aus gezüchteten Apfelwicklermaden gewonnen wird, die mit diesem Virus infiziert worden sind, ergibt eine sehr gute, hoch spezifische Bekämpfung des Apfelwicklers (*Cydia pomonella*). Wer auf die Verwendung chemischer Pflanzenschutzmittel verzichten will, kann ein solches Viruspräparat einsetzen; aufgrund recht eingehender Kenntnisse über das Wirkungsspektrum besteht für andere Lebewesen, namentlich für Warmblütler, keine Gefährdung. Obwohl dieses Virus in unserem Land natürlicherweise auch vorkommt, müssen die Behandlungen jährlich wiederholt werden, da sich die Viruspopulation offenbar nicht lange, jedenfalls nicht bis zur nächsten Vegetationsperiode halten kann.

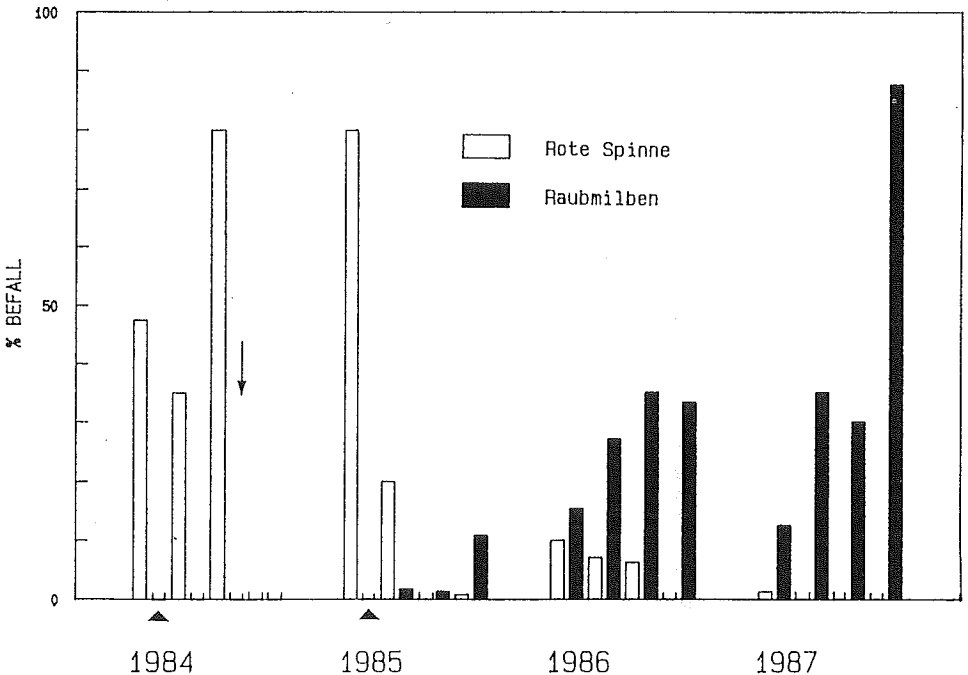


Bild 9 Durch das Aussetzen (▲) von Raubmilben (Phytoseiidae) konnte in einer Apfelanlage der Befall durch die Rote Spinne (*Panonychus ulmi*) derart reduziert werden, dass Akarizidspritzungen (Pfeil) unnötig wurden.

Fig 9 By introduction (▲) of predatory mites (phytoseiidae) into an apple orchard the attack of red spider mites (*Panonychus ulmi*) could be reduced making further acaricide treatments (arrow) obsolete.

Gute Erfolge wurden bei der Bekämpfung der Maikäfer-Engerlinge mit dem Pilz *Beauveria brognartii*, des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) mit einer Schlupfwespe (*Trichogramma maidis*) oder von Blattläusen in Gewächshäusern mit einem Pilzsporenpräparat (*Verticillium lecanii*) erzielt. Im Unterschied zu all diesen biologischen Methoden, die einheimische Nützlinge, die dank biotechnischer Verfahren künstlich gezüchtet und vermehrt werden können, haben gentechnische Verfahren, mit denen neue Kulturpflanzen mit besonderen Eigenschaften hergestellt werden können, noch keine breitere Anwendung in der Landwirtschaft gefunden. Die Zukunft wird zeigen, ob sich diese Verfahren, von denen sehr viel erwartet wird, durchsetzen werden.

