

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Entomologische Gesellschaft
<b>Band:</b>	55 (1982)
<b>Heft:</b>	3-4
<b>Artikel:</b>	Untersuchungen über drei Baculovirus-Isolate des Schalenwicklers, Adoxophyes orana F.v.R. (Lep., Tortricidae), dessen Phänologie und erste Feldversuche, als Grundlage zur mikrobiologischen Bekämpfung dieses Obstschädlings
<b>Autor:</b>	Flückiger, C.R.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-402036">https://doi.org/10.5169/seals-402036</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

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

# Untersuchungen über drei Baculovirus-Isolate des Schalenwicklers, *Adoxophyes orana* F. v. R. (Lep., Tortricidae), dessen Phänologie und erste Feldversuche, als Grundlagen zur mikrobiologischen Bekämpfung dieses Obstschädlings<sup>1</sup>

C. R. FLÜCKIGER

Entomologisches Institut der ETH, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

*Investigations on three Baculovirus isolates of the summerfruit tortrix, Adoxophyes orana F. v. R. (Lep., Tortricidae), its phenology, and first field trials, as basis for the microbiological control of this fruit pest – Basic information on the pathogenicity of three Baculovirus isolates in the different phases of the development of Adoxophyes orana have been investigated in the laboratory as well as in the field and the advantages and disadvantages of the use of these viruses for the control of A. orana in apple orchards have been considered. The three virus isolates investigated were a nuclear polyhedrosis virus (NPV) and two granulosis viruses (GV), one from Japan (GVJ) and one from the Swiss canton Valais (GVW). The two last mentioned isolates showed no differences in pathogenicity. However, they were far less effective than the NPV, of which about 65 times less larval equivalents of the virus are needed to obtain a certain mortality than of the GVs. Neither synergistic action between GV and NPV nor vertical transmission of the two types of Baculovirus could be detected.*

Young larvae ( $L_1$ ) infected with NPV die as third instar larvae ( $L_3$ ) and, if infected in a later stage, correspondingly later. The virus is therefore able to prevent directly damage caused by the larvae. Contrary to this, larvae that have been infected with GV in any stage from  $L_1$  to  $L_5$  will invariably die as fully grown  $L_5$ . GV can therefore not prevent the damage caused by the treated population; its controlling effect may be noticed in the following generation only.

*A. orana* has two generations per year: a first generation in summer with 5 larval instars, and a second in autumn to spring, overwintering as  $L_3$  and producing 5 to 11 larval instars. Microbiological control is possible against the summer as well as the spring larvae ( $L_3$  to  $L_5$ ), and with GV or NPV, though the latter have the greater potential.

The phenological observations on the development of the spring larvae have been integrated in the simulation model of FLÜCKIGER & BENZ (1982). From this model it was deduced that treatment of the spring larvae with GV is best after 70 day-degrees and with NPV after 70–100 day-degrees. In summer NPV should be applied when the first  $L_3$  appear. One single application of NPV at this date resulted in 82% reduction of the damage caused by *A. orana*. Two applications, one when the first  $L_1$  appear, the second as mentioned above resulted in 88% reduction of damage.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind Grundlageuntersuchungen bezüglich einer eventuellen Anwendung von Baculoviren zur Bekämpfung des Schalenwicklers *Adoxophyes orana* F. v. R. Gegenwärtig sind drei *Baculovirus*-Isolate von *A. orana* bekannt: Ein Kern- oder Nuklearpolyedervirus (NPV) aus den Niederlanden, ein Granulosivirus (GV) aus Japan (GVJ) und ein GV aus dem schweizerischen Wallis (GVW). SHIGA *et al.* (1973) haben mit dem GVJ bereits Bekämpfungsversuche im Feld durchgeführt.

Der Schalenwickler ist im Wallis und im Genferseegebiet einer der wichtigsten Schädlinge auf Äpfeln und Birnen geworden. Das Insekt hat normalerweise zwei Generationen pro Jahr. Die Larven überwintern im 2. und 3. Stadium,

<sup>1</sup> Diss. ETH Nr. 7125, ausgeführt unter der Leitung von Prof. Dr. G. Benz. Veröffentlicht mit Unterstützung durch den Laurschen Fonds der Abteilung für Landwirtschaft der ETH Zürich.

eingesponnen in einem kleinen Gespinst an Ästen und Zweigen. Zur Zeit des Austriebes verlassen die Räupchen ihr Winterquartier und beginnen mit dem Frass an Knospen, Blättern und Blüten. Dieser Frass verursacht keine Schäden, da diese vom Baum regeneriert werden (pers. Mitt. Dr. M. Baggolini). Im Mai erfolgt die Verpuppung, und anfangs Juni schlüpfen die Falter der ersten Generation. Die Raupen dieser Generation fressen an den Blättern und an den Äpfeln, wo diese die Blätter berühren. Ab Mitte Juli erfolgt die Verpuppung, und anfangs August beginnt das Schlüpfen der Falter der zweiten Generation. Die Räupchen dieser Generation können nochmals die Äpfel schädigen, bevor sie sich zur Überwinterung einspinnen.

Im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes wäre es wünschenswert, die konventionellen Bekämpfungsmethoden mittels chemischer Insektizide durch biozönotisch unbedenklichere Alternativmethoden zu ersetzen. Verschiedene solche Methoden sind schon geprüft worden.

Die vielen Untersuchungen über die Anwendung der Freilassung steriler Männchen haben gezeigt, dass diese Technik aus ökonomischen Gründen zur Zeit noch nicht durchführbar ist (DE JONG *et al.* 1971; DENLINGER *et al.* 1973; SNIEDER *et al.* 1973; ANKERSMIT, 1975; ANKERSMIT & VAN DER MEER, 1973; ANKERSMIT *et al.* 1977a, b). Die Manipulation der Photoperiode, wobei im Kurztag durch kurze Beleuchtungsperioden in der Nacht die Induktion der Diapause bei Schalenwicklerlarven verhindert wird, funktioniert zwar im Labor (ANKERSMIT, 1968), nicht aber im Feld, da die benötigten Beleuchtungsintensitäten dort aus technischen Gründen nicht erreicht werden können. Diese Bekämpfungsme- thode ist deshalb zur Zeit noch nicht anwendbar (BERLINGER & ANKERSMIT, 1976).

SCHOONEVELD *et al.* (1976) und SCHMID *et al.* (1978) haben gezeigt, dass die Anwendung von Insektenwachstumsregulatoren (Epofenonan) in der Praxis durchaus anwendbar ist; hingegen ist Disflubenzuron unwirksam gegen den Schalenwickler (GRUYS, 1980). CHARMILLOT (1981) hat unter Anwendung der Konfusionstechnik mit synthetischen Pheromonen eine grosse Reduktion der Falterfänge in Pheromonfallen erhalten, doch konnten die Schäden an den Äpfeln noch nicht genügend reduziert werden. Die biologische Bekämpfung des Schalen- wicklers mit dem Ektoparasiten *Colpoclypeus florus* (WALK.) hat in Holland keine befriedigenden Ergebnisse ergeben, vielleicht weil der Lebenszyklus dieses Parasiten noch zu wenig gut bekannt ist, und auch *Bacillus thuringiensis* wirkt nicht genügend zuverlässig (GRUYS, 1980).

Als weitere Alternativmethode bietet sich die mikrobiologische Bekämpfung mittels entomopathogener Viren an. Heute sind sehr viele Viren, vorwiegend Baculoviren bekannt, die für die mikrobiologische Schädlingsbekämpfung vielver- sprechend sind (BENZ, 1976, 1981; FRANZ & KRIEG, 1976; SUMMERS & KAWANISHI, 1978; FRANZ & HUBER, 1979; TINSLEY, 1979). Was die Frage der Sicherheit, d. h. der Unbedenklichkeit der Anwendung von Insektenviren im Feld betrifft, geben BURGES *et al.* (1980a, b) Prüfungsanleitungen. Effektiv sind die meisten «Safety-Tests» mit Arthropodenviren mit Baculoviren durchgeführt worden (SUMMERS *et al.* 1975). Nach den neuesten Daten von GRÖNER *et al.* (1978) handelt es sich dabei fast ausschliesslich um NPV. Diese Untersuchungen führten zum Schluss, dass NPV für Mensch und Umwelt unbedenklich sind. Was die GV betrifft, sind vorläufig erst wenige derartige Untersuchungen durchgeführt worden. Trotzdem ist nach BURGES *et al.* (1980a, b) nicht zu erwarten, dass die GV gefährlicher seien als NPV. Dafür spricht einerseits die Tatsache, dass die GV nur in Lepidopteren

vorkommen (SUMMERS *et al.* 1975) und ganz allgemein ein kleineres Wirtsspektrum haben als die NPV (IGNOFFO, 1968), während anderseits die meisten Versuche, GV *in vitro* zu vermehren, ohne Erfolg blieben (GOODWIN *et al.* 1973; KNUDSON, 1978). Nur ein derartiger Versuch soll erfolgreich verlaufen sein (VAGO & BERGOIN, 1963).

Die Unbedenklichkeit von Baculoviren ergibt sich auch aus der Tatsache, dass in den USA die NPV von *Orgyia pseudotsugata* (McDunnough), *Lymantria dispar* (L.) und von *Heliothis zea* (Boddie) bereits registriert und damit zur Anwendung frei gegeben sind. Die billige Produktion von Viren ist allerdings grundsätzlich ein Problem, da rationelle In-vitro-Produktionsverfahren für grössere Virusmengen noch nicht praktikabel sind (MILTBURGER *et al.* 1977). Deshalb muss man sich zur Zeit in der Praxis damit begnügen, raffinierte *In-vivo*-Produktionsmethoden anzuwenden, wie sie für das NPV von *Heliothis sp.* von IGNOFFO (1973), für das GV des Apfelwicklers *Cydia pomonella* (L.) [= *Laspeyresia pomonella*] von BRASSEL (1978) und für das NPV von *Lymantria dispar* von SHAPIRO *et al.* (1981) entwickelt worden sind.

Das GV des Apfelwicklers ist seit vielen Jahren in Feldversuchen getestet worden. Die Versuche von FALCON *et al.* (1968) in Kalifornien, MORRIS (1972) in Australien, HUBER & DICKLER (1975, 1976a, 1976b, 1977) in Deutschland, MERCIER (1976), ROBERT (1977) und BENZ (1981) in der Schweiz und von JAQUES *et al.* (1977, 1981) in Kanada haben gezeigt, dass durch den Einsatz dieses Granulosisvirus eine Reduktion des Apfelwicklerschadens von 50–90% (meistens 70–90%) erreicht werden kann. Diese guten Ergebnisse haben die Sandoz AG 1979 veranlasst, die Produktion des GV des Apfelwicklers in Florida aufzunehmen.

Gemäss DICKLER & HUBER (1978) und unseren unpublizierten Ergebnissen ist bei der Bekämpfung des Apfelwicklers mit GV ein verstärktes Aufkommen des Schalenwicklers *Adoxophyes orana* zu beobachten. Umgekehrt hat GRUYS (1980) in Holland beobachtet, dass bei der selektiven Bekämpfung des Schalenwicklers vermehrt Schäden des Apfelwicklers auftreten. Dieses Selektivitätsproblem macht es erforderlich, dass bei selektiver Bekämpfung des Apfelwicklers auch der Schalenwickler berücksichtigt wird und umgekehrt. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, in welchem Masse sich die oben erwähnten Baculoviren zur Bekämpfung des Schalenwicklers eignen.

Da der Erfolg der Schädlingsbekämpfung mit Viren häufig nicht allein vom Virus, sondern gleichzeitig auch von seinem Wirt und von den Umweltfaktoren abhängig ist, werden in dieser Arbeit gewisse systemanalytische Methoden angewendet mit dem Ziel, die Empfindlichkeit verschiedener Stadien des Insektes gegenüber dem Virus auf der einen und die Phänologie des Schalenwicklers im Feld auf der anderen Seite besser zu verstehen und dadurch Anhaltspunkte über optimale Behandlungstermine zu erhalten. Einen Überblick über die Anwendung von systemanalytischen Methoden im Pflanzenschutz geben RUESINK (1976), BAUMGÄRTNER & DELUCCHI (1981) und GETZ & GUTIERREZ (1982).

## MATERIAL UND METHODEN

### *Der Schalenwickler Adoxophyes orana F.v.R.*

Der Schalenwickler hat in der Schweiz üblicherweise zwei Generationen pro Jahr und überwintert im zweiten bzw. dritten Larvenstadium (MANI, 1979; DE JONG & MINKS, 1981). Alle in dieser Arbeit durchgeföhrten Laborversuche wur-

den mit Larven eines Stammes von *A. orana* durchgeführt, der 1978 in Apfelanlagen im Wallis eingesammelt und seither im Labor bei 26°C und Dauerlicht weitergezüchtet wird.

### Zuchtmethoden

Es wurden drei verschiedene Zuchtmethoden angewendet:

*Einzelzucht auf Apfelwicklermedium.* Jedes Tier wurde einzeln in kleinen Plastikdosen (23 x 23 x 20 mm) gezüchtet, in welche zuvor eine ca. 7 mm tiefe Schicht des von HUBER *et al.* (1972) für den Apfelwickler entwickelten Mediums eingegossen wurde.

*Einzelzucht auf Schalenwicklermedium.* Auch bei dieser Methode wurden die Tiere einzeln in den oben erwähnten kleinen Plastikdosen gezüchtet, doch wurde je Einheit 1 cm<sup>3</sup> des leicht modifizierten Mediums von DE JONG (1968) als Nahrungsgrundlage verwendet (10% weniger Wasser und 20% weniger Agar).

*Massenzucht.* Auch für die Massenzucht wurde das oben erwähnte Schalenwicklermedium verwendet. Es wurde im noch flüssigen Zustand in Plastikdosen gegossen (Schichtdicke etwas mehr als 1 cm) und im Kühlschrank aufbewahrt. Für die Zucht wurde das feste Medium in Würfel von ca. 2 cm<sup>3</sup> Volumen geschnitten. Die Zucht erfolgte in Plastikdosen (200 x 100 x 80 mm). Je Dose wurden ca. 20 Medium-Würfel auf dem Boden verteilt und darauf ca. 6 Eigelege auf Plastikfolie gegeben. Je eine Folie mit 2 Gelegen wurde dabei auf den Deckel eines kleinen Plastikzuchtdöschen gelegt. Zwei Tage später, nach dem Schlüpfen der Eilarven, wurden die Deckel mit den Folien aus den Zuchtdosen entfernt. Dieses Vorgehen ist wichtig, um eine Verpilzung des Mediums zu vermeiden. In der mit einem Deckel verschlossenen Schachtel schlüpfen die Eilarven aus den Eiern und verteilen sich regelmässig über die Medium-Würfel.

