

Zeitschrift: Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft =
Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss
Entomological Society

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 70 (1997)

Heft: 1-2

Artikel: Populationsschwankungen des Apfelwicklers *Cydia pomonella* (L.) in
ungestörten Apfelbeständen der Ostschweiz

Autor: Mani, Erwin / Wildbolz, Theodor / Riggenbach, Walter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-402663>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Populationsschwankungen des Apfelwicklers *Cydia pomonella* (L.) in ungestörten Apfelbeständen der Ostschweiz

ERWIN MANI¹, THEODOR WILDBOLZ², WALTER RIGGENBACH² &
HANNA STAUB³

¹ Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, CH-8820 Wädenswil

² CH-8820 Wädenswil, früher Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil

³ CH-8824 Schönenberg, früher Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil

Population dynamics of codling moth, Cydia pomonella (L.), in undisturbed apple orchards of eastern Switzerland. – Codling moth populations were studied over several years on apples in eastern Switzerland: (1) In a stand of standard trees not treated with pesticides for years (Grabs); (2) In 3 small commercial orchards (0,5–1,3 ha) with apple bushes, where codling moth control (insecticides or SIT) was interrupted (Grabs, Uetwilen, Marschlins). On standard trees the codling moth population remained at a rather balanced level of 8'000–25'000 larvae/ha (fruit attack 7–24 %) during the survey 1968–1976. In the 3 commercial orchards the initial codling moth population was very low (260–430 larvae/ha, 0,5–1 % fruit attack) due to regular insecticide applications. After interruption of control measures (insecticides or SIT) the population rose in 1–2 years to a higher level, different for each orchard (4'000–10'000 larvae/ha, 4–7 % fruit attack). The increase occurred at the same speed in the non-isolated orchard Grabs and in the well isolated orchards Uetwilen and Marschlins. In all three orchards immigration seemed to be of some importance. In Grabs the codling moth population on standard trees (absolute value and percent fruit attack) was clearly higher than in the adjacent commercial orchard. Old standard trees have more and better shelters for overwintering larvae than apple bushes. They also are visually more attractive for flying moths. Population changes from one year to the other can largely be explained by the weather character of the summer, decisive for oviposition of codling moth in temperate climate. Due to the lack of basic data the importance of other factors is difficult to assess.

Keywords: Codling moth, apple trees, population dynamics.

EINLEITUNG

Der Apfelwickler ist ein alter Konkurrent des Menschen. Beide interessieren sich für dieselbe Nahrung, den Apfel und die Birne. Entsprechend ist die Schadensschwelle, die der Obstbauer toleriert, niedrig. Nur 0,5–1 % der Früchte dürfen befallen sein. Deshalb ist es nicht einfach, die Populationsdynamik dieses Insektes zu studieren.

Solche Studien sind heute wieder von besonderer Wichtigkeit. So wird es mancherorts schwieriger, den Schädling wie gewohnt mit Insektiziden zu bekämpfen. Insektizidresistenz breitet sich aus und nimmt besonders in Nord-Italien und Frankreich bedrohliche Ausmasse an (CHARMILLOT, 1995). Im weiteren wirken alternative Bekämpfungsverfahren, wie die Paarungshemmung durch das Verdampfen von Pheromonen, nur grossflächig auf ganze Populationen. Wollen wir deren Wirkung verstehen und verbessern, braucht es vermehrtes Wissen über die Populationsdynamik.

Die Literatur über den Apfelwickler und seine Dynamik ist sehr umfangreich. Übersichten finden sich bei PUTMAN (1963), BOVEY (1966), AUDEMARD (1991), BAR-

NES (1991) und SOLOMON (1991). Der Apfelwickler kommt fast überall vor, wo der Apfel angebaut wird. Je nach Region sind es aber andere Faktoren, welche die Populationsdynamik vorwiegend beeinflussen. Klima und Witterung, Generationenzahl, Fertilität, Fruchtangebot, Wanderungstendenz, Überwinterungsquartiere, Antagonisten und Bekämpfungsverfahren sind alle wichtig und stehen je nach Situation im Vordergrund. Die Basis bildet jedoch das populationsdynamische Grundmuster: eine relativ ortstete Insektenart, ohne extreme Vermehrungen, welche das vorhandene Nahrungsangebot ausnützt, ohne es zu zerstören. Der Apfelwickler ist ein typischer Vertreter des K-Typs im r-K Kontinuum (CONWAY, 1976; SOUTHWOOD, 1977).

Wollen wir die Apfelwicklersituation in einem bestimmten Gebiet verstehen, braucht es Studien an Ort. Entsprechende Untersuchungen haben wir vor Jahren durchgeführt, und zwar in Zusammenhang mit der 'Sterilen Insekten Technik' (SIT) (MANI *et al.*, 1978). Wir überwachten die Apfelwicklerpopulationen in einem seit jeher ungestörten Apfelhochstammbestand sowie in drei kleineren Niederstammanlagen, in denen die Apfelwicklerbekämpfung bei Versuchsbeginn eingestellt wurde. Die Resultate sollen in dieser Arbeit zusammengefasst und soweit möglich interpretiert werden.

MATERIAL UND METHODE

Anzahl Generationen, Anbauform des Apfels

Der Apfelwickler tritt in der Zentral- und Ostschweiz im wesentlichen in einer Generation auf. Etwa die Hälfte der Population ist genetisch fixiert univoltin. Der Rest ist polyvoltin und bildet in Jahren mit einem warmen Vorsommer eine partielle Sommergeneration (WILDBOLZ & RIGGENBACH, 1969).

Die Nahrungsbasis des Apfelwicklers ist im wesentlichen der Apfel- und Birnbaum. Der Kernobstanbau hat sich in unserem Gebiet in den letzten vier Jahrzehnten grundlegend verändert. Früher herrschte extensiver Streuobstbau mit mächtigen Hochstämmen vor (Abb. 1). Die Ernte schwankte von Jahr zu Jahr beträchtlich. Der Apfelwickler wurde kaum bekämpft und fand unter der Rinde der alten Bäume ideale Überwinterungsmöglichkeiten.

In den letzten Jahrzehnten breiteten sich Niederstammanlagen mit kleineren Bäumen aus. Der Schädling wird hier regelmässig bekämpft. An den immer kleiner werdenden Bäumen fehlt es zunehmend an geeigneten Überwinterungsmöglichkeiten. Die Reste des alten Streuobstbaues sind je nach Region noch recht zahlreich vorhanden und bilden die Quelle für Neuinfektionen.

Zur Zeit der Versuche (Ende 60er / anfangs 70er Jahre) war die Umstellung des Apfelanbaus auf Niederstamm in vollem Gang. In den Ertragsanlagen herrschte die Dreiast-Hecke (Abb. 2) mit verhältnismässig kräftig ausgebildeten Hauptelementen (Stamm, zwei Hauptäste) vor. Die Baumzahl betrug zwischen 400–600 Pflanzen/ha. (Seither sind die Bäume in den Obstanlagen noch wesentlich kleiner geworden, und es werden heute zwischen 1'500 und 3'000 Bäume/ha gepflanzt.) In dieser Situation war es sinnvoll, die Dynamik des Apfelwicklers in extensiven Hochstammbeständen und in der damals aktuellen Form der Niederstammanlagen zu studieren.

Meteorologische Daten

Massgebend für den Zeitpunkt des Apfelwicklerfluges ist die Temperatursumme mit der Basis 10 °C (Addition der die Basis übersteigenden Beträge der



Abb. 1. Apfelhochstamm Grabs.

Tagesmitteltemperaturen). Entscheidend für die Eiablage ist jedoch die Abendtemperatur (SCHNEIDER *et al.*, 1957). Die Temperatursumme basiert auf einem Dreier-Tagesmittel (7.30, 13.30, 21.30 Uhr); die Abendtemperaturen wurden um 21.30 Uhr gemessen (alle Angaben Normalzeit). Wir benützten die Temperaturwerte der Wetterstation Wädenswil (Abb. 3), die ein gutes Mass für den Witterungscharakter im Anbaugebiet der Ostschweiz sind.