All diesen Verfahren, den chemischen wie den biologischen, wohnen gewisse Risiken inne. Aufgrund eingehender Prüfungen wird jedoch versucht, diese Risiken bedeutungslos klein zu halten. Dies darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass trotz umfassender Prüfungen gelegentlich einzelne Aspekte übersehen oder falsch gewichtet werden, so dass Korrekturen an den Empfehlungen oder auch an den Bewilligungen vorgenommen oder gar Rück-

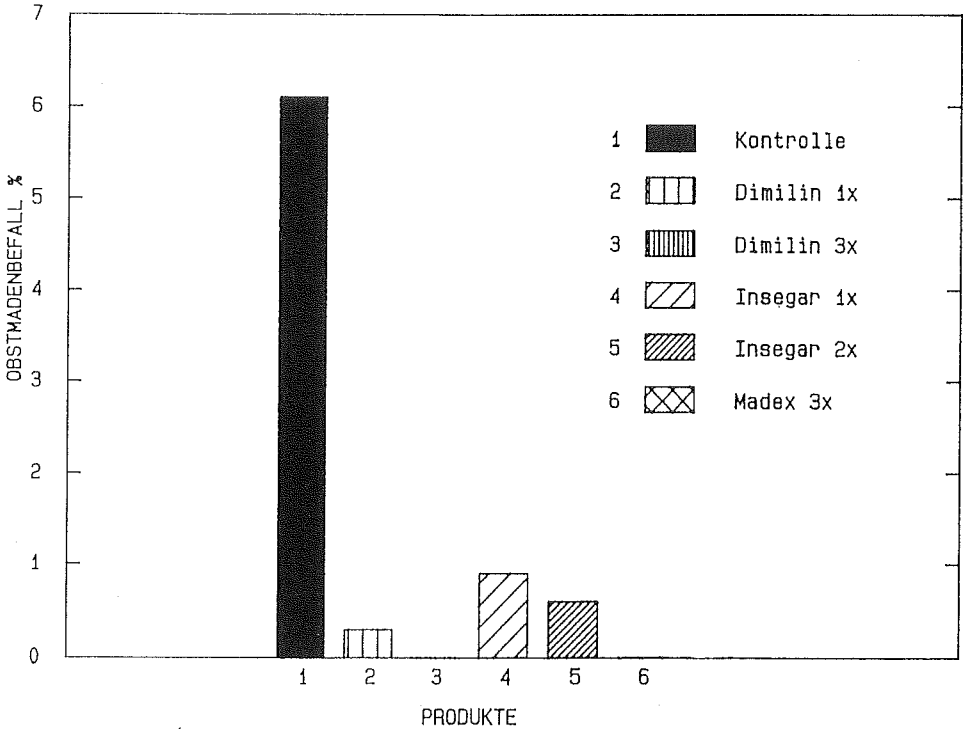


Bild 10 Das Apfelwicklergranulosevirus-Präparat Madex schneidet im Wirkungsvergleich mit den gebräuchlichen chemischen Insektiziden (Dimilin, Insegar) bei der Bekämpfung des Apfelwicklers (*Cydia pomonella*) gut ab.

Fig. 10 The granulosis virus preparation Madex favorably compares in an efficacy trial to the commonly used chemical insecticides (Dimilin, Insegar) in the control of Codling moth (*Cydia pomonella*).

züge verfügt werden müssen. Das flexible Bewilligungsverfahren bietet dazu die Rechtsgrundlage und erlaubt wo nötig rasches Handeln.

#### 2.4 Quarantänemassnahmen

Als beinahe risikofrei können hingegen die administrativen Massnahmen der Quarantäne bezeichnet werden. Dank geschickter Quarantäne kann es gelingen, die Ausbreitung eines Schädling zu verhindern, so dass Bekämpfungsmassnahmen unnötig bleiben. Dafür gibt es erfolgreiche Beispiele. So ist es bis heute gelungen, die Schweiz freizuhalten vom Feuerbrand (*Erwinia amylovora*), einer Bakterienkrankheit, die Kernobstbäume befällt und innert kurzer Zeit zum Absterben bringen kann. Diese Krankheit ist im Jahr 1957 aus dem Osten der USA nach England gelangt und hat sich daraufhin auch auf dem

europäischen Festland festsetzen können. Obwohl die Krankheit auch in Neuseeland und Chile endemisch ist, konnten Australien, Südafrika und Argentinien dank Quarantäne bisher von ihr freigehalten werden. Es besteht deshalb Grund zur Hoffnung, dass der Feuerbrand auch von unserem Land ferngehalten werden kann (R. Grimm 1987).

Quarantänemassnahmen, allenfalls sogar verbunden mit Ausmerzaktionen, sind in solchen Fällen, in denen chemische oder biologische Bekämpfungsmöglichkeiten fehlen, das einzige Verfahren, eine Pflanzenkrankheit unter Kontrolle zu halten und die Ausbreitung zu verhindern. So konnte das Überhandnehmen der Viruskrankheit Sharka, die Zwetschgenbäume befällt und massive Qualitäts- und Ertragseinbussen verursacht, in der Schweiz bis heute verhindert werden (G. Schmid 1988).