Für die Erhaltungszucht wurde die 1., für die Versuche die 2. und für die Virusproduktion die 3. Methode verwendet.

### Das Virusmaterial

Alle verwendeten Viren erhielten wir von Dr. A. Schmid, Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Nyon. Es handelte sich um *Baculovirus*-Arten, d. h. stäbchenförmige, membranumhüllte DNA-Viren von hoher Spezifität, nämlich ein Kernpolyedervirus-Isolat und 2 Granulosivirus-Isolate.

*Das Kernpolyedervirus (NPV).* Das NPV kam ursprünglich von Dr. M. B. Ponsen aus den Niederlanden, der es erstmals beschrieb und untersuchte (PONSEN & BRUINVIS, 1963; PONSEN & DE JONG, 1964; PONSEN *et al.*, 1964, 1965; PONSEN, 1966). Charakteristisch für die NPV sind die polyederförmigen Einschliessungskörper (PIB = polyhedral inclusion bodies), in deren parakristalliner Proteinmatrix die stäbchenförmigen Virionen eingelagert sind. Wir vermehrten das Virus durch Infektion von Schalenwicklerlarven. Die aus den toten Kadavern gewonnene Virussuspension wurde mit Saccharose versetzt, bis die Lösung 45%ig war. Diese wurde dann bei 10<sup>4</sup> · g zentrifugiert. Das Sediment wurde dreimal mit destilliertem

Wasser gewaschen, anschliessend in 1/15 M Phosphatpuffer bei pH 7 suspendiert und zuletzt mit je 0,01% Streptomycin und Penicillin versetzt. Die Stammsuspension enthielt  $4 \cdot 10^9$  PIB/ml. Sie wurde bei 2 °C gelagert und für alle NPV-Versuche im Labor verwendet.

*Das Granulosisvirus aus Japan (GVJ).* Eines der Granulosisvirus-Isolate kam ursprünglich von H. Yamada, Hiratuská, Japan. Das Virus wurde erstmals durch AIZAWA & NAKAZATO (1963) beschrieben und weiter durch YAMADA & OHO (1973), SHIGA *et al.* (1973), OHO (1974) und ITO *et al.* (1977) untersucht und beschrieben. Charakteristisch für die Granulosisviren ist, dass sie meist einzeln in relativ kleine, oval-polyedrische Einschliessungskörper, die sog. Kapseln, eingebettet sind. Das GVJ wurde durch Infektion von Schalenwicklerlarven vermehrt und anschliessend gereinigt, gepuffert und mit Antibiotica versetzt, wie oben für das NPV beschrieben. Die GVJ-Stammsuspension enthielt  $1,2 \cdot 10^7$  GV/ml.

*Das Granulosisvirus aus dem Wallis (GVW).* Das GVW wurde von A. Schmid aus einer im Kanton Wallis gefundenen, kranken Schalenwicklerraupe isoliert und von SCHMID *et al.* (in Vorbereitung) beschrieben. Das GVW wurde ebenfalls durch Infektion von Schalenwicklerlarven vermehrt, die Suspension jedoch durch Ultrazentrifugation auf einem diskontinuierlichen Saccharosegradienten gereinigt (CAMPONOVO, 1980). Auch sie wurde gepuffert und mit Antibiotika versetzt. Die Stammsuspension, mit der alle Bioteste im Labor durchgeführt wurden, enthielt  $1,8 \cdot 10^{10}$  GV/ml.

*Bestimmung der Viruskonzentration.* Die Viruskonzentration der Suspensions wurde durch Auszählen der Kapseln bzw. PIB in einer Petroff-Hausser-Kammer nach der Methode von BENZ (1964) durchgeführt.

#### *Biotestmethoden zur Infektion der Larven mit Viren*

*Mediumtauchinfektion.* Bei dieser Methode wurden Würfel von 1 cm<sup>3</sup> der Medien von DE JONG (1968) während ca. 5 Sekunden in die Virussuspension eingetaucht und anschliessend in Einzelzuchtdöschen gelegt. Nach einstündigem Trocknen wurden die Larven auf das Medium gebracht.

*Mediuminfektion.* Bei diesem Verfahren wurde die Virussuspension noch während der Zubereitung des Mediums von DE JONG (1968) bei einer Temperatur von 40 °C im Wasserbad unter das Nährsubstrat gemischt. Dieses Medium konnte anschliessend bei 2 °C für einige Tage gelagert und bei Bedarf für die Bioteste verwendet werden. Auch dieser Versuch wurde mit Einzelzuchtdöschen durchgeführt.

*Biotope auf kleinen Apfelbäumchen.* Aus Samen wurden im Phytotron bei 21 °C kleine 50–80 cm hohe Apfelbäumchen in Hydrokultur angezogen. Die Bäumchen wurden mit der Virussuspension bis zur Tropfnässe bespritzt. Der Virussuspension wurden 1% Magermilchpulver und 0,1% Etalfix beigegeben. Nach dem Abtrocknen wurden auf jedes Apfelbäumchen 10 frisch geschlüpfte Eilarven gebracht. Jeder Baum wurde in einen Plexiglaszyylinder von 15 cm Durchmesser gebracht, in dessen Wand mit Gaze bedeckte Lüftungslöcher angebracht wurden.

## Die Feldversuche

*Die Versuchsparzelle.* Die für die Feldversuche von 1980 benutzte Versuchsparzelle gehört der Landwirtschaftlichen Schule Châteauneuf. In den Versuchen wurden 7 Verfahren verglichen. Für jedes Verfahren wurden 4 Plots mit je 12 Bäumen (Sorte: Gravensteiner auf Unterlagetyp EM4) verwendet (Abb. 1). Zwischen den Plots standen unbehandelte Bäume.

*Die Spritzungen.* Es wurden an 2 Daten (24.6.80 und 11.7.80) Spritzungen durchgeführt. Die Spritzbrühe enthielt neben der entsprechenden Virusmenge 1% Magermilchpulver und 0,1% Etalfix. Es wurde mit einer Motorspritze bis zur Tropfnässe behandelt, so dass pro Baum ca. 5 l Spritzmittel ausgebracht wurde.

*Evaluationsverfahren und Bestimmung der Larvenstadien.* Die Effekte der verschiedenen Behandlungen wurden einerseits durch visuelle Triebkontrollen gemäss BAGGIOLINI *et al.* (1980) in der Zeit zwischen Behandlung und Ernte und anderseits durch die Erntekontrolle durchgeführt. Die bei der visuellen Triebkontrolle eingesammelten Larven wurden auf Kunstmedium (DE JONG, 1968) in Einzelzuchtdöschen im Labor bei 21 °C bis zur Falterentstehung gezüchtet. Dabei wurde die Mortalität dieser im Freiland eingesammelten Larven im Labor registriert. Die Bestimmung der Larvenstadien erfolgte durch Kopfkapselmessungen unter dem Stereomikroskop.

## Statistik

*Varianzanalyse.* Die Varianzanalysen wurden mit dem SPSS-Programmsystem des Vogelback Computing Center der Northwestern University, Evanston, USA, durchgeführt. Die Prozentzahlen wurden zwecks Normalisierung durch

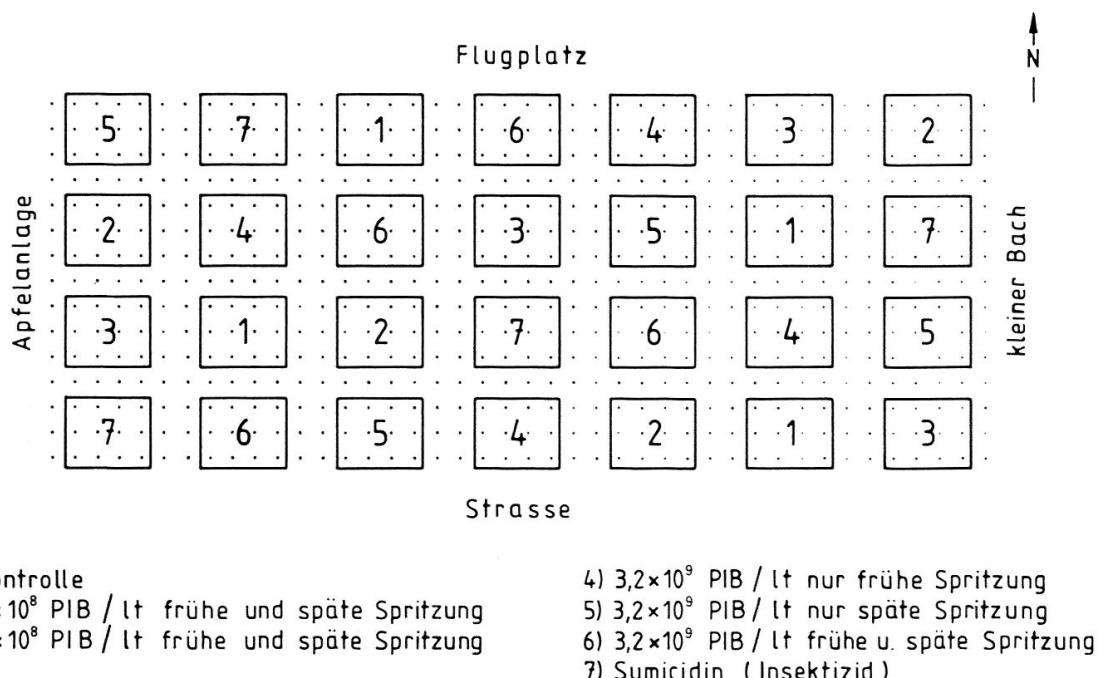


Abb. 1: Die Versuchsparzelle von Châteauneuf.

$\arcsin \sqrt{x}$  transformiert. Für Faktoren der Varianzanalyse, die aus mehr als 2 Stufen bestehen, wurde der «least significant test» nach KIRK (1968) angewendet, um zu untersuchen, welche Stufen der Faktoren sich signifikant unterscheiden.

*Polynome Regression.* Bei dieser Auswertungsmethode wird eine polynome Beziehung zwischen einer unabhängigen Variablen ( $x$ ) und einer abhängigen Variablen ( $y$ ) gesucht. Dabei sollen die mathematischen Parameter  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  und  $p$  der folgenden Funktion gesucht werden:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \dots + \beta_p x^p,$$

dabei gibt  $p$  an, welchen Grad das Polynom haben muss, damit es die Daten genügend sicher repräsentieren kann. Die Berechnung der Parameter geschieht durch einen Algorithmus von FORSYTHE (1957). In unserem Fall wurde das Polynom gesucht, das die Beziehung zwischen Larvengewicht und Zeit darstellt.

*Probitanalyse und Potency-Analyse.* Die Beziehung zwischen der Dosis (Konzentration) der Viren und der Mortalität der Larven wurde durch Probitanalyse und der Vergleich von verschiedenen Dosismortalitätskurven durch Potency-Analyse (FINNEY, 1971) mit Hilfe eines modifizierten Computerprogrammes (von DAUM & KILLCREAS, 1966) ausgewertet.

*Die Auswertung von Absterzeiten.* Prozente der gestorbenen Tiere als Funktion der Zeit mit der Probitanalyse zu untersuchen ist nur dann möglich, wenn für jeden Zeitpunkt der Untersuchung voneinander unabhängige Proben bereitgestellt worden sind, wie das bei Dosismortalitätsuntersuchungen für die Dosis der Fall ist.

Wenn wir also das Absterbeverhalten eines Tieres an 10 Zeitpunkten betrachten wollen, so müssten wir den Versuch mit 10 verschiedenen Populationen durchführen und jede nur an einem Zeitpunkt betrachten. Erst dann könnten wir Absterzeiten mit der Probitanalyse untersuchen. Die ist aber praktisch gesehen zu aufwendig. Deshalb wurde in dieser Arbeit die neue Methode von BERCHTOLD (1981) gewählt. Diese Methode erlaubt es, bei mehrmaligem Beobachten derselben Tiere eine Regressionskurve zu bestimmen, die die Sterberate (in Prozenten) als Funktion der Zeit darstellt. Auch können verschiedene solcher Regressionskurven miteinander verglichen werden.

#### *Die Computersimulationen der Entwicklung von *A. orana**

Die Computersimulationen der Entwicklung von *A. orana* im Verlaufe der Vegetationsperiode wurden mit Hilfe des Simulationsmodells von FLÜCKIGER & BENZ (1982) durchgeführt. Eine graphische Darstellung dieses Modells gibt Abb. 2. Das Modell besteht aus 19 Zustandsvariablen. Jede dieser Variablen stellt ein Stadium des Insektes bzw. eine Altersklasse der Adulten dar. Der Fluss von Individuen von einer Zustandsvariablen zur anderen wurde durch den Boxcaralgorithmus nach DE WIT & Goudriaan (1978) berechnet. Dieser Algorithmus gibt den Fluss bzw. die Raten (Differentialgleichungen) von einer Zustandsvariablen zur anderen als Funktion von Entwicklungszeit und deren Standardabweichung. Auf diese Weise kann die Überlappung von einem Stadium zum anderen im Verlaufe der Zeit simuliert werden. Die Entwicklungszeiten und deren Standardabweichungen gehen in das Modell als Funktion der Temperatur ein. Die Temperatur ihrerseits wird für jeden Zeitpunkt der Simulation erhalten, indem eine