Populationserhebung

Die Populationen des Apfelwicklers wurden in einem Hochstammbestand und in drei kleineren Niederstammanlagen anhand von Stichproben im Spätsommer und Herbst ermittelt. An bestimmten Bäumen wurden alle Früchte (Fall- und Pflückobst) auf Apfelwicklerbefall kontrolliert. Dabei wurde zwischen ausgewachsenen Raupen und nicht überwinterrungsfähigen Jungraupen unterschieden. Für den Obstbauern ist der Schaden beider Kategorien zwar gleich schmerzhaft. Für die Populationsentwicklung zählen dagegen nur die überwinterrungsfähigen, ausgewachsenen Raupen. Als Stichprobeneinheit wurden bei den Hochstämmen Einzelbäume und in den Niederstammanlagen Baumgruppen von 3–4 Bäumen kontrolliert. Von den Resultaten der ausgewerteten Bäume (jeweils ca 20% aller Bäume) wurde auf die Apfelwicklerpopulation pro Hektar (Raupen/ha) umgerechnet. Die gefundenen Werte wurden in einem Säulendiagramm dargestellt. Die Veränderung von Jahr zu Jahr wurde anhand eines Vermehrungs- resp. Reduktionsfaktors ausgedrückt: Anzahl ausgewachsene Raupen/ha im Vorjahr im Verhältnis zur Anzahl ausgewachsene und junge Raupen/ha im Folgejahr.



Abb. 2. *Oben:* Typische Dreiast-Niederstammanlage. *Unten:* Dreiast-Apfelbaum im Winter.

POPULATIONSSCHWANKUNGEN DES APFELWICKLERS *CYDIA POMONELLA* (L.)

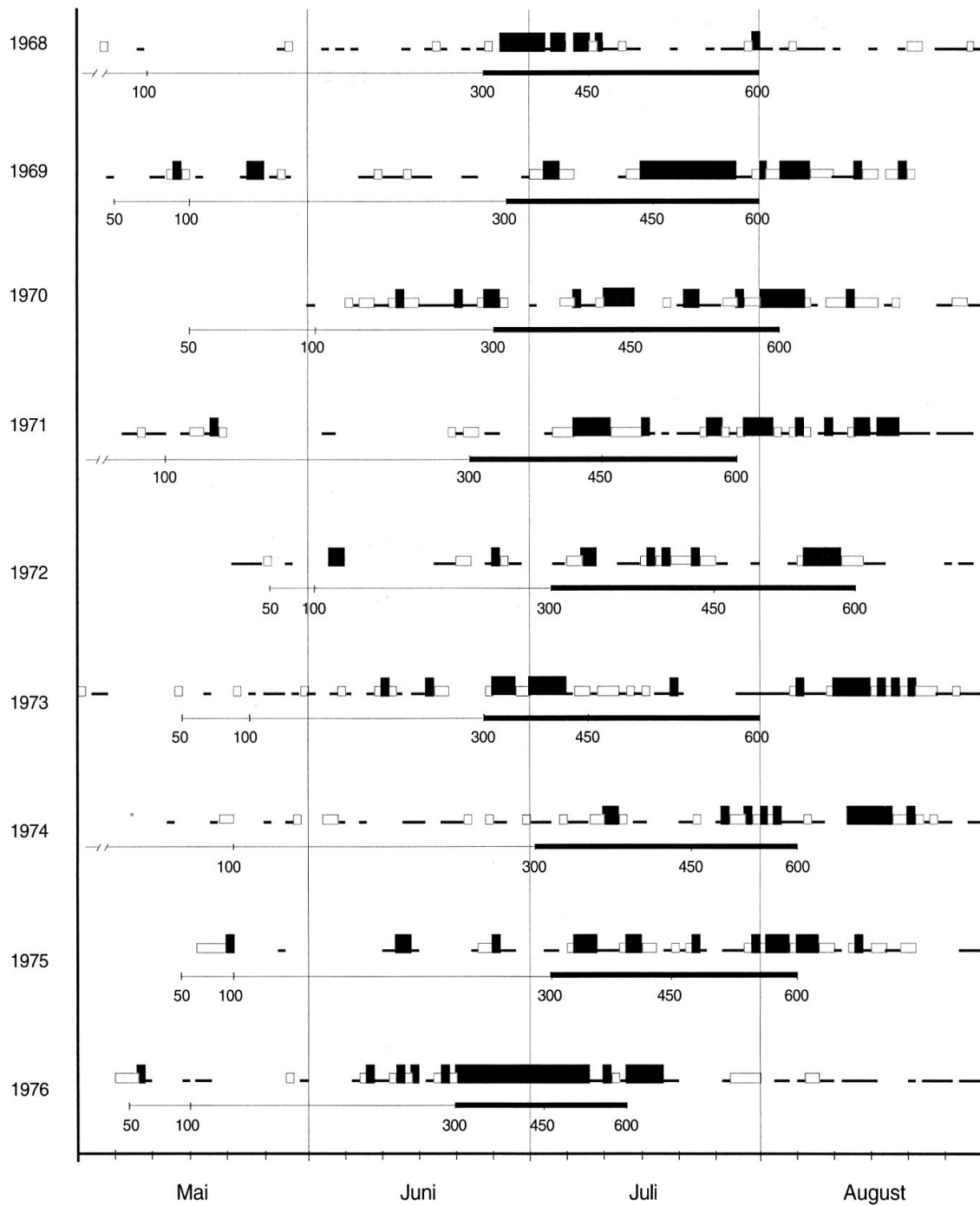
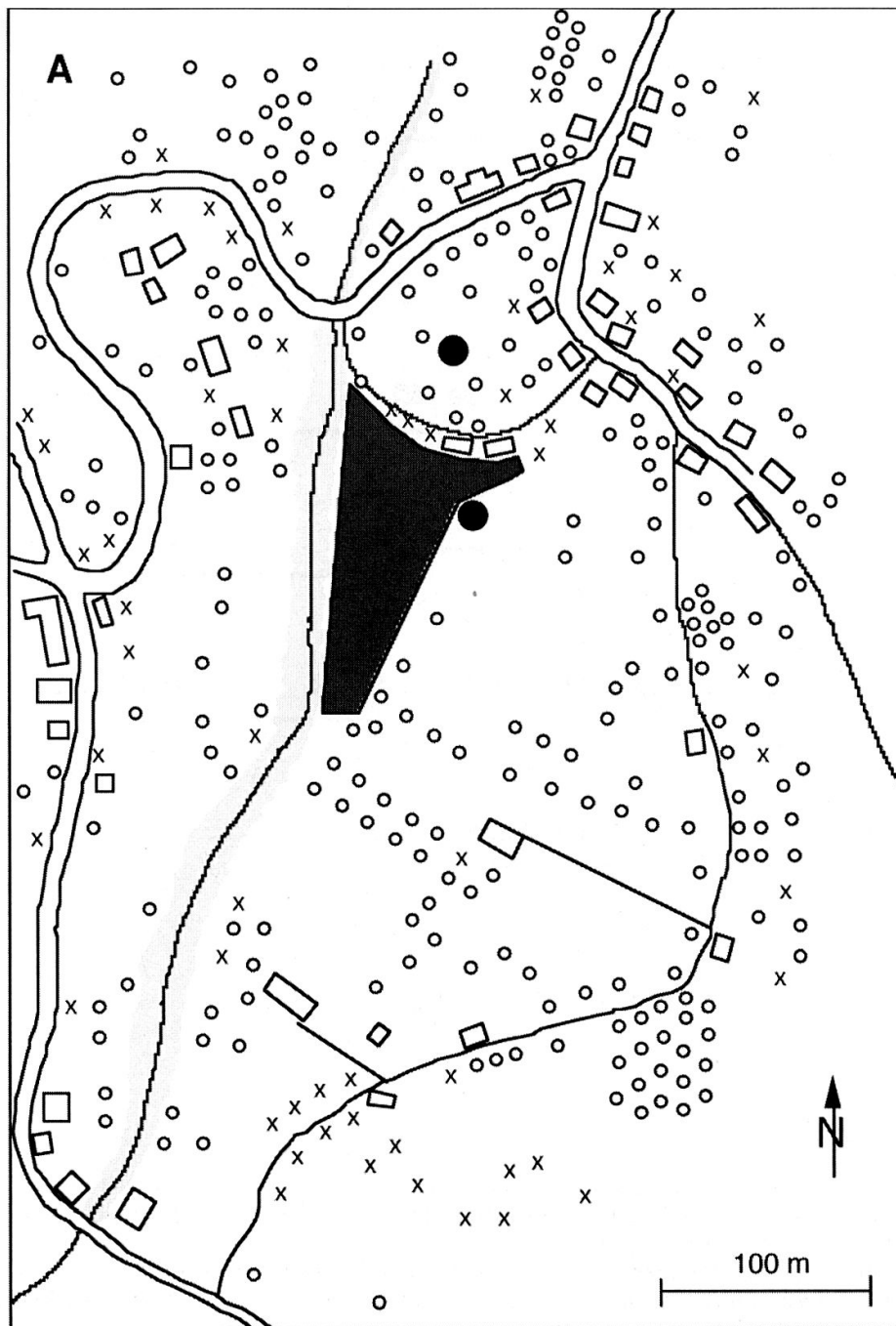