Die Reihe dieser Beispiele zeigt, wie vielgestaltig die Verfahren sind, die unsere landwirtschaftlichen Kulturen vor Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen bewahren helfen. Um sie zweckmässig einsetzen zu können, benötigen die Landwirte genaue Kenntnisse der Kulturpflanzen, ihrer Kulturbedingungen und der Schadorganismen. Eine entsprechende solide Ausbildung, ein reger Erfahrungsaustausch, eine laufende Beratung, die auf unablässiger Forschung beruht, sind unabdingbar, soll es den Landwirten Jahr für Jahr gelingen, die ganze Bevölkerung ausreichend mit guten Lebensmitteln zu versorgen. Es ist nicht selbstverständlich, dass dies bisher in so reichem Mass möglich war, und es ist nicht selbstverständlich, dass es in Zukunft so bleiben wird. Die Bauern verdienen den Dank und die Unterstützung aller.

### 3 Literatur

- Amrhein, N. et al. (1980): The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate. *Plant Physiology* 66, 830–834.
- Arn, H., Städler, E., and Rauscher, S. (1975): The electroantennographic detector – a selective and sensitive tool in the gas chromatographic analysis of insect pheromones. *Z. Naturforsch.* 30c: 722–725.
- Arn, H., Töth, M., and Priesner, E. (1986): List of Sex Pheromones of Lepidoptera and Related Attractants. Organisation Internationale de Lutte Biologique, Paris. 120 Seiten. Erhältlich inkl. Addenda 1986/87 (24 Seiten) von der Eidg. Forschungsanstalt, 8820 Wädenswil. (Fr. 25.–).
- Arn, H., Rauscher, S., Buser, H. R., and Guerin, P. M. (1986): Sex pheromone of *Eupoecilia ambiguella* female: Analysis and male response to ternary blend. *J. Chem. Ecol.* 12, Nr. 6, 1417–1429.
- Arn, H. (1988): Chemical and Biological Characterization of Lepidoptera Sex Pheromones. 32. Annual CIPAC-meeting, Geneva, Switzerland (unveröffentlicht).
- Buser, H. R., Zanier, C., Tanner, H. (1982): Identification of 2,4,6-Trichloroanisole as a Potent Compound Causing Cork Taint in Wine. *J. Agr. Food. Chem.* 30, 359–362.
- Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ) Bern:
- Verordnung über landwirtschaftliche Hilfsstoffe (Hilfsstoffverordnung) vom 4. Februar 1955 (Stand 1. Januar 1987). SR 916.051.
  - Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung) vom 9. Juni 1986. SR 814.013.

- Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung) vom 27. Februar 1986 (samt Änderung vom 20. August 1987) SR 817.022.
  - Sechster Bericht über die Lage der schweizerischen Landwirtschaft und die Agrarpolitik des Bundes, Bern 1984.
- Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil (1988):
- Pflanzenschutzempfehlungen für den Erwerbsobstbau.
  - Pflanzenschutzmittel und weitere Hilfsstoffe bewilligt für die Landwirtschaft. Verzeichnis 1988/89. Erhältlich bei EDMZ, 3000 Bern (Fr. 12.-).
- Grimm, R. (1987): Feuerbrand – bakterielle Gefahr für Kernobstbäume. NZZ, Forschung und Technik, Nr. 88, 15. April 1987.
- Grossbard, E., and Atkinson, D. (1985). The Herbicide Glyphosate. Butterworth, London, 490 Seiten.
- Klingler, J. (1986): Einsatz und Wirksamkeit insektenparasitischer Nematoden gegen den Gefürchten Dickmaulrüssler, Gärtnermeister 89, 277–279.
- Liesner, M. et al.: Methods for the Determination of Mecoprop and Dichlorprop Enantiomers (1987). 31. CIPAC-meeting Oeiras, Portugal (unveröffentlicht).
- Müller, M. D., and Bosshardt, H.-P. (1987): Practical approach to separation of enantiomers in pesticide analysis. 31. Annual CIPAC-meeting, Oeiras, Portugal (unveröffentlicht).
- Müller, M. D., and Bosshardt, H.-P. (1988). Enantiomer Resolution and Assay of Propionic Acid-Derived Herbicides in Formulations by Using Chiral Liquid Chromatography and Achiral Gas Chromatography. J. Ass. Off. Anal. Chem. 71/3 (614–617).
- Remund, U. und Boller, E. F. (1975): Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten einer neuen visuellen Falle für die Kirschenfliege *Rhagoletis cerasi* L. Z. ang. Ent. 77, 348–353.
- Schmid, G. (1988): Günstige Sharka-Situation in der Schweiz erhalten. Schweiz. Z. Obst- u. Weinbau 124 (240–245).
- Schüepp, H., Siegfried, W. und Bosshardt, E. (1984): Gezielte Schorfbekämpfung setzt zuverlässige Überwachung der Infektionsbedingungen voraus. Schweiz. Z. Obst- u. Weinbau 120, 215–227.
- Wildbolz, Th. und Staub, A. (1986): Raubmilbenansiedlung im Obstbau. Schweiz. Z. Obst- u. Weinbau 122, 483–488.
- Wildbolz, Th. (1986): Pflanzenschutzmittelprüfung und Integrierter Pflanzenschutz in der Schweiz. Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie 2/85, 37–44.