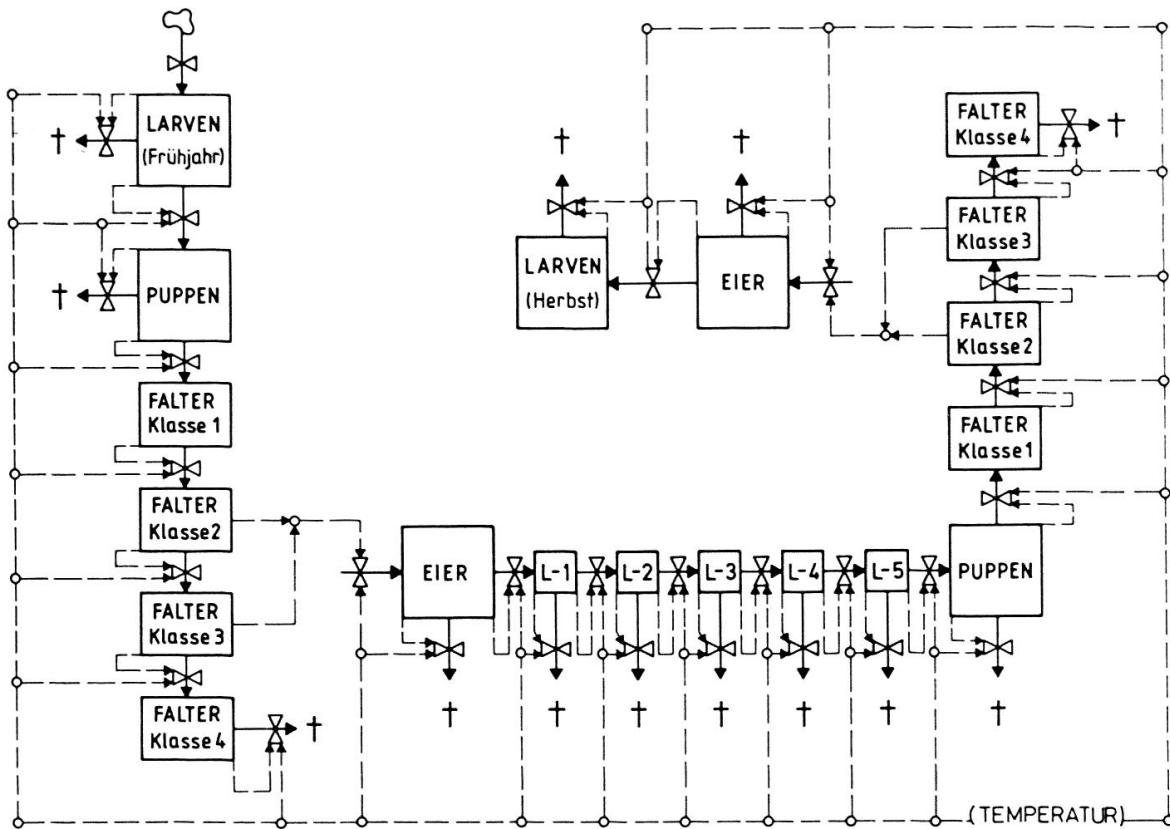


Abb. 2: Graphische Darstellung des Simulationsmodells von FLÜCKIGER & BENZ (1982). Die Rechtecke geben die Zustandsvariable an; doppelte Dreiecke geben die Veränderungsraten an, Kreise die Hilfsvariablen, Klammern die treibenden Variablen; Materialstrom wird durch ausgezogene, Informationsstrom durch unterbrochene Linien angegeben.

Sinuskurve durch die Minimum- und Maximumtemperaturen jedes Tages gelegt wird. Diese Art der Simulationen impliziert die Annahme, dass eine momentane Temperaturänderung eine entsprechende Änderung der Entwicklungszeit bewirkt.

Für die Simulationen wurde jeweils das Datum des 1. Februar als Beginn und eine Anzahl von 200 Frühjahrslarven als Ausgangspopulation angenommen. Der Wert jeder Zustandsvariablen im Verlaufe der Vegetationsperiode wurde durch numerische Integration der Differentialgleichungen erhalten (Eulermethode und Integrationsschritt von 0,01 Tagen). Das Computerprogramm dieses Modells ist in DARE P (Differential, Amplifier REplacement, Portable von KORN & WAIT, 1978) und in FORTRAN IV geschrieben.

## RESULTATE

### Biologische Untersuchungen des Schalenwicklers

Bei der Anwendung von spezifischen Methoden in der Bekämpfung von Schädlingen ist es wichtig, ihre Biologie möglichst gut zu kennen. Dies gilt ganz besonders dann, wenn sich – wie bei der Anwendung insektenpathogener Viren – die Spezifität einer Bekämpfung nicht nur auf eine Schädlingsart bezieht, sondern manchmal auch nur ein Stadium oder dann nur wenige Stadien des Schädlings infiziert werden können. In einem solchen Fall ist es wichtig zu wissen, wann welche Stadien des Schädlings im Verlaufe einer Vegetationsperiode auftreten.

Derartige Untersuchungen am Schalenwickler haben zur Entwicklung eines Simulationsmodells geführt, bei dem die verschiedenen Larvenstadien im Sommer unterschieden werden (FLÜCKIGER & BENZ, 1982). Hingegen fehlt im Modell eine Unterteilung der Frühjahrslarven in verschiedene Altersklassen. Im Folgenden soll dies nachgeholt werden.

#### *Anzahl Larvenstadien bei Tieren, die unter Kurztagbedingungen gehalten wurden*

Bei einem Versuch unter Kurztagbedingungen wurden die Entwicklungszeiten der verschiedenen Larvenstadien in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmt. Dabei zeigte es sich, dass in den wenigsten Fällen nur 5 Larvenstadien vorkamen (Tab. 1); die meisten Tiere hatten 6 oder mehr Larvenstadien. Tabelle 2 zeigt die effektiven Breiten der Kopfkapseln bei 26 °C. Es ist bemerkenswert, dass

Tab. 1: Anzahl Larvenstadien bei Raupen, die unter Kurztagbedingungen gehalten wurden (Photoperiode 8 h).

Temperatur	15 °C	21 °C	26 °C
5 Larvenstadien	2	0	0
6 "	4	1	13
7 "	3	9	15
8 "	2	6	1
9 "	0	3	1
10 "	0	1	0
11 "	0	1	0
Total Raupen	11	21	30

Tab. 2: Kopfkapselbreite (in mm) der Larven, die bei Kurztag und 26 °C gehalten wurden (angegeben ist zudem das 95%-Vertrauensintervall des Mittelwertes).

Larvenstadium	Gruppe mit 6 L-Stadien	Gruppe mit 7 L-Stadien
1	0.195 ± 0.015	0.193 ± 0.016
2	0.329 ± 0.013	0.332 ± 0.031
3	0.428 ± 0.020	0.438 ± 0.022
4	0.573 ± 0.025	0.542 ± 0.026
5	0.765 ± 0.039	0.717 ± 0.043
6	1.054 ± 0.020*	0.890 ± 0.047
7		1.088 ± 0.049*

\* Die Kopfkapselbreite des 5. Stadiums der Sommerlarven beträgt 1,071 ± 0,061 mm.

die Kopfkapsel des letzten Larvenstadiums in der Gruppe mit 6 Larvenstadien gleich gross ist wie in der Gruppe mit 7 Larvenstadien.

## *Die Einführung des letzten Larvenstadiums der Frühjahrslarven in das Modell von FLÜCKIGER & BENZ (1982)*

Ein Vergleich der Entwicklungszeiten des letzten Stadiums der Frühjahrslarven (pers. Mitteilungen von R. de Reede, Niederlande) mit den Entwicklungszeiten der L<sub>5</sub> von Sommerlarven (FLÜCKIGER & BENZ, 1982) hat gezeigt, dass in beiden Fällen bei den verschiedenen Temperaturen die Entwicklungszeiten gleich lang sind. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, im Simulationsmodell die Frühjahrslarven (FL) in zwei Altersklassen einzuteilen (Abb. 3). Die erste Altersklasse (FL1) entspricht den Frühjahrslarven vom diapausierenden bis und mit dem vorletzten Larvenstadium. Die zweite Altersklasse (FL2) entspricht dem letzten Larvenstadium der Frühjahrslarven. Die Entwicklungszeiten für die beiden Altersklassen wurden folgendermassen erhalten:

$$\begin{aligned} \text{EZFL1} &= \text{EZFLT} - \text{EZFLZ} \\ \text{EZFL2} &= \text{EZFLT}/2,3 \end{aligned}$$

## EZFL1: Entwicklungszeit für die FL1

EZFL2: Entwicklungszeit für die FL2

EZFLT: Entwicklungszeit für die Frühjahrslarven als ganzes Stadium, so wie es bei FLÜCKIGER & BENZ (1982) in Abb. 2 beschrieben ist.

Der Faktor 2,3 kommt daher, dass die Entwicklungszeit für die L<sub>5</sub> 2,3mal kürzer ist als jene der Frühjahrslarven bis zum letzten Stadium (FLÜCKIGER & BENZ, 1982).

Die Standardabweichung (SD) der Entwicklungszeit für die FL2 entspricht derjenigen für die L<sub>5</sub> von FLÜCKIGER & BENZ (1982). Die Standardabweichung für die Entwicklungszeit der FL1 wurde berechnet nach der Formel von FLÜCKIGER & BENZ (1982).

$$SDFL1 = \sqrt{SDFLT^2 - SDFL2^2}$$

SDFL1: berechnete Standardabweichung für die FL1

### SDFL2: Standardabweichung für die FL2

**SDFLT:** Standardabweichung für die Frühjahrslarven, wie sie bei FLÜCKIGER & BENZ (1982) eingesetzt wird.

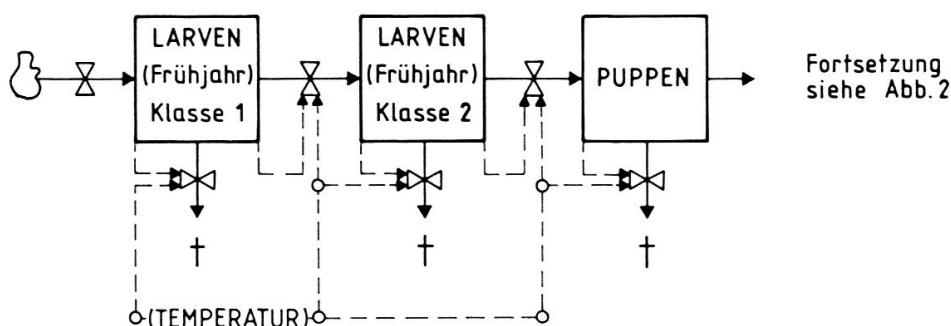


Abb. 3: Graphische Darstellung des Simulationsmodells, das zwei Altersklassen von Frühjahrslarven unterscheidet. Klasse 1 entspricht dem diapausierenden bis und mit dem vorletzten Larvenstadium der Frühjahrslarven. Klasse 2 entspricht dem letzten Larvenstadium der Frühjahrslarven.

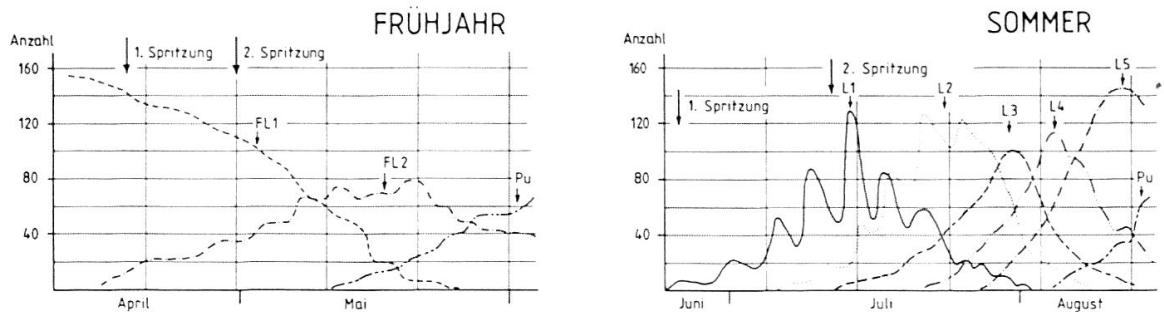


Abb. 4: Simuliertes Aufkommen der verschiedenen Larvenstadien im Frühjahr und im Sommer in Sion (1980). Aus graphischen Gründen sind für die L<sub>1</sub> 20mal weniger Larven angegeben, als die Simulation ergeben hat.

Eine Simulation der Entwicklung der Frühjahrslarven mit den Temperaturdaten von Sion 1980 unter der Annahme von zwei Altersklassen ist in Abb. 4 dargestellt. Es ist zu beachten, dass das Modell mit zwei Altersklassen nicht durch Felddaten verifiziert wurde.

#### *Die Gewichtsentwicklung von Larven und Puppen unter verschiedenen Bedingungen*

Die Tabelle 3 zeigt, wie Photoperiode und Temperatur während der Larvenentwicklung das Puppengewicht beeinflussen. Die Gewichtsentwicklung der L<sub>5</sub>

Tab. 3: Puppengewicht in Abhängigkeit von Temperatur und Photoperiode während der Larvenentwicklung (die Werte wurden mit einer dreifachen Varianzanalyse ausgewertet; das KGD bedeutet die kleinste gesicherte Differenz bei  $P \leq 0,05$ ).

Untersuchter Faktor	Puppengewicht in mg
Photoperiode: KGD = 2.18	
Langtag	37.76
Kurztag	30.53
Winter im Freilandinsektarium und erst ab Februar in Klimakammer	35.35
Temperatur: KGD = 2.07	
15.5°C	30.71
21.0°C	36.21
25.5°C	37.07
Geschlecht: KGD = 1.61	
Männchen	30.75
Weibchen	42.14

von Sommerlarven bei 25,5 °C ist in Abb. 5 dargestellt. Wie die Abbildung zeigt, verdreifachen die Larven ihr Gewicht im 5. Stadium. Interessant ist die in Abb. 6 dargestellte Gewichtsentwicklung der bei drei verschiedenen Temperaturen gezüchteten Frühjahrslarven in Abhängigkeit von der Temperatursumme, zeigt sie doch, dass die letztere fast ausschliesslich das Gewicht bestimmt.

### *Die Simulation der Gewichtsentwicklung von Frühjahrslarven*

Der Umstand, dass die Larven, die sich unter Kurztagebedingungen entwickelt haben, nicht alle gleich viele Larvenstadien haben (Tab. 1), unabhängig davon aber eine temperatursummenabhängige Gewichtsentwicklung zeigen, ist der Grund, warum hier versucht wird, das Alter der Frühjahrslarven nicht durch das Larvenstadium, sondern durch das Gewicht zu charakterisieren. In Abb. 6 ist das Polynom dargestellt, das die Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von der

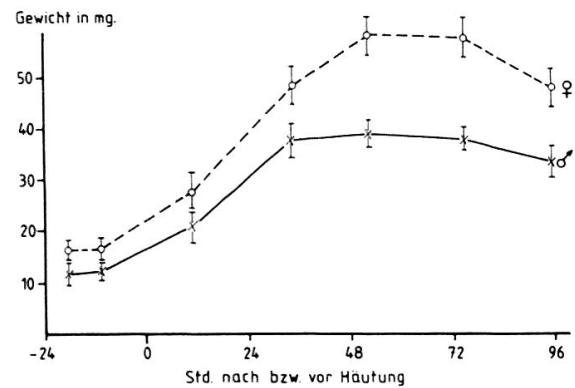


Abb. 5: Gewichtsverlauf von  $L_5$  bei 25,5 °C und Dauerlicht. Angegeben ist zudem das 95%-Vertrauensintervall des Mittelwertes.