Abb. 3. Abendtemperaturen und Temperatursummen der Wetterstation Wädenswil 1968–1976.
 Oben: Abendtemperaturen um 21.30 Uhr. Keine Signatur: unter 15°C; Linie: 15–17,5°C; weisser Balken: 17,5–20°C; schwarzer Balken: über 20°C.
 Unten: Temperatursumme: Summe der die Basis von 10°C übersteigenden Beträge der Tagesmitteltemperaturen. Tagesmitteltemperatur: Dreiertagesmittel (7.30, 13.30, 21.30 Uhr. Flugbeginn des Apfelwicklers: 50–100°C; Hauptflug: 300–600°C (nach SCHNEIDER *et al.*, 1957).

Hochstämme Grabs SG: Das Gebiet liegt im oberen Rheintal. Noch heute, 20 Jahre nach den Erhebungen, stehen zahlreiche dieser alten Apfelhochstämme verschiedener Sorten (Abb. 4A). Die Bestandesdichte ist recht unterschiedlich. Die ursprünglichen Bestände wurden durch Mäusefrass und andere Einflüsse stark gelichtet. Wir gehen deshalb von einem durchschnittlichen Bestand von 20 Bäumen/ha aus. Als Stichprobe wurde der Ertrag von zwei seit jeher ungespritzten, über sechzigjährigen Bäumen (Lokalsorten) erhoben. Infolge von Alternanz schwankte die Fruchtzahl von Jahr zu Jahr und von Baum zu Baum beträchtlich. Pro Jahr wurden zwischen 2'400 und 13'700 Früchte kontrolliert.



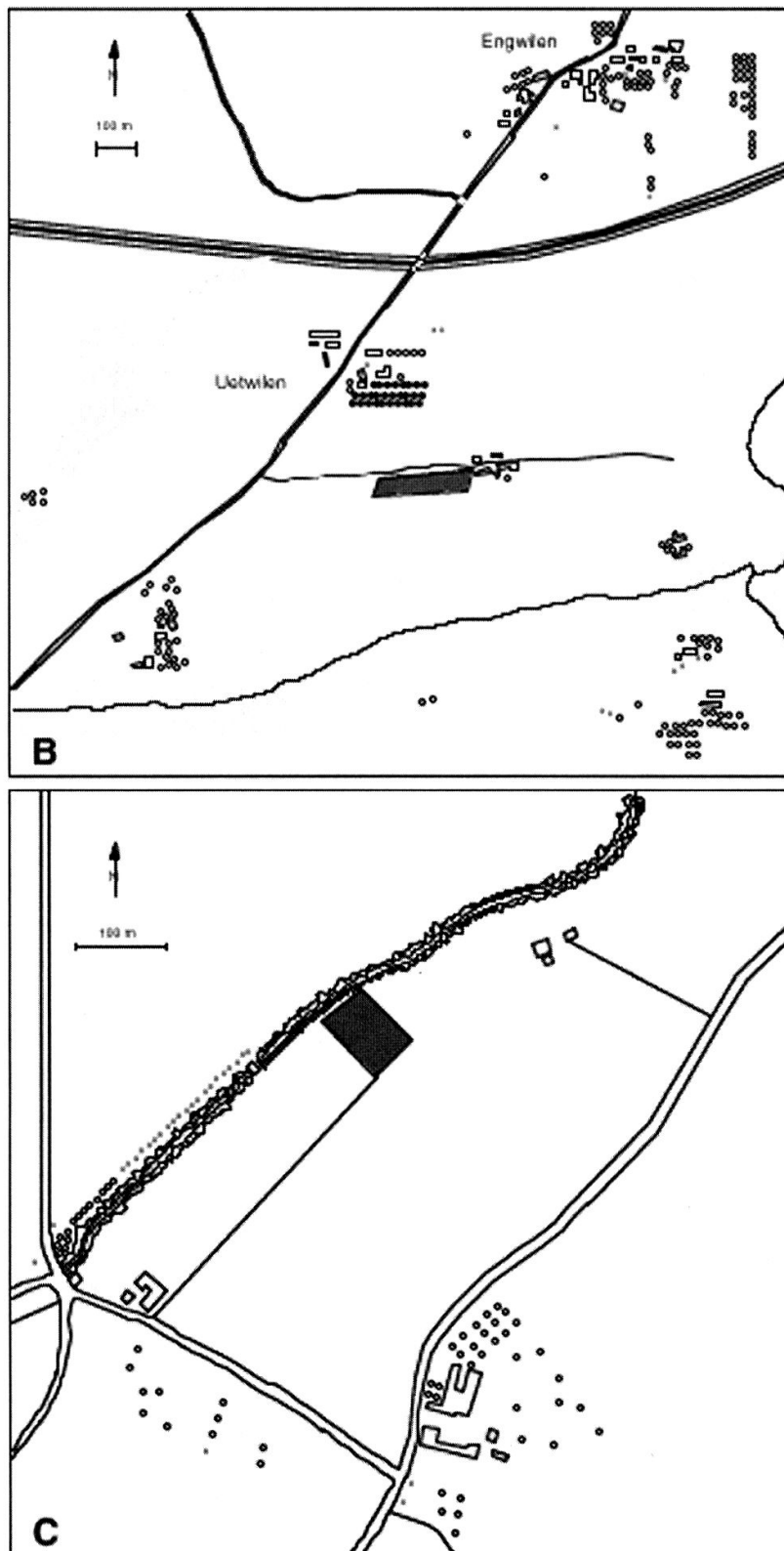


Abb. 4. Pläne der Apfel-Niederstammanlagen und ihrer Umgebung. A. Grabs; B. Uetwilen (Engwilen); C. Marschlins (Landquart).
 Feld mit dunklem Raster: Versuchsanlagen; Flächen mit hellem Raster: Wald; o Apfelhochstämme, unbehandelt; X Birnenhochstämme, unbehandelt; ● kontrollierte Apfelhochstämme, unbehandelt (Grabs); • Apfelhalbstämme, behandelt (Uetwilen).