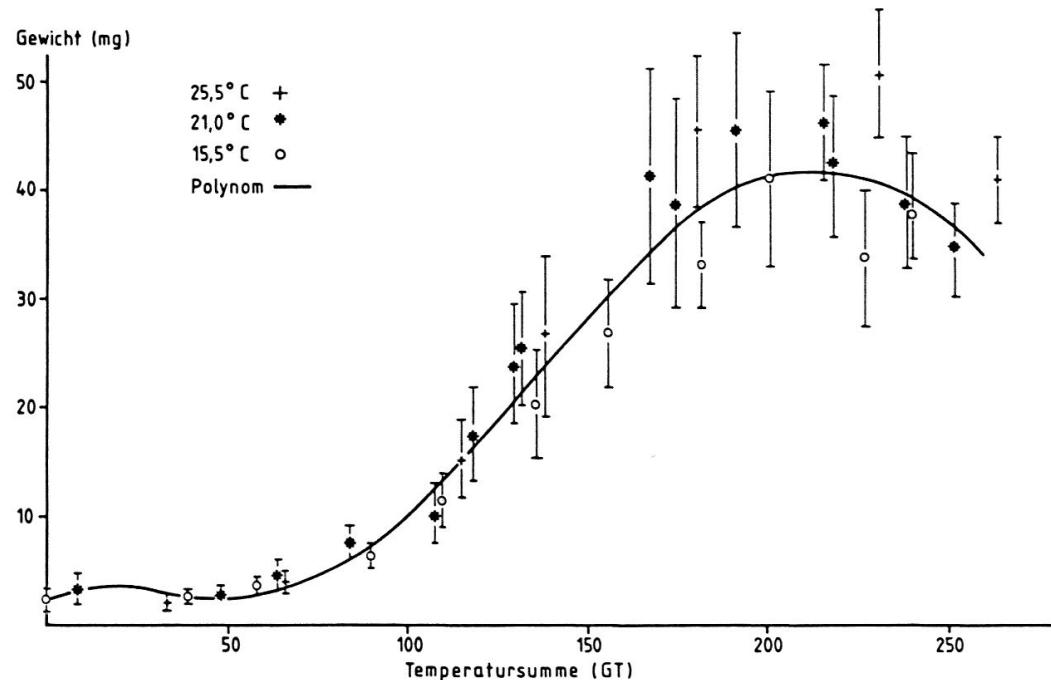


Abb. 6: Gewichtsverlauf der Frühjahrslarven bei verschiedenen Temperaturen (angegeben ist zudem das 95%-Vertrauensintervall des Mittelwertes). Die Tage in den verschiedenen Temperaturen wurden in Gradtagen umgerechnet (ARNOLD, 1960) mit einem Entwicklungsnullpunkt von 9 °C.

Temperatursumme beschreibt. Für die Berechnung dieses Polynomes wurden nur die Resultate der Versuche in 21°C und 15,5°C berücksichtigt, da im Frühjahr die Freilandtemperaturen nur selten bis zu 25,5°C steigen. Das Polynom hat die folgende Formel für das Gewicht der Larven (Gew) in mg:

$$\text{Gew} = a_0 + a_1 \cdot \text{GT} + a_2 \cdot \text{GT}^2 + a_3 \cdot \text{GT}^3 + a_4 \cdot \text{GT}^4 + a_5 \cdot \text{GT}^5$$

GT = Gradtage, berechnet gemäss ARNOLD (1960) mit einem Entwicklungsnulldpunkt von 9°C, wie bei FLÜCKIGER & BENZ (1982).

Die «Faktoren»  $a_0 - a_5$  wurden nach der Methode der polynomen Regression gemäss FORSYTHE (1957) bestimmt und haben folgende Werte:

$$\begin{aligned} a_0 &= +2,3097 \\ a_1 &= +0,1590 \\ a_2 &= -7,0408 \cdot 10^{-3} \\ a_3 &= +1,0098 \cdot 10^{-4} \\ a_4 &= -4,5143 \cdot 10^{-7} \\ a_5 &= +0,0635 \cdot 10^{-8} \end{aligned}$$

Falls man also im Verlaufe der Vegetationsperiode im Frühjahr die entsprechende Temperatursumme kennt, kann man mit Hilfe dieses Polynoms das Gewicht der Frühjahrslarven für jeden Zeitpunkt bestimmen.

Abb. 7 zeigt einen Vergleich zwischen den auf diese Weise berechneten Larvengewichten und den im Freiland beobachteten Gewichten der Larven in den Jahren 1980 in Sion und 1981 in Zürich.

### Empfindlichkeit der Larven des Schalenwicklers gegenüber GVW, GVJ und NPV im Labor

#### *Mediumtauchinfektion beim Granulosisvirus aus dem Wallis (GVW)*

*Empfindlichkeit der Larven bei sechstägigem Frass ab Eilarve auf virösem Medium.* Die Abb. 8 stellt die Resultate von drei Versuchen mit sechstägigem Frass ab Eilarve in den Jahren 1978, 1979 und 1981 dar. Die LC-50-Werte (LC =

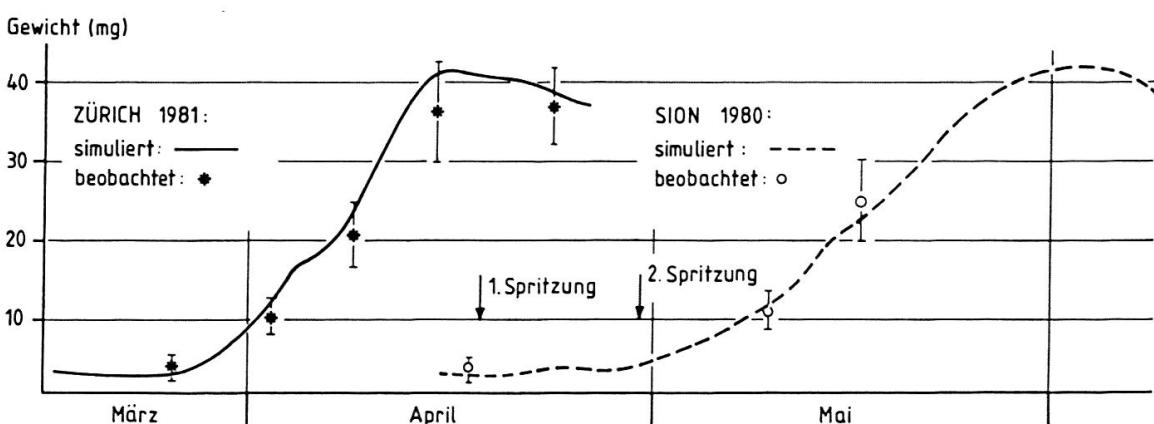


Abb. 7: Durchschnittliches simuliertes und beobachtetes Gewicht der Frühjahrslarven zu verschiedenen Zeitpunkten in Sion 1980 (Tiere aus Apfelanlage) und in Zürich 1981 (Tiere im Freilandinsektarium in Einzelzucht mit Medium von DE JONG, 1980). Angegeben ist zudem das 95%-Vertrauensintervall der Mittelwerte.

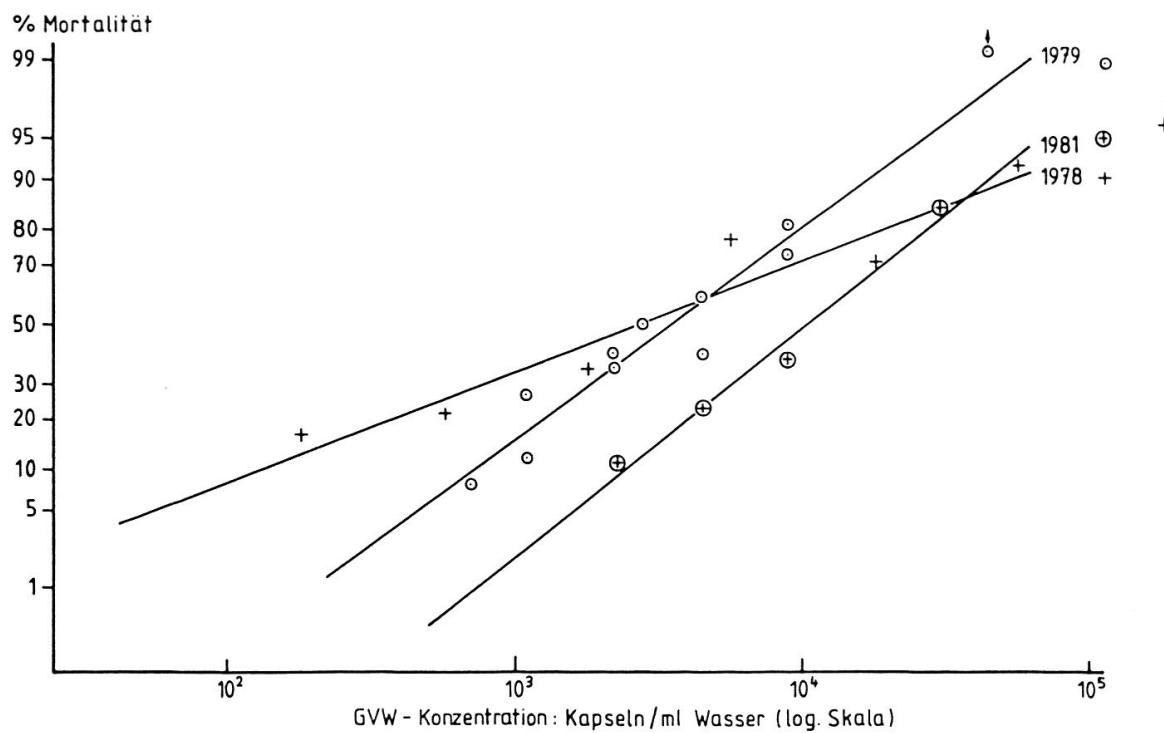


Abb. 8: Sechstägiger Frass der Larven ab Eilarve auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion) bei 26°C und Dauerlicht in den Jahren 1978, 1979 und 1981. Die drei Kurven sind statistisch signifikant verschieden (Potency-Analyse;  $P \leq 0,05$ ).

Letale Konzentration: engl. lethal concentration) betragen für die Kurven von 1978  $2,8 \cdot 10^3$ , von 1979  $3,6 \cdot 10^3$  und von 1981  $1,3 \cdot 10^4$  GV/ml Wasser. Es musste im Verlaufe der Jahre eine grössere Viruskonzentration aufgewendet werden, um dieselbe Mortalität bei den Larven zu erreichen. Die drei Kurven sind signifikant voneinander verschieden ( $P \leq 0,05$ ). 1979 wurde dieser Versuch dreimal nacheinander wiederholt. Zwischen diesen drei Kurven konnte aber kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $P \leq 0,05$ ).

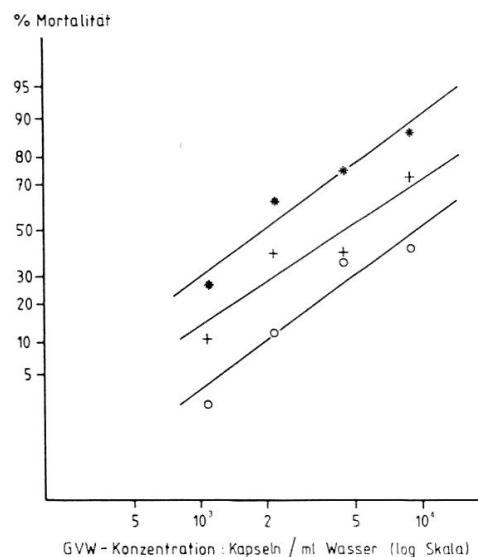


Abb. 9: Frass der Larven ab Eilarve auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion) bei 26°C und Dauerlicht während 3 Tg. (○), 6 Tg. (+) und 9 Tg. (\*). Die drei Kurven sind statistisch signifikant verschieden (Potency-Analyse;  $P \leq 0,05$ ).

*Empfindlichkeit der Larven bei drei-, sechs- und neuntägigem Frass ab Eilarve auf virusbehandeltem Medium.* Aus Abb. 9 wird ersichtlich, dass die Frassdauer auf viruskontaminiertem Medium ab Eilarve die Mortalität der Larven wesentlich beeinflusst. Um dieselbe Mortalität der Larven zu erhalten, muss bei dreitägigem Frass eine 5mal höhere Konzentration an Viren aufgewendet werden als bei neuntägigem Frass ( $P \leqq 0,05$ ).

*Empfindlichkeit der verschiedenen Larvenstadien.* Abb. 10 zeigt, wie gross die altersbedingte Zunahme der Toleranz der Larven gegenüber dem Virus bei sechstägigem Frass auf kontaminiertem Medium ist.

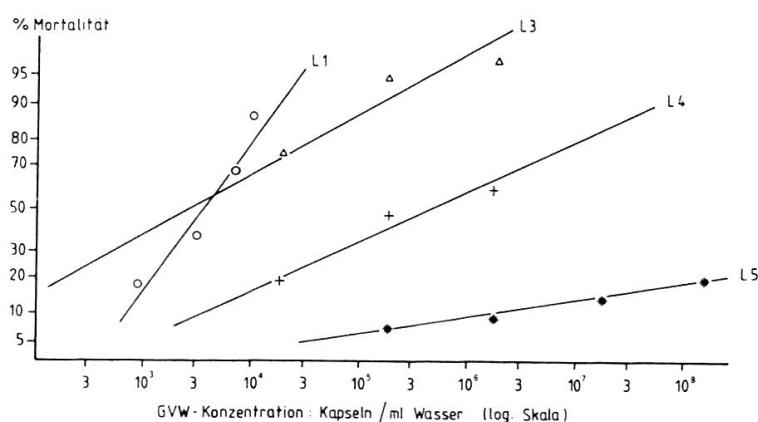


Abb. 10: Empfindlichkeit verschiedener Larvenstadien bei sechstägigem Frass auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion) ab Eilarve bei L<sub>1</sub> bzw. ab Häutung bei L<sub>3</sub>-L<sub>5</sub>.

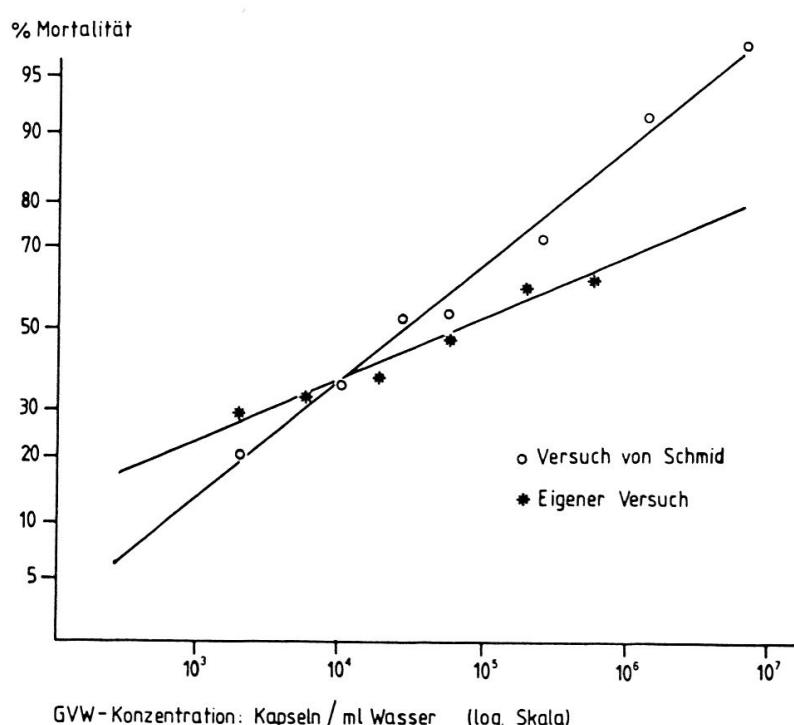


Abb. 11: Empfindlichkeit von zehn Tage alten Larven aus einer Massenzucht bei sechstägigem Frass auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion). Der Versuch von Schmid ist bei SCHMID *et al.* (1982) beschrieben.

*Empfindlichkeit von 10 Tage alten Larven.* Abb. 11 gibt einen Vergleich der Ergebnisse der gleichen Biostestmethode (Dosis-Mortalitäts-Kurven), die an zwei verschiedenen Orten von verschiedenen Personen durchgeführt wurde. Die Gerade von SCHMID *et al.* (in Vorbereitung) ist signifikant steiler als die eigene ( $P \leq 0,05$ ).

*Der Einfluss der Photoperiode.* Ein Vergleich des Frasses der Larven bei Dauerlicht und bei Kurztag (L8/D16) gibt Abb. 12. Die Photoperiode hat keinen signifikanten Einfluss auf die Empfindlichkeit der Larven gegenüber dem Virus ( $P \leq 0,05$ ).

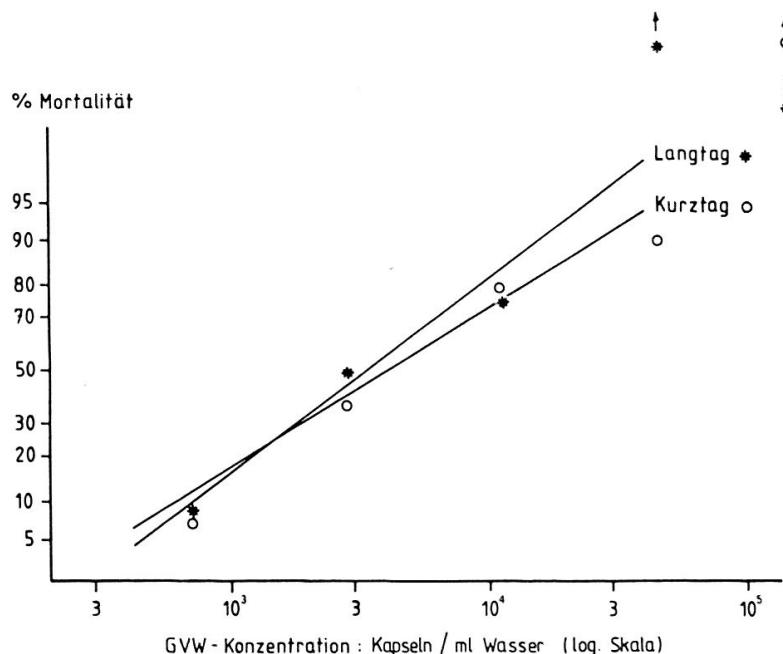
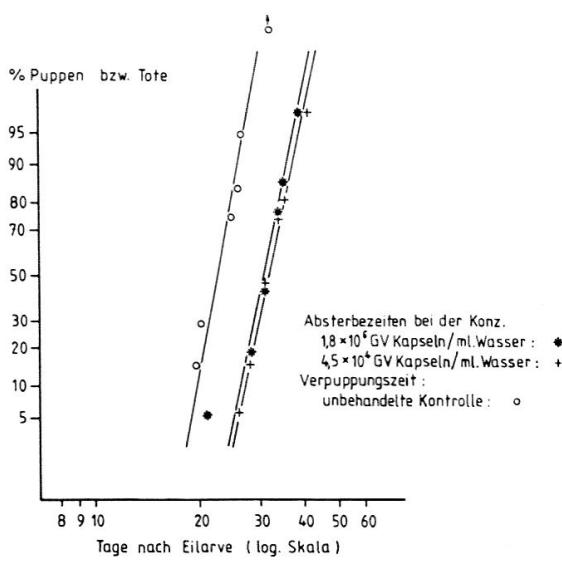


Abb. 12: Dosis-Mortalitätskurven bei verschiedenen Photoperioden. Sechstägiger Frass von Larven ab Eilarve auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion) bei 26°C unter Dauerlicht (Langtag) bzw. Kurztagbedingungen. Die Kurven sind statistisch nicht signifikant verschieden (Potency-Analyse;  $P \leq 0,05$ ).

Abb. 13: Zeit bis Verpuppung bei der unbehandelten Kontrolle und Absterbezeit von Larven, die am Anfang ihrer Entwicklung während sechs Tagen auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion) bei 26°C und Dauerlicht gefressen haben. Die Absterbezeit dauert signifikant länger als die Zeit bis zur Verpuppung bei der unbehandelten Kontrolle ( $P \leq 0,05$ ).



*Die Absterbezeit.* Die Abb. 13 zeigt einen Vergleich zwischen den Absterzeiten von mit GVW infizierten Larven und der Verpuppungszeit nicht infizierter Kontrollen. Es ist bemerkenswert, dass die Larven, die im L<sub>1</sub>- und L<sub>2</sub>-Stadium mit GVW infiziert wurden, erst dann abzusterben begannen, als sich die meisten Kontrolltiere schon verpuppt hatten. Die meisten Larven starben im L<sub>5</sub>. Zudem fällt auf, dass die Absterbezeit durch eine erhöhte Viruskonzentration nicht verkürzt wurde.

#### *Mediumtauchinfektion beim Granulosavirus aus Japan (GVJ)*

In Abb. 14 ist die Konzentrationsmortalitätskurve von GVJ, die 1978 durchgeführt wurde, dargestellt. Diese Kurve unterscheidet sich nicht signifikant ( $P \leq 0,05$ ) von der Kurve mit GVW von 1978 (Abb. 8). Auch ist die Absterbezeit bei einer Infektion durch GVJ (Abb. 15) nicht signifikant verschieden ( $P \leq 0,05$ ) von derjenigen bei GVW (Abb. 13).

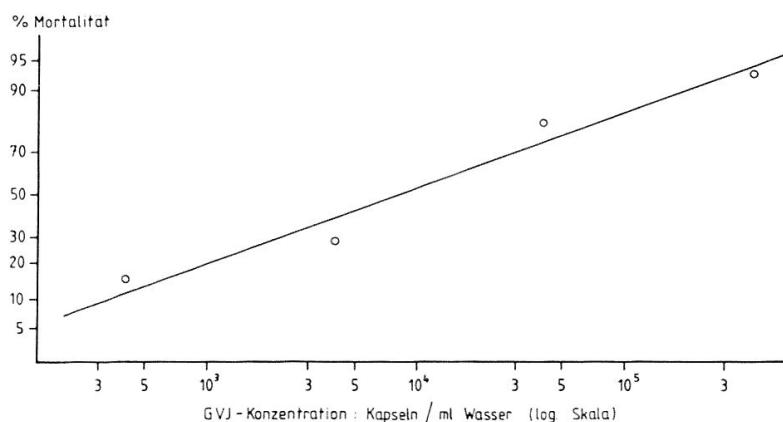


Abb. 14: Mortalität nach sechstägigem Frass der Larven ab Eilarve auf Medium mit GVJ (Mediumtauchinfektion) bei 26 °C und Dauerlicht.

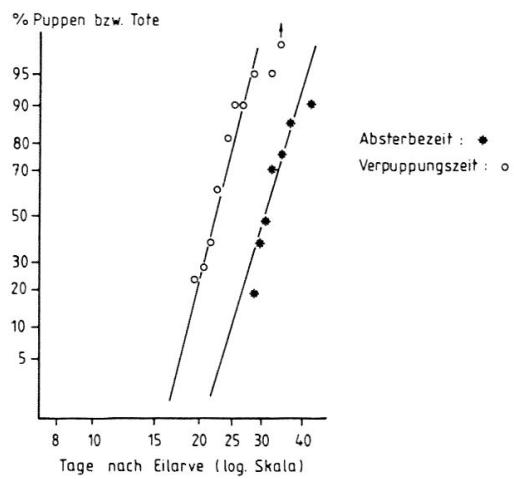
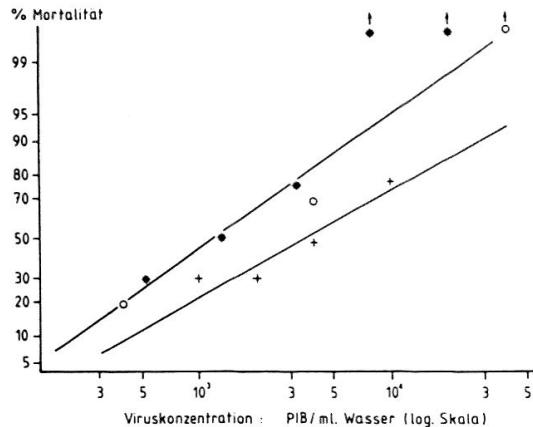


Abb. 15: Zeit bis Verpuppung bei der unbehandelten Kontrolle und Absterbezeit von Larven, die am Anfang ihrer Entwicklung während sechs Tagen auf Medium mit GVJ (Mediumtauchinfektion) bei 26 °C und Dauerlicht gefressen haben. Die Absterbezeit dauert signifikant länger als die Zeit bis zur Verpuppung bei der unbehandelten Kontrolle.

#### *Mediumtauchinfektion beim Kernpolyedervirus (NPV)*

*Empfindlichkeit der Larven bei sechstägigem Frass ab Eilarve auf virösem Medium.* Die Abb. 16 stellt die Resultate der Versuche mit sechstägigem Frass ab Eilarve in den Jahren 1979 und 1981 dar. Die LC-50-Werte betragen für die Kurve

Abb. 16: Sechstägiger Frass der Larven ab Eilarve auf Medium mit NPV (Mediumtauchinfektion) bei 26 °C und Dauerlicht in den Jahren 1979 und 1981. O = Test vom 21.2.79; \* = Test vom 10.11.79; + = Test vom 3.10.81. Die beiden Kurven sind statistisch signifikant verschieden (Potency-Analyse;  $P \leq 0,05$ ).



von 1979  $1,1 \cdot 10^3$  und von 1981  $3,6 \cdot 10^3$  NPV/ml Wasser. 1981 musste eine signifikant grösitere Viruskonzentration aufgewendet werden als 1979, um dieselbe Mortalität bei den Larven zu erreichen ( $P \leq 0,05$ ).

*Empfindlichkeit der verschiedenen Larvenstadien.* Die Empfindlichkeit der verschiedenen Larvenstadien für NPV-Infektion wurde geprüft, indem Eilarven, 10 Tage alte Larven ( $L_2/L_3$ ),  $L_4$  und  $L_5$  für 6 Tage auf NPV-infiziertes Medium gebracht wurden. Wie die Abb. 17 zeigt, entwickelt sich eine Alterstoleranz der Larven auch gegenüber dem NPV. Beim Vergleich mit Abb. 10 ist aber deutlich zu sehen, dass die Alterstoleranz gegen das NPV weniger stark ausgeprägt ist als gegen das GVW.

*Der Einfluss der Photoperiode.* Auch beim NPV hat die Photoperiode keinen signifikanten ( $P \leq 0,05$ ) Einfluss auf die Empfindlichkeit der Larven gegenüber dem Virus (Abb. 18).

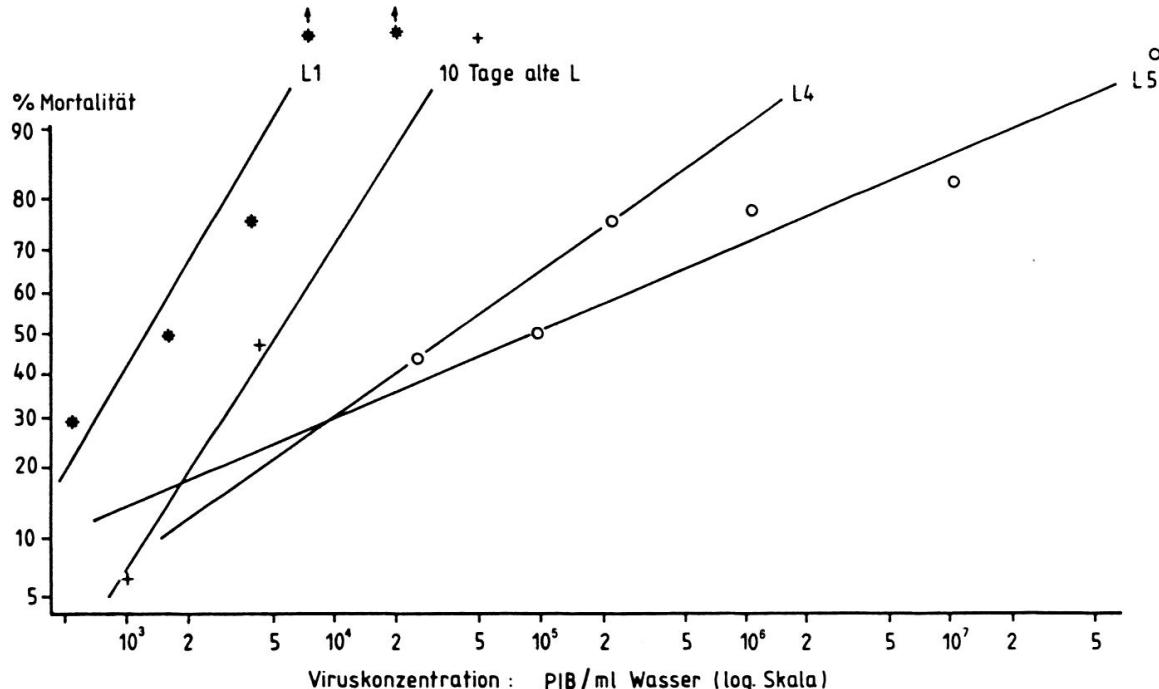


Abb. 17: Empfindlichkeit verschiedener Larvenstadien bei sechstägigem Frass auf Medium mit NPV (Mediumtauchinfektion) bei 26 °C und Dauerlicht.