Niederstammanlage Grabs SG: Die 0,8 ha grosse Apfelanlage befand sich in unmittelbarer Nähe des Hochstammbestandes (Abb. 4A). Pflanzjahr: 1960; Sorten: Golden Delicious, Gravensteiner, Jonathan; Dreiast-Hecke, 450 Bäume/ha. Pflanzenschutz: Bis 1968 übliche Bekämpfung von Insekten (Apfelwickler mit Phosphorsäureestern) und Pilzkrankheiten; 1969–76: keine Insektizide oder höchstens das selektive Blattlausmittel Pirimicarb. Jährlich wurden 17 Gruppen à 4 Bäume (ca 20 % aller Bäume) kontrolliert und ausgewertet. Dies entsprach pro Jahr einer Fruchtzahl zwischen 8'650 und 48'950.

Niederstammanlage Uetwilen TG: Die Apfelanlage befand sich auf dem ersten Höhenzug südlich des Bodensees bei Engwilen. Im Gegensatz zu Grabs war die 1,3 ha grosse Anlage relativ gut isoliert (Abb. 4B). Eine kleinere, gegen Apfelwickler behandelte Halbstammanlage befand sich 200 m im NW, kleinere Gruppen von wenig gepflegten Apfelbäumen 500–600 m im SW, NO und SO der Anlage. In einem Umkreis von 1–2 km befanden sich zudem grössere Bestände von nicht oder wenig gespritzten Bäumen. Pflanzjahr: 1961–64; Sorten: Goldparmäne, Glockenapfel, Gravensteiner, Jonathan; Dreiast-Hecke, 450–600 Bäume/ha. Pflanzenschutz: Bis 1968 übliche Bekämpfung von Insekten (Apfelwickler mit Phosphorsäureestern) und Pilzkrankheiten; 1969 und 1970: keine Insektizide oder höchstens das selektive Blattlausmittel Pirimicarb. 1971: Einsatz eines Phosphorsäureesters (Azinphos anfangs Juli) zur Apfelwicklerbekämpfung. Im Jahre 1972 wurden die Erhebungen abgebrochen, da die Anlage teilweise gerodet wurde. Jährlich wurden 28 Gruppen à 3–4 Bäume (ca. 20% aller Bäume) kontrolliert und ausgewertet. Dies entsprach pro Jahr einer Fruchtzahl zwischen 11'650 und 43'350.

Niederstammanlage Marschlins GR: Die 0,5 ha grosse Apfelanlage befand sich im oberen Rheintal in der Nähe von Landquart. Sie diente für ein Freilassungsprojekt mit sterilen Apfelwicklern zur Bekämpfung des Schädling (MANI *et al.*, 1978). 2 Jahre vor der Freilassung, während und nach der Freilassung wurde die Apfelwicklerpopulation überwacht. Auch diese Anlage war relativ gut isoliert (Abb. 4C). Im N und O war sie auf grosse Distanz von offenem Ackerland und Wiesen umgeben. Die am nächsten gelegenen Apfelbäume waren im S und SW in Distanzen von 300–500 m zu finden. Im W waren die nächstgelegenen, wenig befallenen Mostbirnbäume (Distanz 150 m) durch einen schmalen Waldstreifen entlang eines Kanals abgedeckt. In einer Distanz von 1 km und mehr hatte es vor allem im SW grössere Bestände an ungepflegten Apfelhochstämmen. Pflanzjahr: 1954–56; Sorten: Golden, Jonathan; Dreiast-Hecke, 450 Bäume/ha). Pflanzenschutz: Bis 1968 übliche Bekämpfung von Insekten (Apfelwickler mit Phosphorsäureestern) und Pilzkrankheiten; 1969 und 1970: keine Insektizide oder höchstens das selektive Blattlausmittel Pirimicarb. 1971–1974: keine Insektizide oder höchstens Pirimicarb, aber Freilassung steriler Apfelwickler; 1975 und 1976: keine Insektizide oder höchstens Pirimicarb. Jährlich wurden 8 Gruppen à 6 Bäume (ca. 20% aller Bäume) kontrolliert und ausgewertet. Dies entsprach pro Jahr einer Fruchtzahl zwischen 8'950 und 20'350.

RESULTATE

Hochstämme Grabs

Wie aus Abb. 5 ersichtlich, blieb die Population über die 9 Jahre auf einem recht hohen, erstaunlich stabilen Niveau. Sie veränderte sich von Jahr zu Jahr bloss

um das 0,5–2,5fache. 1972 nahm die Population deutlich ab, was mit der kühlen, für den Apfelwickler wenig günstigen Sommerwitterung erklärt werden kann. 1973 bis 1975 blieb sie erneut recht stabil, um im äusserst warmen und günstigen Sommer 1976 markant anzusteigen. 1973 herrschten recht günstige, 1974 dagegen ungünstige Witterungsbedingungen. Dies hätte eine Zunahme resp. Abnahme analog zur Niederstammanlage erwarten lassen.

Der durchschnittliche Fruchtbefall der beiden Kontrollbäume schwankte zwischen 7 und 24 %. (An andern ungestörten Apfelhochstämmen der Region war der Befall zum Teil wesentlich höher. Besonders bei schwachem Fruchtbehang erreichte er in Einzelfällen 50–80 %.)

Niederstammanlage Grabs

Im Jahre 1968, dem letzten Jahr, in dem der Apfelwickler mit Insektiziden bekämpft wurde, war die Population sehr niedrig, bei 260 ausgewachsenen Raupen/ha. Innerhalb von 2 Jahren stieg sie dann auf einen oberen Plafond von 8'000–10'000 Raupen (Abb. 5). Eindrücklich ist der abrupte Einbruch der Population im Jahre 1972. Meteorologisch gesehen waren die kühlen Sommer 1972 und 1974 für den Apfelwickler ausgesprochen ungünstig. Insbesondere 1972 waren die Bedingungen für gute Eiablagen selten. Dies wirkte sich offenbar in der Niederstammanlage besonders gravierend aus. Im recht günstigen Jahr 1973 erfolgte wiederum ein starker Anstieg der Apfelwicklerpopulation. Im kühlen Sommer 1974 kam es erneut zu einer Reduktion, die allerdings weniger drastisch war als im Jahre 1972. Im Jahre 1976 kam es, ähnlich wie bei den Hochstämmen, zu einem deutlichen, wenn auch geringeren Anstieg. In diesem Jahr herrschten während der Zeit des Hauptfluges (Temperatursumme 300–600 °C) fast durchwegs günstige Temperaturen für die Eiablage. Der starke Anstieg der Population in den Jahren 1969, 1973 und 1976 wurde neben den günstigen meteorologischen Bedingungen wohl auch durch Zuwanderung von den Hochstämmen aus der unmittelbaren Umgebung beeinflusst.

Der durchschnittliche Fruchtbefall lag bei 3–7%. Dabei traten deutliche Unterschiede zwischen den Sorten auf. So betrug zum Beispiel der durchschnittliche Fruchtbefall bei den Sorten Gravensteiner, Jonathan und Golden im Jahre 1971 3,5; 4,7; 12,8 % und 1975 1,8; 1,1; 6,8 %.

Niederstammanlage Uetwilen

Auch hier begannen unsere Erhebungen im Jahre 1968, dem letzten Bekämpfungsjahr, auf dem sehr niedrigen Niveau von 430 ausgewachsenen Raupen/ha. Im meteorologisch günstigen Jahr 1969 kam es zu einer Verdoppelung und 1970 beinahe zu einer Versiebenfachung der Population (Abb. 5). Damit wurde ein Niveau erreicht, das demjenigen in der Niederstammanlage in Grabs sehr ähnlich war. Wegen der relativ guten Isolation war ein massiver Zuflug aus der näheren Umgebung nicht möglich (Abb. 4B). Ein gewisser Zuflug von Männchen und Weibchen aus weiterer Distanz (500 m und mehr) kann aber nicht ausgeschlossen werden. Die Reduktion der Apfelwicklerpopulation im Jahre 1971 auf die Hälfte muss im wesentlichen der Azinphosbehandlung anfangs Juli zugeschrieben werden.