*Die Absterbezeit.* Abb. 19 zeigt einen Vergleich zwischen der Absterbezeit infizierter Larven und der Verpuppungszeit von Kontrolltieren. Die infizierten Larven sterben, bevor sich die Kontrollen verpuppen. Durch Erhöhung der Viruskonzentration kann die Absterbezeit verkürzt werden. Die meisten Larven sterben als L<sub>3</sub>.

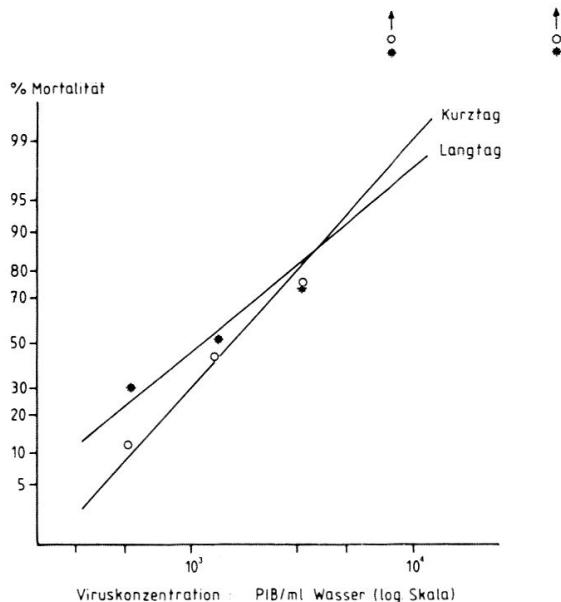


Abb. 18: Dosis-Mortalitätskurven bei verschiedenen Photoperioden. Sechstägiger Frass der Larven ab Eilarve auf Medium mit NPV (Mediumtauchinfektion) bei 26°C unter Dauerlicht (Langtag) bzw. Kurztagbedingungen. Die Kurven sind statistisch nicht signifikant verschieden (Potency-Analyse; P ≤ 0,05).

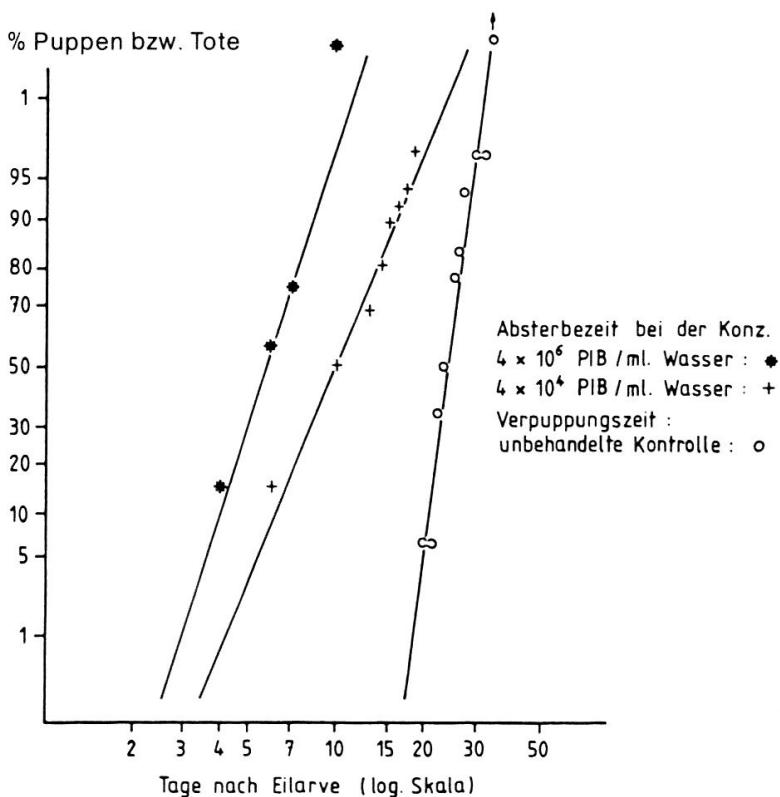


Abb. 19: Zeit bis Verpuppung bei der unbehandelten Kontrolle und Absterbezeit von Larven, die am Anfang ihrer Entwicklung während sechs Tagen auf Medium mit NPV (Mediumtauchinfektion) bei 26°C und Dauerlicht gefressen haben. Alle drei Kurven sind statistisch signifikant verschieden (P ≤ 0,05).

### Interaktion von GVW und NPV

Im folgenden wurde untersucht, ob eine Mischinfektion von zwei verschiedenen Viren eine andere Mortalität ergibt als Einzelninfektion eines Virus. Dazu wurden verschiedene Konzentrationen von GVW und NPV einerseits alleine und andererseits jeweils ihre halbe Konzentration gemischt geprüft. Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass eine Kombination von GVW und NPV keine signifikant höhere Mortalität bei den Larven bewirkt.

Tab. 4: Interaktion von GVW und NPV. Sechstägiger Frass ab Eilarve auf kontaminiertem Medium (Mediumtauchinfektion) bei 26°C. Nach dem Frass auf kontaminiertem Medium wurde dieses durch normales Medium ersetzt. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Resultaten bei Mischinfektion und bei GVW bzw. NPV ( $P \leq 0,05$ ).

GVW allein		Mischinfektion		NPV allein	
Konz. GVW Kapseln/ml	% Mort.	% Mortalität mit $\frac{1}{2}$ Konz GV + $\frac{1}{2}$ Konz NPV	% Mort.	Konz. NPV PIB/ml	
$2,25 \cdot 10^3$	11	-	31	$1,0 \cdot 10^3$	
$4,50 \cdot 10^3$	19	33	30	$2,0 \cdot 10^3$	
$9,00 \cdot 10^3$	36	39	49	$4,0 \cdot 10^3$	
$3,00 \cdot 10^4$	84	82	78	$1,0 \cdot 10^4$	

Tab. 5: Mortalität von als Larven infizierten Parentalgenerationen und der F<sub>1</sub> von den Überlebenden.

Parentalgeneration		F <sub>1</sub> -Generation	
Behandlung der Larven	% Mortalität	N	% Mortalität
a) <u>Granulosivirus</u>			
Kontrolle	-	100	15
$2,2 \cdot 10^3$ Kaps./ml	11	30	13
$4,5 \cdot 10^3$ Kaps./ml	19	65	6
$9,0 \cdot 10^3$ Kaps./ml	36	57	14
b) <u>Kernpolyedervirus*</u>			
Kontrolle	-	100	8-9
$10^4$ PIB/ml	61	100	4-8

\* Nach einer unpubl. Semesterarbeit von P. HAAS (1980).

## Vertikale Übertragung von Viren von einer Generation zur andern

Um zu untersuchen, ob eine vertikale Übertragung des GVW von einer Generation zur andern möglich ist, wurden Larven mit dem GVW infiziert und die überlebenden Falter aus diesem Versuch zur Eiablage gebracht. Keine der aus den Eiern schlüpfenden Larven starb an einer Granulosiserkrankung. Die Mortalität dieser Tiere wurde mit der Mortalität von Kontrolltieren verglichen. Dabei konnte kein Unterschied festgestellt werden (Tab. 5a). Ähnliche Versuche mit den NPV ergaben ebenfalls negative Resultate (Tab. 5b).

## Mediuminfektion beim Granulosisvirus aus dem Wallis (GVW)

*Die Empfindlichkeit verschiedener Larvenstadien.* Die Empfindlichkeit verschiedener Sommerlarven bei sechstägigem Frass wurde bei 26 °C und von Frühjahrslarven bei neuntägigem Frass bei 21 °C auf Medium mit GVW getestet. Bemerkenswert ist, dass die L<sub>3</sub> empfindlicher waren als die L<sub>1</sub> (Abb. 20). Dies steht im Gegensatz zu den Resultaten mit der Mediumtauchinfektion (Abb. 10), wo bei den L<sub>3</sub> bereits eine höhere Resistenz gegen Virusinfektion zu beobachten war. Der eine Punkt für die L<sub>5</sub> in Abb. 20 zeigt aber, dass wir auch mit der Mediuminfektion im letzten Larvenstadium eine grosse Alterstoleranz gegenüber dem Virus vorfinden.

Nach den in Abb. 21 dargestellten Versuchen können wir feststellen, dass bei einer Verlängerung der Frassdauer der L<sub>1</sub> auf viruskontaminiertem Medium von 3 auf 9 Tage die LC-Werte ungefähr auf die Hälfte reduziert werden. Dieses Resultat deckt sich insofern nicht ganz mit den Resultaten mit Mediumtauchinfektion (Abb. 9), als dort die gleiche Veränderung der Frassdauer einen bedeutend grösseren Einfluss auf die Mortalität hat. Wie die Abb. 22 zeigt, müsste die Frassdauer

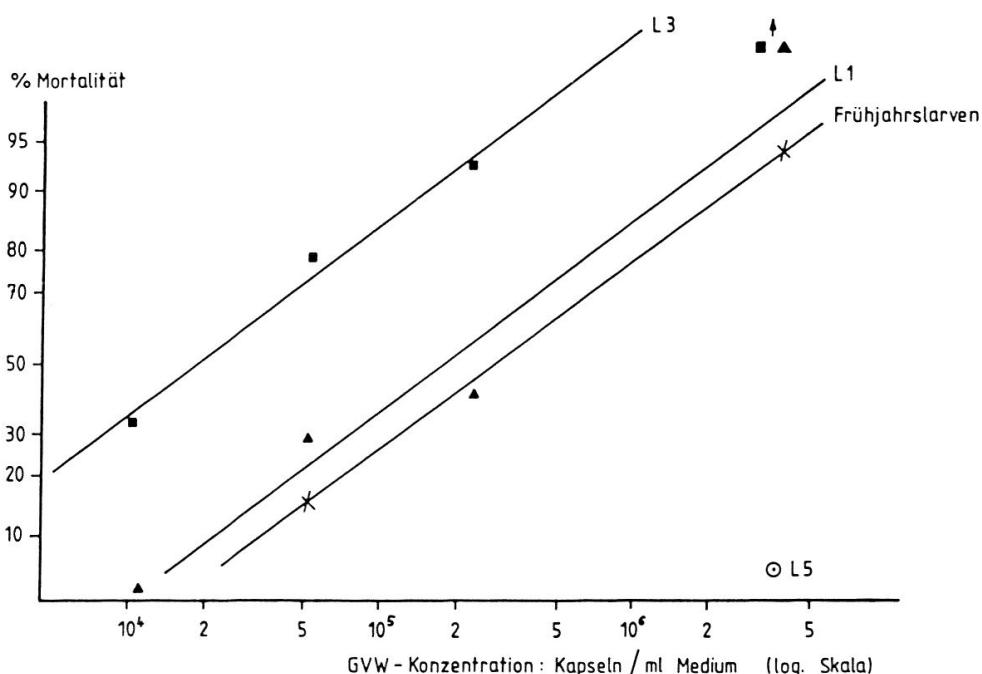
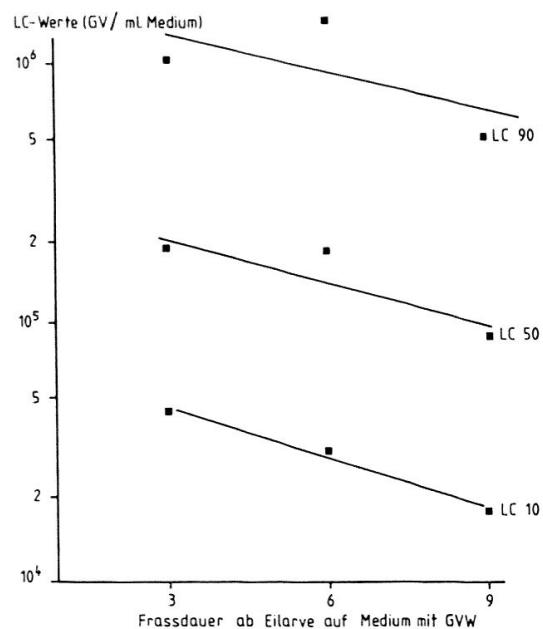


Abb. 20: Empfindlichkeit des 1., 3. und 5. Stadiums der Sommerlarven nach sechstägigem Frass ab Häutung bzw. ab Eilarve (L<sub>1</sub>) auf Medium mit GVW (Mediumtauchinfektion), (Dauerlicht, 26 °C) und von Frühjahrslarven nach neuntägigem Frass auf GVW-Medium (Langtag, 21 °C). Die Kurve der L<sub>3</sub> unterscheidet sich signifikant von der Kurve der L<sub>1</sub> (Potency-Analyse;  $P \leqq 0,05$ ).

Abb. 21: Drei-, sechs- und neuntägiger Frass ab Eilarve auf Medium mit GVW (Mediuminfektion) bei 26°C und Dauerlicht.



bei Mediuminfektion mindestens 11 Tage sein, bis keine Erhöhung der Mortalität mehr erfolgt. Wie die Darstellung ebenfalls zeigt, scheint bei niedriger Viruskonzentration die Periode vom 9. bis 11. Tag von grosser Bedeutung zu sein.

*Die Empfindlichkeit der Frühjahrslarven.* Abb. 23 zeigt den Gewichtsverlauf von Frühjahrslarven und die Veränderung ihrer Empfindlichkeit gegenüber dem GVW im Verlaufe der Entwicklung. Es ist sehr deutlich zu erkennen, dass einerseits sehr junge und anderseits ältere Larven weniger empfindlich sind als Larven im mittleren Alter. Am empfindlichsten scheinen die Larven nach ca. 70 GT zu sein.

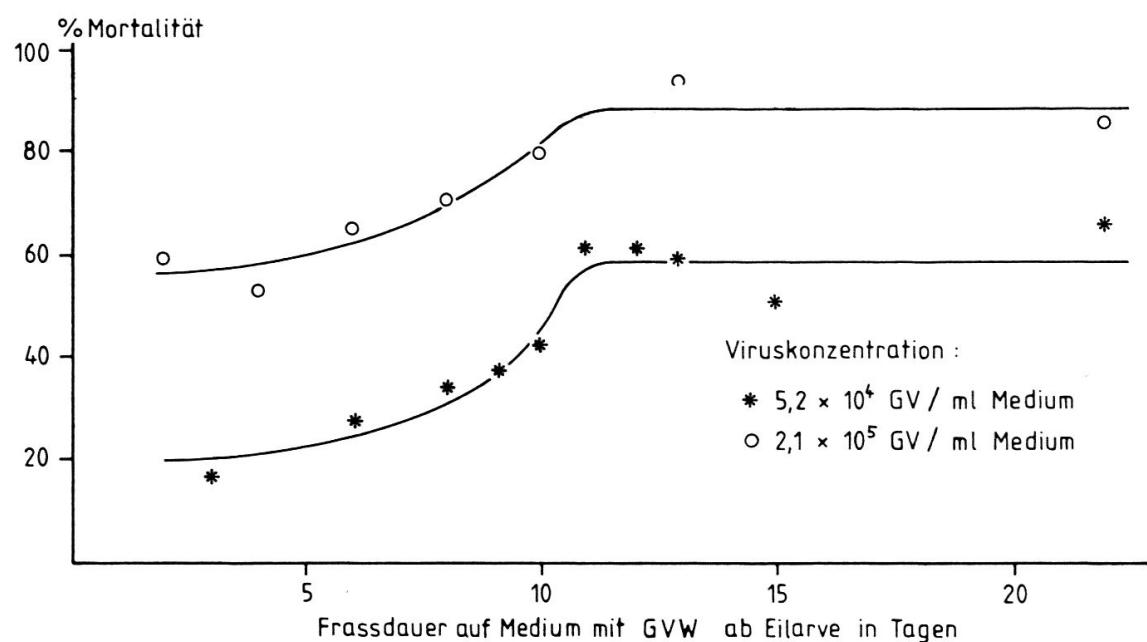


Abb. 22: Empfindlichkeit der Larven gegenüber verschieden langer Frassdauer ab Eilarve auf Medium mit GVW (Mediuminfektion) bei 26°C und Dauerlicht. Der Verlauf der Kurven wurde graphisch bestimmt.

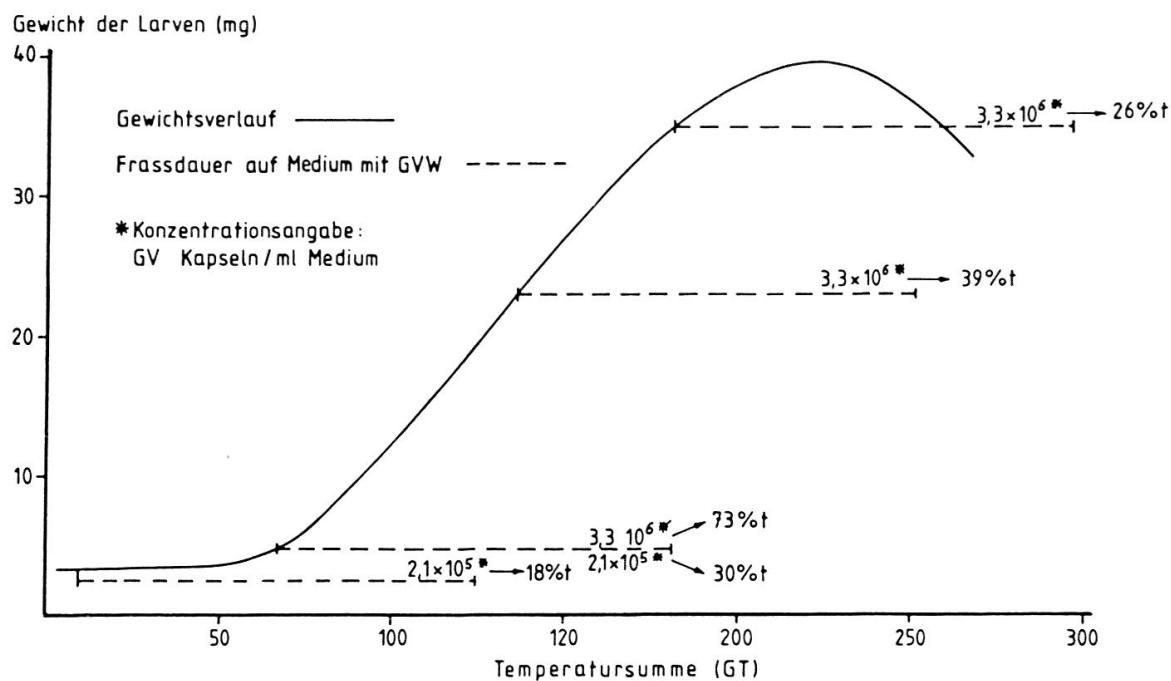
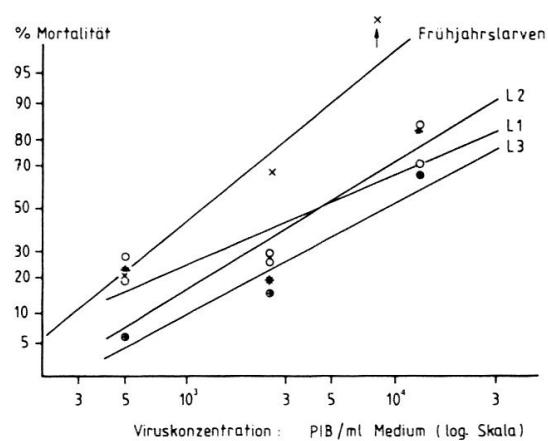


Abb. 23: Gewichtsentwicklung und Empfindlichkeit der Frühjahrslarven aus dem Freilandinsektarium bei zehntägigem Frass (115 GT) als Larven verschiedenen Alters (beim Ansatz = 0 GT, meist L<sub>3</sub>) auf Medium mit GVW (Mediuminfektion) bei 20,5°C und Langtag (16 L/8 D). Die Tage wurden gemäss ARNOLD (1960) in Gradtage (GT) umgerechnet; Entwicklungsnullpunkt = 9°C.

#### Mediuminfektion beim Kernpolyedervirus (NPV)

*Die Empfindlichkeit verschiedener Larvenstadien.* In Abb. 24 sind die Dosis-Mortalitätskurven für L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> und L<sub>3</sub> der Sommergeneration bei sechstägigem Frass auf mit NPV kontaminiertem Medium bei 26°C sowie die Kurve von Frühjahrslarven bei neuntägigem Frass bei 21°C auf gleichem Medium dargestellt. Die LC-Werte für die L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> betragen ca.  $4 \cdot 10^3$ , für die L<sub>3</sub> ca.  $9 \cdot 10^3$  und für die Frühjahrslarven  $1,2 \cdot 10^3$  PIB/ml Medium. Die Unterschiede zwischen der Frühjahrs- und der Sommergeneration sind statistisch signifikant ( $P \leqq 0,05$ ), nicht aber die Unterschiede innerhalb der letzteren. Zur Bekämpfung von Frühjahrslarven dürften somit weniger NPV benötigt werden als zur Bekämpfung der Sommergeneration.

Abb. 24: Empfindlichkeit verschiedener Stadien der Sommerlarven nach sechstägigem Frass ab Häutung bzw. ab Eilarve (L<sub>1</sub>) auf Medium mit NPV (Mediuminfektion, Dauerlicht, 26°C) und von Frühjahrslarven nach neuntägigem Frass auf NPV-Medium (Langtag, 21°C).



*Die Empfindlichkeit der Frühjahrslarven.* Abb. 25 zeigt deutlich, dass das Ansatzstadium im Herbst die Empfindlichkeit der Frühjahrslarven auf NPV beeinflusst. Die beiden Kurven sind signifikant voneinander verschieden ( $P \leq 0,05$ ). Die Prüfung auf einen Temperatureinfluss bezüglich der NPV-Empfindlichkeit von Frühjahrslarven bei Dauerfrass auf kontaminiertem Medium zeigte, dass im Bereich zwischen 15–21°C keine Unterschiede in der Empfindlichkeit zu erwarten sind (Abb. 26).

Abb. 25: Einfluss des Zeitpunktes des Ansatzes der Eilarven im Spätsommer (A = 11.8.80) und im Herbst (B = 24.9.80) sowie Zucht bei wechselnden Umwelttemperaturen im Freilandinsektarium auf die Empfindlichkeit von Frühjahrslarven auf NPV. Die Larven wurden am 27.3.81 vom Freilandinsektarium in den Klimaraum (21 °C) gebracht, auf Medium mit NPV (Mediuminfektion) angesetzt und nach 10 Tagen auf Normalmedium umgesetzt.

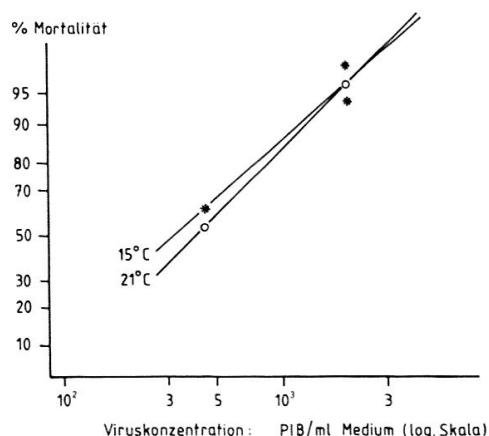
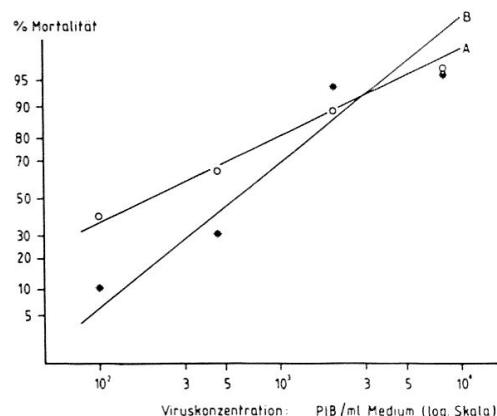


Abb. 26: Einfluss der Temperatur auf die Empfindlichkeit von Frühjahrslarven bei Dauerfrass auf Medium mit NPV (Mediuminfektion). Alle Tiere wurden als Eilarven am 23.9.80 angesetzt, verbrachten den Winter im Freilandinsektarium und wurden am 10.3.81 in die Klimaräume (15 bzw. 21 °C) auf NPV-kontaminiertes Medium gebracht.

Die Veränderungen der Empfindlichkeit von Frühjahrslarven auf NPV im Verlaufe der Entwicklung wurde (ähnlich wie mit dem GVW) geprüft, indem verschiedene alte Frühjahrslarven von normalem Medium für 3 bzw. 10 Tg. (36 bzw. 120 GT) auf NPV-kontaminierte Medien gebracht wurden (Abb. 27). Wie die Abbildung zeigt, war der Gewichtsverlauf ähnlich wie beim früheren Versuch. Auch die Veränderung der Empfindlichkeit auf NPV im Verlaufe der Entwicklung der Frühjahrslarven ist ähnlich wie beim GVW (Abb. 23). Auch gegenüber dem NPV ergibt sich eine zunehmende Empfindlichkeit bis zu einem mittleren Larvenalter von ca. 70–110 GT und später eine Abnahme der Empfindlichkeit (Abb. 27).

#### *Die Bioteste im Labor auf kleinen Apfelbäumchen*

Praxisnähere Versuche mit dem GVW und dem NPV auf kleinen Apfelbäumchen ergaben, dass gegenüber dem NPV eine etwa 300mal höhere Konzentration des GV aufgewendet werden musste, um 95% Mortalität der Larven zu

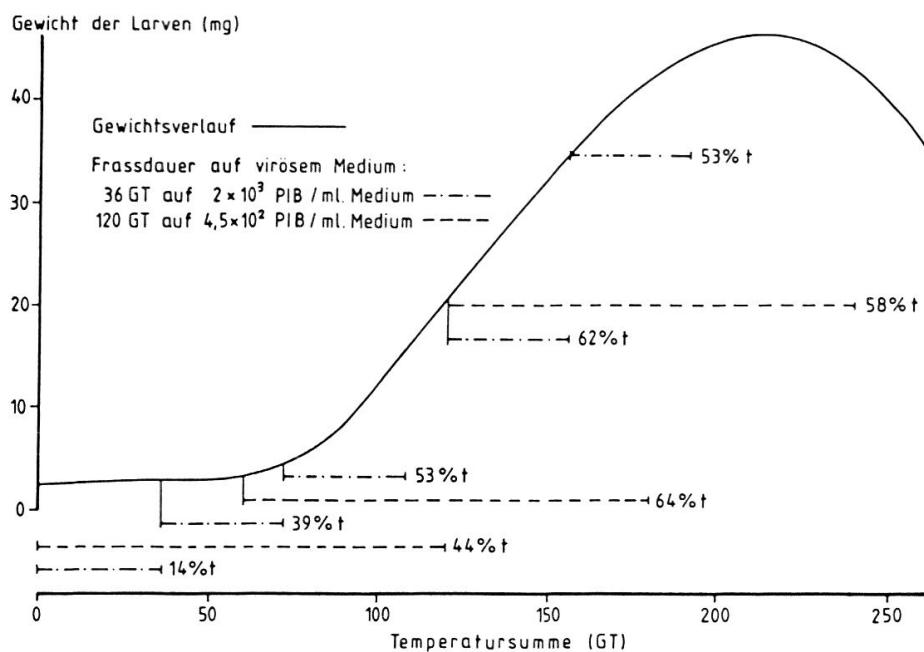


Abb. 27: Gewichtsentwicklung und Empfindlichkeit der Frühjahrslarven verschiedenen Alters bei zehntägigem (120 GT) bzw. dreitägigem Frass (36 GT) auf Medium mit NPV (Mediuminfektion) bei 21°C und Langtag (16 L/8 D). Die Tage wurden in Gradtage (GT) umgerechnet (vgl. Abb. 23).

erreichen (Abb. 28). Der LC<sub>50</sub>-Wert für bis zur Tropfnässe behandelte Bäumchen beträgt für das NPV  $1,8 \cdot 10^3$  PIB/ml und für das GVW  $7,4 \cdot 10^4$  GV/ml. Die Werte der beiden Kurven sind homogen, d. h. sie repräsentieren die berechnete Kurve in einem befriedigenden Masse (Definition vgl. FINNEY, 1971). Die Potency-Analyse ergab, dass die zwei Kurven nicht parallel sind ( $P \leqq 0,05$ ).