Niederstammanlage Marschlins

Die Ausgangspopulation im Jahre 1968 war bedingt durch die regelmässigen Insektizidbehandlungen ähnlich tief wie in den anderen Anlagen (ca. 300 Rau-

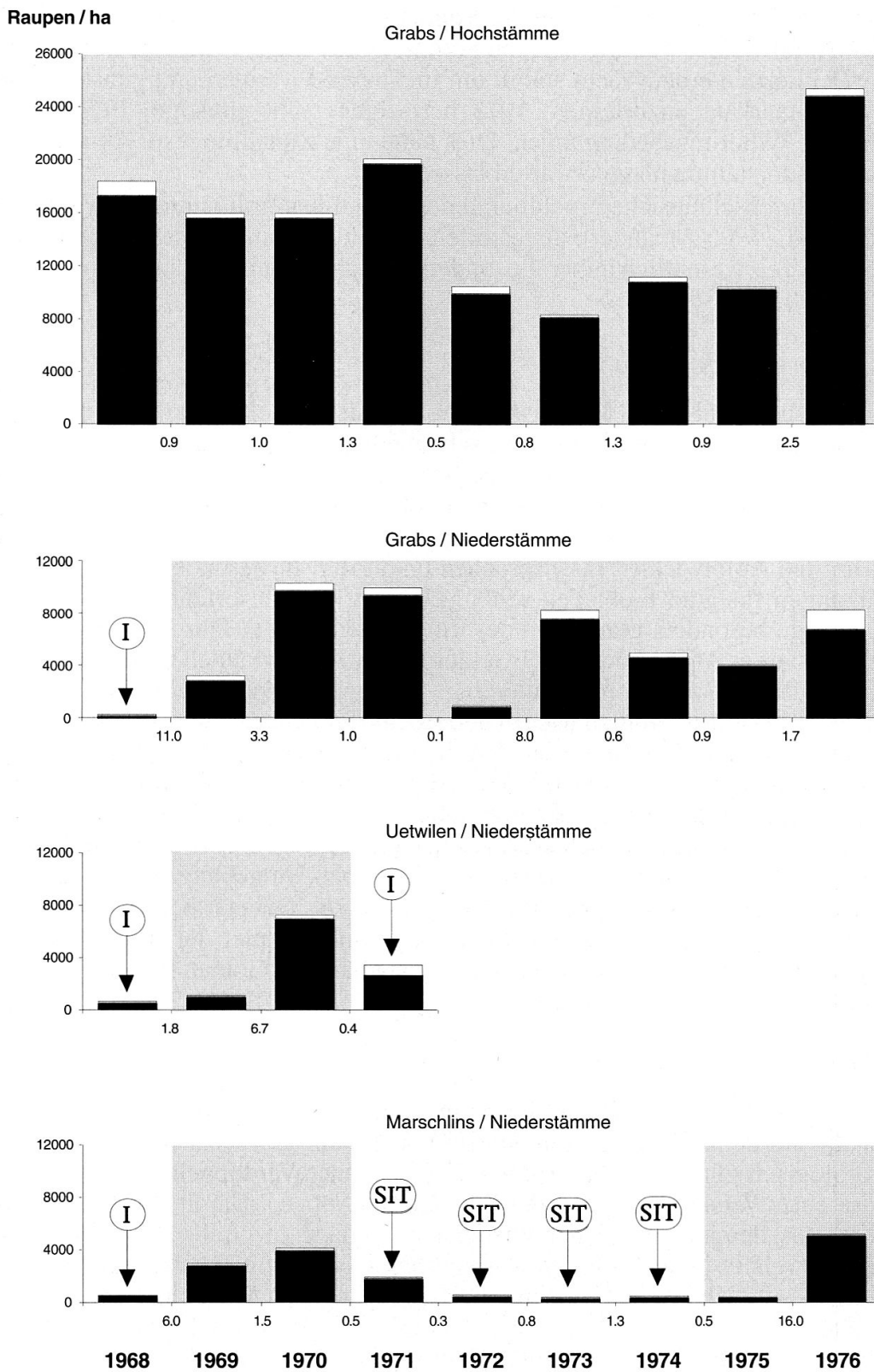


Abb. 5. Apfelwickler-Raupenpopulationen in Grabs, Uetwilen und Marschlins 1968–1976, (Fallobst und Pflückobst). Schwarze Säulen: Ausgewachsene Raupen; weisse Säulen: Jungraupen; grauer Raster: Jahre ohne Apfelwicklerbekämpfung; I Insektizid-Einsatz; SIT 'Sterile Insekten Technik'. Zahlen unter der Abszisse: Vermehrungs- resp. Reduktionsfaktor.

pen/ha). In den Jahren 1969 und 1970 kam es zu einer Zunahme bis auf 4'000 Raupen/ha, also auf ein weniger hohes Niveau als in Grabs und Uetwilen (Abb. 5). Mit dem Freilassen sterilisierter Falter von 1971 bis 1974 wurde die Population auf das Ausgangsniveau reduziert (MANI *et al.*, 1978). Nach Ende der Freilassungen blieb die Population 1975 auf tiefem Stand, um dann im meteorologisch äusserst günstigen Sommer 1976 in einem für unsere Verhältnisse ungewohnten Ausmass anzusteigen. Ob der Tiefstand der Population im Jahre 1975 zum Teil noch eine Nachwirkung der Freilassungen war (vermehrte Sterilität in der F1-Generation?), muss offen bleiben.

DISKUSSION

Beim Studium unserer unbeeinflussten Apfelwicklerpopulationen fragen wir uns nach der Art des jährlichen Wechsels und nach den Schlüsselfaktoren, welche diesen Wechsel dominieren. Wir fragen ferner nach der Konstanz der Population und nach den Faktoren, welche die Grenzen der Schwankungen determinieren und die Schwankungen regulieren (SOLOMON, 1991).

Ähnliche langfristige Erhebungen über nicht beeinflusste Apfelwicklerpopulationen wurden von LEROUX (1959), MACLELLAN (1972, 1977), GLASS & LIENK (1971), WEARING (1979), GRUYS (1982) durchgeführt. MACLELLAN (1972, 1977) und WEARING (1979) geben die Raupenzahl pro Baum, also absolute Populationswerte, an. Ihre Vermehrungs- und Reduktionsfaktoren von Jahr zu Jahr liegen in ähnlicher Grössenordnung wie bei uns. Bei LEROUX (1959), GLASS & LIENK (1971) und GRUYS (1982) ist bloss die relative Befallsstärke in Prozent der Früchte aufgeführt.

Bei den seit jeher unbeeinflussten Hochstämmen in Grabs blieb die Population über die 9 Jahre erstaunlich ausgeglichen. Dies allerdings bei einem Fruchtbefall von durchschnittlich 7–24 %, also weit über der für den Obstbauern akzeptablen Limite von 0,5–1 % der Gesamternte. Damit bestätigt sich der Befund von CONWAY (1976) und SOUTHWOOD (1977), die den Apfelwickler als K-Spezialisten im K-r Kontinuum betrachten. Verglichen etwa mit Blattläusen als r-Spezialisten ist beim Apfelwickler die Vermehrungsrate (r) gering; seine Ausbreitungstendenz ist niedrig, und er nützt die Habitat-Kapazität (K) aus, ohne sie zu zerstören.

In den Niederstammanlagen Grabs, Uetwilen und Marschlins begannen unsere Erhebungen auf einem sehr tiefen Niveau von 260–430 Raupen/ha, dies als Folge einer jahrelangen Insektizidanwendung. In Marschlins wurde die Population mit Hilfe von SIT ab 1971 erneut auf einen niedrigen Stand gebracht. Vom niedrigen Niveau stiegen die Populationen nach Ende der Bekämpfung jeweils in 1–2 Jahren auf ein höheres Niveau. In der Niederstammanlage Grabs war dieses höhere Niveau absolut und in Prozent der Früchte deutlich niedriger als in den benachbarten Hochstämmen, aber trotzdem auf einer für den Obstbauern inakzeptablen Höhe. Beobachtungen über stärkeren Befall in einer Anlage mit grösseren Bäumen, verglichen mit einer Anlage mit kleineren Bäumen, machte auch GRUYS (1982).

Bemerkenswert ist der Unterschied im höheren Niveau zwischen Grabs und Uetwilen (8'000–10'000 Raupen/ha) einerseits und Marschlins (4'000 Raupen/ha) andererseits. Das höhere Niveau in Grabs gegenüber Marschlins lässt sich durch die fehlende Isolation erklären. Der relativ hohe Wert in der gut isolierten Anlage von Uetwilen im Jahre 1970 überrascht dagegen.

AUDEMARD (1976, 1977) weist darauf hin, dass sich der Apfelwickler in Südfrankreich (2 Generationen pro Jahr) auf zwei unterschiedlichen Niveaus bewegt: auf einem durch regelmässige Insektizidapplikation niedrig gehaltenen und einem

unbeeinflussten höheren Niveau. Auf dem niedrigen Niveau gibt es Raupenpopulationen von 2'000–4'800, auf dem höheren Niveau von 20'000–120'000 Raupen/ha an. In Kasachstan (2 Generationen pro Jahr) rechnet man mit Populationen von 17'000–47'000 Raupen/ha (ZLATANOVA, 1990).

Bei jahrelanger grossflächiger Bekämpfung kann der Apfelwickler praktisch ausgerottet werden. Dies geschah seinerzeit im Talboden des Südtirols (KREMER, 1971). Inzwischen hat der Schädling das Areal, nicht zuletzt wegen der zunehmenden Insektizidresistenz, zurückerobert!

In Kasachstan wurden die Apfelwicklerpopulationen vor einiger Zeit zweimal durch Witterungsereignisse grossflächig stark reduziert. In beiden Fällen erholten sie sich aber schon nach einem Jahr weitgehend (ZLATANOVA, 1990).

Eine vertiefte Analyse der Populationskurven erfordert Angaben über die Fertilität der Weibchen, die Mortalitätsfaktoren und die Wanderung, wie wir sie nur in Ansätzen besitzen. GEIER (1963, 1964) studierte die Apfelwicklerpopulationen in Canberra, Australien. Analysen über Schlüsselfaktoren wurden von MACPHEE & MACLELLAN (1971) in Nova Scotia, Kanada, von AUDEMARD (1976) in Südfrankreich, von WEARING (1979) in Nelson, Neuseeland und von SOLOMON (1991) in Long Ashton, England gemacht. Ein Simulationsmodell wurde von BROWN *et al.* (1978) vorgestellt. All diese wertvollen Analysen haben aber in der Relativität der Grunddaten ihre Grenzen.

Wir haben gezeigt, dass Anstieg und Reduktion unserer Populationskurven von Jahr zu Jahr in engem Zusammenhang mit dem Witterungscharakter des Sommers stehen. Die Abendtemperaturen, kombiniert mit der Temperatursumme, sind ein taugliches Mass für die Gefahr von Eiablagen (SCHNEIDER *et al.*, 1957). In gemässigten Breiten können die Weibchen nur an warmen Abenden Eier ablegen (ISELY, 1939; KLINGLER *et al.*, 1958; HAGLEY, 1976). Die Fertilität der Weibchen ist offenbar ein Schlüsselfaktor. Wieviele Eier in unseren Anlagen von einem Weibchen abgelegt wurden, wissen wir allerdings nicht. In warmen Regionen sind die Abendtemperaturen dagegen von geringer Bedeutung. Sie liegen durchwegs im günstigen Bereich für Eiablagen (GEIER, 1963, 1964).

Ausgewachsene Raupen suchen an Ästen und Stämmen Verstecke zum Überwintern. Die Konkurrenz um solche Verstecke erwies sich bei GEIER (1963, 1964) als entscheidend für das Überleben der Raupen. Seine Populationen waren sehr hoch, und die Raupen fanden an den glattrindigen Bäumen wenig Verstecke. Ganz anders verhielt es sich bei uns. Die Hochstämme mit borkiger Rinde boten gute Verstecke im Übermass. An den Dreiasthecken der Niederstammanlagen waren immer noch genügend Verstecke vorhanden. Heute ist dies anders geworden. Die schlanken Spindelbäume moderner Anlagen bieten wesentlich weniger Schlupfwinkel. Hier kann Mangel an Überwinterungsverstecken den Apfelwickler durchaus limitieren.

In welchem Masse hat Zuwanderung den Populationsverlauf beeinflusst? Wir hatten erwartet, dass die Populationen in den isolierten Anlagen Marschlins und Uetwilen langsamer ansteigen würden als in der nicht isolierten Anlage Grabs. Dies trat aber nicht ein. In allen Fällen stiegen die Populationen innert 1–2 Jahren vom niedrigen auf ein hohes Niveau. Die Vermehrungs- resp. Verminderungsfaktoren von Jahr zu Jahr lagen in der Regel zwischen 0,5 und 3, in Ausnahmefällen bei 6, 8 und 16. Solch hohe Vermehrungsfaktoren fand auch MACLELLAN (1977). Deuten starke Zunahmen und Abnahmen auf Zuwanderung resp. Auswanderung? WEARING (1979) schliesst auf solche Wanderungen von einem Quartier ins andere in einer geschlossenen Obstpflanzung. Beim 16-fachen Populationsanstieg in Marschlins

im Jahre 1976 vermuteten wir, dass 100-200 eingewanderte Weibchen den Populationsanstieg erklären würden (MANI *et al.*, 1978).

Es scheint paradox: Der Apfelwickler als ortsstetes Tier legt einen Grossteil der Eier in einem Umkreis von 50–100 m vom Ursprungsort. Ein baumfreies Feld wirkt als Barriere, ein Nachbarquartier mit Zwetschgenbäumen (Nichtwirtspflanze) dagegen nicht (WILDBOLZ & BAGGIOLINI, 1959). Werden vernachlässigte Apfelbäume in einem Umkreis von 100 m um die Apfelanlagen entfernt, wird der Infektionsdruck des Apfelwicklers wesentlich vermindert (PROKOPY *et al.*, 1990). Ein kleiner Teil der Apfelwicklerfalter strebt aber in die Ferne und überquert Hunderte und Tausende von Metern. (MANI *et al.*, 1974; MANI & WILDBOLZ, 1977). In Grabs konnten Falter aus den Hochstämmen direkt in die Niederstammanlage fliegen. In Uetwilen und Marschlins konnten dagegen nur 'Fernflieger' in die Anlagen gelangen. In beiden Fällen handelte es sich aber um kleine Anlagen in Gebieten mit zahlreichen unbehandelten Hochstämmen. Ohne Zweifel ist die Einwanderungsgefahr in Regionen, in denen die Obstanlagen sehr ausgedehnt und die externen Infektionsquellen wenig zahlreich sind, viel kleiner.

Die Zahl der Früchte kann hohe Apfelwicklerpopulationen beeinflussen (AUDEMARD, 1976, 1977). Im Extremfall wirkt die Fruchtzahl sogar limitierend (GEIER, 1963, 1964; FERRO *et al.*, 1974). Aus unseren Daten von Grabs lassen sich Zusammenhänge zwischen Fruchtzahl und Populationsdichte nicht klar herauslesen. Laut AUDEMARD (1976) befinden wir uns hier im Bereich mittelhoher Populationen, wo auch er keine deutlichen Zusammenhänge fand.

Die Apfelwicklerweibchen werden beim Eiablageflug vom Fruchtgeruch geleitet (WILDBOLZ, 1956). Dies führt je nach Sorte zu unterschiedlichem Befall (vgl. Grabs, Niederstamm). Dagegen ist der Fruchtbefall innerhalb der gleichen Sorte recht ausgeglichen. Im Gegensatz dazu das fleckige Auftreten des Blattwicklers, *Epiphyas postvittana*, der nicht auf Fruchtgeruch reagiert (GEIER & BRIESE, 1980). Wir haben die Beobachtung von AUDEMARD (1976) erwähnt, dass Fruchtzahl und Populationsdichte bei hohem Befallsniveau korreliert waren. Auch dies könnte mit der Reaktion der Weibchen auf Fruchtgeruch zusammenhängen: viele Früchte/viele Eier; wenig Früchte/wenig Eier und möglicherweise sogar vermehrte Abwanderung von Weibchen.

Dass Apfelbestände mit grossen Bäumen höhere Populationen aufweisen als Niederstammanlagen, hat sich bei GRUYS (1982) und bei uns in Grabs gezeigt. Ein wichtiger Grund dafür dürfte das bessere Angebot an guten Überwinterungsquartieren sein. Dazu könnte ein weiterer Faktor eine Rolle spielen: Beim Schwärmen orientieren sich die Falter visuell auf grosse Silhouetten (MANI *et al.*, 1974, 1995). Dies könnte in Grabs dazu geführt haben, dass Falter aus der Niederstammanlage vermehrt zu den mächtigen Hochstämmen flogen.

In Grabs hielten sich die ungestörten Populationen auf den Hochstämmen auf einem erstaunlich ausgeglichenen Niveau. In der benachbarten Niederstammanlage waren das Niveau tiefer und die Schwankungen ausgeprägter. In Marschlins stieg die Kurve zweimal auf ein im Vergleich mit Grabs und Uetwilen etwas weniger hohes Niveau. Welche Faktoren bestimmen dieses generelle Niveau? Was determiniert die Schwankungsbreite? Wie wird die Schwankung um den Mittelwert gesteuert? Bei der Determination der Schwankungsbreite ist das Klima wichtig. Es bestimmt die Generationenzahl (WILDBOLZ & RIGGENBACH, 1969; RIEDL & CROFT, 1978) und die mögliche Fertilität der Weibchen. Ferner ist, wie erwähnt, die Anbauform der Apfelbäume von Bedeutung. Sie bestimmt die Zahl der Früchte und die Überwinterungsmöglichkeiten. Bemerkenswert bleibt die relative Ausgeglichenheit

der beiden Kurven in Grabs über Jahre, weit unter der Nahrungskapazität der Bäume. Dies deutet auf eine Regulation durch dichteabhängige Mortalitätsfaktoren hin. Kritisch für das Überleben des Apfelwicklers sind, abgesehen vom Falterstadium, drei Perioden: 1) Von der Eiablage bis zum Eindringen der Jungraupen ins Fruchttinnere; 2) vom Verlassen der Früchte durch die ausgewachsenen Raupen bis zu deren Einspinnen in die Winterquartiere; 3) während der Überwinterung.

Zahlenmässige Daten über die Mortalitätsfaktoren besitzen wir nur wenige. Die Parasitierung der Raupen im Sommer ist niedrig. Sie beträgt meist wenige Prozente (WILDBOLZ & STAUB, 1985) und erreicht selten 10%. Im Frühling und Vorsommer kann *Pimpla (Coccygomimus) turionellae* zwischen 0 und 56% (Durchschnitt 20%) der Puppen parasitieren (MANI *et al.*, 1986). Unter Wellkartonfanggürteln mit hoher Raupendichte sterben besonders bei feuchtem Herbstwetter zahlreiche Raupen an Pilzkrankheiten (H. HÖHN, mündl. Mitt.) Im Herbst sind auch die Vögel sehr aktiv beim Suchen von Diapauseraupen. Gut mit Raupen besetzte Fanggürtel in Hochstammbeständen werden innert kurzem zerfetzt und ausgeräumt. Wenig besetzte Fanggürtel werden dagegen kaum beachtet: ein dichteabhängiger Vorgang, allerdings in einer wenig natürlichen Situation.

Dass Vögel bei der Reduktion überwinternder Apfelwicklerraupen sehr wichtig sein können, wurde in Kanada (MACLELLAN, 1959; MACPHEE & MACLELLAN, 1971), England (GLEN & MILSOM, 1978; SOLOMON, 1991), Neuseeland (WEARING, 1979) und Polen (PREDKI, 1985) nachgewiesen. Auch bei uns dürften Vögel, besonders in ungestörten Beständen, eine bedeutende Rolle spielen.

Unsere Erhebungen haben uns Einblicke in die Dynamik ungestörter Apfelwicklerpopulationen in unserem Gebiet vermittelt. Es handelt sich um einen Mosaikstein, der ein recht lückenhaftes Bild ergänzt. Weitere Untersuchungen sind unerlässlich, um die Dynamik der Apfelwicklerpopulationen noch besser zu verstehen.

VERDANKUNGEN

Ohne das grosse Verständnis der Besitzer oder Pächter der Niederstammanlagen wären unsere Untersuchungen nicht möglich gewesen. Unser herzlicher Dank gilt denn auch Hans EGGENBERGER†, Grabs, Hans ROTACH†, Uetwilen und Gebhart BUOB, Zizers. Für ihre Mitarbeit bei den Erhebungen sind wir Alfred STAUB und Milan MENDIK dankbar. Unser Dank gilt ferner Stefan RAUSCHER für die Erstellung der Grafiken und Gertrud FANKHAUSER-SCHWARZ für die Beschaffung der Literatur.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vom Menschen ungestörten Populationen des Apfelwicklers, *Cydia pomonella* (L.), wurden in einem Apfelhochstammbestand und in drei kleineren Apfelniederstammanlagen (0,5–1,3 ha) der Ostschweiz über mehrere Jahre erfasst. Im Hochstammbestand (Grabs), der seit jeher unbeeinflusst war, hielt sich die Population von 1968–1976 auf einer recht ausgeglichenen Höhe von 8'000–25'000 Raupen/ha (7–24% Fruchtbefall). In den Niederstammanlagen (Grabs, Uetwilen, Marschlins) lag die Ausgangspopulation als Folge der regelmässigen Bekämpfung mit Insektiziden bei 260–430 Raupen/ha (0,5–1% Fruchtbefall). Nach Einstellung der Bekämpfung (Insektizide oder SIT) stieg die Population innert 1–2 Jahren auf ein höheres, anlagespezifisches Niveau von 4'000–10'000 Raupen/ha (4–7% Fruchtbefall). Der Anstieg verlief ähnlich schnell in der wenig isolierten Anlage Grabs und in den beiden gut isolierten Anlagen Uetwilen und Marschlins. In allen drei Anlagen scheint Zuwanderung eine gewisse Rolle gespielt zu haben. In Grabs war die Population auf den Hochstämmen (absoluter Wert und Fruchtbefall in %) deutlich höher als in der benachbarten Niederstammanlage. Grosse Hochstämmen haben mehr und bessere Überwinterungsquartiere als Niederstämmen. Sie sind visuell auch attraktiver für die Apfelwicklerfalter. Die Populationsschwankungen von Jahr zu Jahr können weitgehend mit dem Witterungscharakter des Sommers und damit der Möglichkeit für Eiablagen erklärt werden. Die Bedeutung weiterer Faktoren ist mangels ausreichender Grunddaten schwer abschätzbar.

LITERATUR

- AUDEMARD, H. 1976. *Etude demoécologique du Carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) en verger de pommiers de la basse vallée du Rhone. Possibilités d'organisation d'une lutte intégrée.* Thèse Docteur-Ingenieur, Université F. Rabelais, Tours, 365 pp.
- AUDEMARD, H. 1977. Dynamique des populations de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers. *Bull. Ecol.* 8: 141–150.
- AUDEMARD, H. 1991. Population dynamics of the codling moth. In: VAN DER GEEST, L.P.S. & EVENHUIS, H.H. (eds). *Tortricid Pests, their biology, natural enemies and control*, pp. 329–338. Elsevier, Amsterdam.
- BARNES, M.M. 1991. Codling moth occurrence, host race formation and damage. In: VAN DER GEEST, L.P.S. & EVENHUIS, H.H. (eds). *Tortricid Pests, their biology, natural enemies and control*, pp. 313–325. Elsevier, Amsterdam.
- BOVEY, P. 1966. Superfamille des Tortricidae: Le Carpocapse ou ver des pommes et des poires. In: BALACHOWSKY, A.S. (ed.). *Entomologie appliquée à l'agriculture, tome II, Lépidoptères*, part 1, pp. 653–734. Masson, Paris.
- BROWN, G.C., BERRYMAN, A.A. & BOGYO, T.P. 1978. Simulating codling moth population dynamics: Model development, validation, and sensitivity. *Environ. Entomol.* 7: 219–227.
- CHARMILLOT, P.J. 1995. Arboriculteur, prends garde: le carpocapse résistant menace! *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 27: 71.
- CONWAY, G. 1976. Man versus pests. In: MAY, R.M. (ed.). *Theoretical ecology: Principles and applications*, pp. 257–281. Blackwell, Oxford.
- FERRO, D.N., SLUSS, R.R. & HARWOOD, R.F. 1974. Changes in the populations dynamics of the codling moth, *Laspeyresia pomonella*, after release of insecticide pressure. *Environ. Entomol.* 3: 686–690.
- GEIER, P.W. 1963. The life history of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), in the Australian Capital Territory. *Austr. J. Zool.* 11: 323–367.
- GEIER, P.W. 1964. Population dynamics of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Tortricidae), in the Australian Capital Territory. *Austr. J. Zool.* 12: 381–416.
- GEIER, P.W. & BRIESE, D.T. 1980. The light-brown apple moth *Epiphyas postvittana*. 4. Studies on population dynamics and injuriousness to apples in the Australian Capital Territory. *Austr. J. Ecol.* 5: 63–93.
- GLASS, E.H. & LIENK, S.E. 1971. Apple insect and mite populations developing after discontinuance of insecticides: 10-year record. *J. econ. Entomol.* 64: 23–26.
- GLEN, D.M. & MILSOM, N.F. 1978. Survival of mature larvae of codling moth (*Cydia pomonella*) on apple trees and ground. *Ann. Appl. Biol.* 90: 133–146.
- GRUYS, P. 1982. Hits and misses. The ecological approach to pest control in orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 31: 70–87.
- HAGLEY, E.A.G. 1976. Effect of rainfall and temperature on codling moth oviposition. *Environ. Entomol.* 5: 967–969.
- ISELY, D. 1939. Timing seasonal occurrence and abundance of the codling moth. *Arkans. Agr. Exper. Sta. Bull.* 382: 1–25.
- KLINGLER, J., VOGEL, W. & WILLE, H. 1958. Der Einfluss der Temperatur auf die Eiablage des Apfelwicklers. *Schweiz. Z. Obst- und Weinb.* 67: 256–262.
- KREMER, F.W. 1971. Wechsel der Artendominanz bei Schädlingen im pflanzenschutzintensiven Kernobstbau Italiens. *Pfl.schutz.-Nachr. Bayer* 24: 336–342.
- LEROUX, E.J. 1959. Importance and control of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), on apple in Quebec. *Ann. Rept. Pomol. Soc. Quebec* 1959: 45–60.
- MACLELLAN, C.R. 1959. Woodpeckers as predators of codling moth in Nova Scotia. *Can. Entomol.* 91: 673–680.
- MACLELLAN, C.R. 1972. Codling moth populations under natural, integrated, and chemical control on apple in Nova Scotia (Lepidoptera: Olethreutidae). *Can. Entomol.* 104: 1397–1404.
- MACLELLAN, C.R. 1977. Trends of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) populations over 12 years on two cultivars in an insecticide free orchard. *Can. Entomol.* 109: 1555–1562.
- MACPHEE, A.W. & MACLELLAN, C.R. 1971. Cases of naturally-occurring biological control in Canada. In: HUFFAKKER, C.B. (ed.). *Biological Control*, pp. 312–328. Plenum Press, New York, London.
- MANI, E. & WILDBOLZ, Th. 1977. The dispersal of male codling moths (*Laspeyresia pomonella* L.) in the Upper Rhine valley. *Z. angew. Ent.* 83: 161–168.
- MANI, E., RIGGENBACH, W. & MENDIK, M. 1974. Tagesrhythmus des Falterfangs und Beobachtungen über die Flugaktivität beim Apfelwickler (*Laspeyresia pomonella* L.). *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 47: 39–48.

- MANI, E., WILDBOLZ, Th., RIGGENBACH, W. & MENDIK, M. 1978. Die Bekämpfung des Apfelwicklers (*Laspeyresia pomonella* L.) durch Freilassung sterilisierter Falter in einer Apfelanlage. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 51: 143–154.
- MANI, E., RIGGENBACH, W. & SCHWALLER, F. 1986. Bedeutung von *Pimpla (Coccygomimus) turionellae* L. als Parasit des Apfelwicklers (*Cydia pomonella* L.) in der Ostschweiz. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 59: 297–301.
- MANI, E., WILDBOLZ, Th. & RIGGENBACH, W. 1995. Effect of pheromon trap position in large and small trees and in the open field on the catch of codling moth, *Cydia pomonella*, males. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 68: 69–78.
- PREDKI, S. 1985. (The influence of climatic and biological factors on the codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) population dynamics in the Nowy Sacz fruit growing region of the Carpathian highland. Part V. The role of birds in the control of overwintering larvae) (Pol. with Engl. summary). *Prace Inst.Sad. Ser. A*, 25: 147–156.
- PROKOPY, R.J., JOHNSON, S.A. & O'BRIEN, M.T. 1990. Second-stage integrated management in apple arthropod pests. *Entomol. Exp. Appl.* 54: 9–19.
- PUTMAN, W.L. 1963. The codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera:Tortricidae): A review with special reference to Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ontario* 93: 22–60.
- RIEDL, H. & CROFT, B.A. 1978. The effects of photoperiod and effective temperatures on the seasonal phenology of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 110: 455–470.
- SCHNEIDER, F., VOGEL, W. & WILDBOLZ, Th. 1957. Die Apfelwicklerprognose für das schweizerische Mittelland in den Jahren 1954–57. *Schweiz. Z. Obst- und Weinb.* 66: 410–414, 439–444.
- SOLOMON, M.E. 1991. Ecology and population dynamics. In: VAN DER GEEST, L.P.S. & EVENHUIS, H.H. (eds). *Tortricid Pests, their biology, natural enemies and control*, pp. 209–234. Elsevier, Amsterdam.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1977. The relevance of population dynamic theory to pest status. In: CHERETT, J.M. & SAGAR, G.R. (eds). *Origins of pest, parasite, disease and weed problems*, pp. 35–54. Blackwell, Oxford.
- WEARING, C.H. 1979. Integrated control of apple pests in New Zealand. 10. Population dynamics of codling moth in Nelson. *N. Z. J. Zool.* 6: 165–199.
- WILDBOLZ, Th. 1958. Über die Orientierung des Apfelwicklers bei der Eiablage. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 31: 25–34.
- WILDBOLZ, Th. & BAGGIOLINI, M. 1959. Über das Ausmass der Ausbreitung des Apfelwicklers während der Eiablageperiode. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 32: 241–57.
- WILDBOLZ, Th. & RIGGENBACH, W. 1969. Untersuchungen über die Induktion und die Beendigung der Diapause bei Apfelwicklern aus der Zentral- und Ostschweiz. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 42: 58–78.
- WILDBOLZ, Th. & STAUB, A. 1985. Der Schlüpfverlauf männlicher und weiblicher Apfelwicklerfalter (*Cydia pomonella*) und der Raupenparasiten im Insektarium. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 58: 199–204.
- ZLATANOVA, A.A. 1990. Recovery of populations of codling moth, *Laspeyresia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) after severe reduction due to extreme conditions. *Entomol. Rev. (Engl. transl. Entomol. Obozr.)* 69: 47–49.

(erhalten am 2. September 1996; angenommen am 26. November 1996)