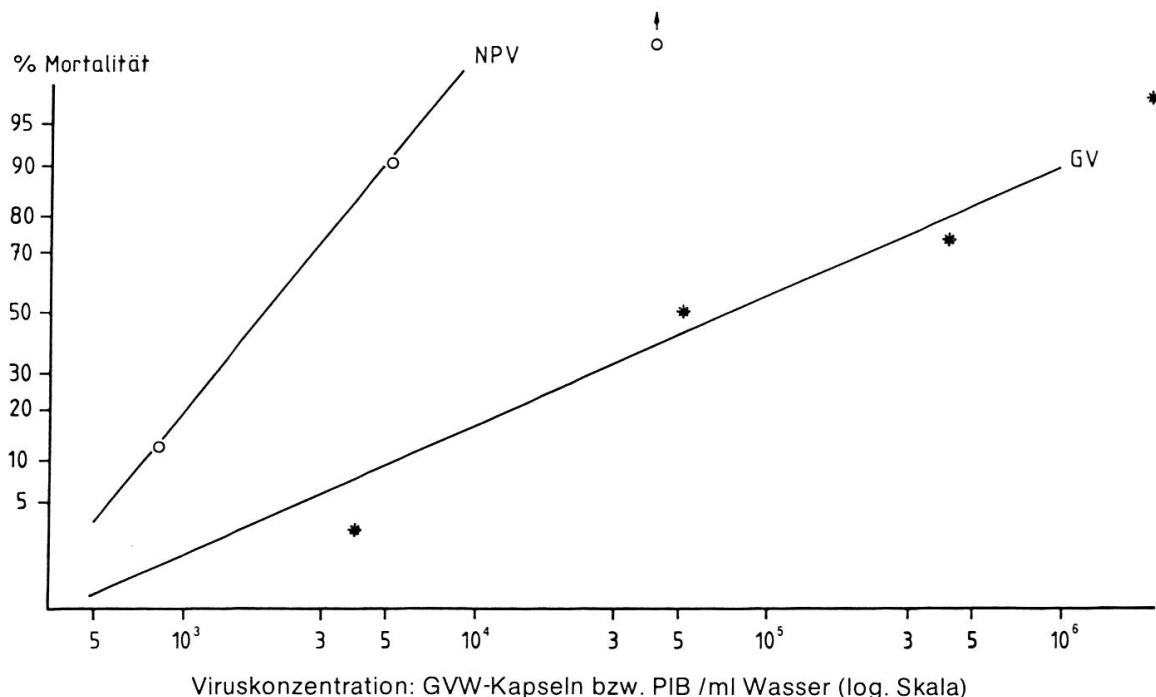


Abb. 28: Dosis-Mortalitätskurven von Larven, die auf mit Baculoviren bis zur Tropfnässe behandelten kleinen Apfelbäumchen fressen (21°C).

## Die Produktion von GV und NPV im Labor

Aus arbeitsrationellen Gründen wurde die Produktion von Viren mit Larven durchgeführt, die aus Massenzuchten stammten.

### *Das Granulosisvirus*

In den Abb. 13 und 15 wurde gezeigt, dass junge L<sub>1</sub>, die mit GVW bzw. GVJ infiziert werden, erst ca. 30 Tage nach der Infektion absterben. Während dieser Zeit fressen die Larven und wachsen; das Gewicht der virösen Kadaver entspricht demjenigen voll ausgewachsener L<sub>5</sub>. Deshalb können bei der Produktion von GV schon die Eilarven infiziert werden. Die Mediumwürfel, auf denen die Larven fressen sollen, werden zuerst für 2-3 Sekunden in eine Virussuspension getaucht ( $4 \cdot 10^4$  GV/ml). Nach dem Abtrocknen wird das Medium in Schachteln für die Massenzucht gebracht. In diese Schachteln werden dann Schalenwicklereier im Schwarzkopfstadion gebracht. Die Zuchtschachteln werden nun alle mit einem Deckel verschlossen. Nach ca. 4 Wochen befinden sich in den Zuchteinheiten jeweils ca. 70 virustote Kadaver. Die Zuchteinheiten werden nun in der Tiefkühltruhe bei -20° eingefroren, so dass die Kadaver mit der Pinzette eingesammelt werden können, ohne dass dabei Virusverluste entstehen. Beim GVJ wurden  $2,5 \cdot 10^9$  und beim GVW  $3,5 \cdot 10^9$  Kapseln pro virustote Larven erhalten.

### *Das Kernpolyedervirus*

Im Gegensatz zu granulösen Larven sterben als Eilarven mit NPV infizierte Tiere schon nach etwa 10 Tagen im L<sub>3</sub>-Stadium. Für die Virusproduktion wäre dies sehr ungünstig, da solche Larven noch sehr klein sind und deshalb auch nur geringe Viruserträge geben. Auch nach Infektion mit NPV ist es aber möglich, grosse Kadaver im L<sub>5</sub>-Stadium zu erhalten, falls man die L<sub>3</sub> und L<sub>4</sub> infiziert. Für die Virusproduktion wird das NPV deshalb erst auf das Medium in den Massenzuchtschachteln gesprüht, wenn die Larven 10 Tage alt sind. Wenn so gesprüht wird, dass die Mediumwürfel regelmässig benetzt sind, aber nicht tropfen, soll die Konzentration der Virussuspension  $5 \cdot 10^5$  PIB/ml betragen. Auf diese Weise erhält man grosse Kadaver, die durchschnittlich  $7 \cdot 10^8$  PIB pro Larve enthalten. Vergleichende Versuche haben gezeigt, dass niedrigere und höhere Konzentrationen insofern unbefriedigende Resultate ergeben, als zu wenig Tiere virös werden bzw. die virösen Larven zu früh (zu klein) sterben und somit weniger Viren produzieren.

## Die Feldversuche

### *Allgemeines*

Einzig das NPV wurde im Feld getestet. Die Anordnung der Parzellen mit den verschiedenen Verfahren des Feldversuches zeigt Abb. 1. Da die Absterbezeit von mit Viren infizierten Larven auch bei NPV relativ lang ist (Abb. 19) und die Larven somit bis zu ihrem Absterben genügend Zeit haben, um die Äpfel zu beschädigen, wurde die Erfolgskontrolle der Spritzungen nicht nur mittels der Erntekontrolle durchgeführt, sondern auch mittels früherer visueller Triebkontrollen, gemäss BAGGIOLINI *et al.* (1980). Die bei dieser Methode eingesammelten Larven wurden bei 21°C auf Medium (Einzelzuchtmethode und Medium von DE JONG, 1968) weitergezüchtet und deren Mortalität im Labor bestimmt.

## Die Verteilung der Schalenwicklerlarven auf dem Apfelbaum

Aus Tabelle 6 ist deutlich zu erkennen, dass sich im oberen Kronenraum immer viel mehr Schalenwicklerlarven aufhalten als in der unteren Baumregion. Weiter können wir sehen, dass in der oberen Baumregion bei der zweiten Kon-

Tab. 6: Verteilung der Schalenwicklerlarven auf dem Apfelbaum bei der 1. Kontrolle am 28.-31. Juli 1980 und der 2. Kontrolle am 5.-7. August 1980.

Zeit der Kontrolle	Baumregion	Anzahl kontr. Triebe	Triebe mit % L.
Kontrolle vom 28.-31. Juli	oben	1000	19,6 a*
	unten	400	4,7 b
Kontrolle vom 5.-7. August	oben	400	30,2 c
	unten	400	8,5 d

\* Ungleiche Buchstaben bedeuten, dass die Werte signifikant verschieden voneinander sind ( $\chi^2$ -Vierfeldertest;  $P \leq 0,05$ ).

Tab. 7: Visuelle Triebkontrolle der unteren (a) und oberen (b) Baumregion: % Triebe, an denen Schalenwicklerlarven gefunden wurden (in der unteren Baumregion wurden jeweils bei der 1. und 2. Kontrolle 400, in der oberen Baumregion bei der 1. Kontrolle 400 und bei der 2. Kontrolle 1000 Triebe pro Verfahren kontrolliert).

Verfahren	1. Kontrolle 28.-31. Juli 80	2. Kontrolle 5.-7. August 80
	N %	N %
a)	Kontrolle	4,7 a*
	NPV 1 2x	0 b
	NPV 2 2x	1,2 b
	NPV 3 früh	0,5 b
	NPV 3 spät	0,2 b
	NPV 3 2x	0 b
	Sumicidin	0 b
b)	Kontrolle	19,6 a
	NPV 1 2x	2,5 b
	NPV 2 2x	2,5 b
	NPV 3 früh	5,1 c
	NPV 3 spät	2,0 b
	NPV 3 2x	1,5 d
	Sumicidin	0,3 e

\* Gleiche Buchstaben innerhalb eines Quadrates bedeuten, dass die Prozentzahlen nicht signifikant verschieden voneinander sind; ungleiche Buchstaben bedeuten signifikanten Unterschied (Varianzanalyse;  $P \leq 0,05$ ).

trolle beinahe zweimal mehr Larven vorgefunden wurden als bei der ersten Kontrolle. Der Prozentsatz in der unteren Baumregion hat sich auch verändert.

#### *Visuelle Triebkontrolle bei den verschiedenen Verfahren*

Aus der Tabelle 7 wird ersichtlich, wie häufig an den untersuchten Trieben der unteren und oberen Baumregion bei den verschiedenen Verfahren Schalenwicklerlarven gefunden wurden. Da in der unteren Baumregion (Tab. 7a) relativ wenig Larven gefunden wurden, kann hier nur festgestellt werden, dass bei der Kontrolle viel mehr Larven gefunden wurden als bei den anderen Verfahren. Mehr Larven wurden in der oberen Baumregion (Tab. 7b) gefunden, insbesondere bei der zweiten Kontrolle. Dort können wir deutlich erkennen, dass bei Sumicidin am wenigsten Larven vorhanden waren. Eine Reduktion von 90% der gefundenen Larven gegenüber der Kontrolle finden wir bei dem Verfahren mit der höchsten Viruskonzentration und zwei Behandlungen (NPV 3 2x).

Von den eingesammelten Larven waren einige bereits auf dem Feld tot (Tab. 8). Leider waren die Anzahlen aber so klein, dass kein vernünftiger Signifikanztest durchgeführt werden konnte. Trotzdem kann man aber die Tendenz erkennen, dass bei der Kontrolle am wenigsten tote Larven vorgefunden wurden.

Tab. 8: Anzahl der an 2 Kontrollen auf den Versuchsparzellen mit verschiedenen Verfahren eingesammelten Larven und % der auf dem Feld schon tot eingesammelten Larven sowie % der insgesamt auf dem Feld und im Labor gestorbenen Tiere.

Verfahren	1. Kontrolle 28.-31. Juli 80			2. Kontrolle 5.-7. August 80		
	N	% gestorben		N	% gestorben	
		im Feld*	in Feld u. Labor		im Feld*	in Feld u. Labor
Kontrolle	215	1,9	41,8 a**	155	1,9	52,6 a**
NPV 1 2x	25	12,0	75,7 bcde	45	8,8	77,1 bc
NPV 2 2x	30	6,6	88,0 d	22	27,3	73,3 bc
NPV 3 früh	53	3,8	58,8 bc	40	7,5	81,6 d
NPV 3 spät	27	3,7	84,6 d	33	9,1	82,7 d
NPV 3 2x	15	13,3	86,6 d	15	13,3	91,6 dc
Sumicidin	3	0,0	66,6 ***	3	66,6	100,0 ***

\* Aufgrund der kleinen Anzahlen von toten Tieren, die im Feld gefunden wurden, konnte für diese Werte kein Signifikanztest durchgeführt werden.

\*\* Vertikal bedeuten gleiche Buchstaben, dass die Prozentzahlen nicht signifikant verschieden sind voneinander; ungleiche Buchstaben bedeuten einen signifikanten Unterschied (Varianzanalyse;  $P \leq 0,05$ ).

\*\*\* Statistischer Test nicht möglich, da jeweils nur 3 Larven gefunden wurden.

### Mortalität der eingesammelten Larven im Labor

Auch im Laboratorium starben mehr Prozent der Larven, die aus den Verfahren mit NPV stammten, als in den Kontrollparzellen (Tab. 8). Besonders deutlich ist dies in den Verfahren mit hoher NPV-Konzentration zu erkennen.

Wie die Tabelle 9 zeigt, können Schalenwicklerlarven auch an einer Parasitierung der Schlupfwespe *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera; Chalcididae) sterben. Es gilt, diese Resultate vorsichtig zu interpretieren, da auch hier die Prozentsätze teilweise durch kleine Anzahlen zustandegekommen sind. Trotzdem ist es aber bemerkenswert, dass wir prozentual gesehen bei der Kontrolle am wenigsten und bei den Verfahren, die auf Schalenwickler gut gewirkt haben, am meisten Parasitierung vorfinden.

### Die Erntekontrolle

Vom praktischen Standpunkt aus die wichtigste Kontrolle ist diejenige bei der Ernte, denn diese zeigt am besten, welche Verfahren zu befriedigenden Ergebnissen führen. Tabelle 10 zeigt die Anzahl kontrollierter Äpfel des Pflückobstes und die Prozentsätze der verschiedenen Schäden in den verschiedenen Verfahren. Kennzeichnend ist, dass sowohl die Viren als auch das Insektizid Sumicidin nur einen Einfluss auf die Schalenwicklerschäden gehabt haben. In allen anderen Schadenkategorien konnten zwischen den Verfahren der Kontrolle

Tab. 9: Prozent der eingesammelten Larven, die an der Parasitierung durch *Colpoclypeus florus* gestorben sind und % der kontrollierten Triebe, die eine Larve mit *C. florus* enthielten (Kontrolle vom 28.-31. Juli 1980).

Aufgrund der kleinen Anzahl von *C. florus*, die gefunden wurden, konnte kein Signifikanztest durchgeführt werden.

Verfahren	% einges. L.		‰ kontr. Triebe	
	N	%	N	%
Kontrolle	196	1,4	1400	2,14
NPV 1 2x	35	4,0	1400	0,71
NPV 2 2x	25	3,3	1400	0,71
NPV 3 früh	51	3,8	1400	1,43
NPV 3 spät	26	3,7	1400	0,71
NPV 3 2x	15	6,7	1400	0,71
Sumicidin	3	66,0	1400	1,43

Tab. 10: Erntekontrolle Pflückobst: Anzahl kontrollierte Äpfel und Prozente der Äpfel mit bestimmten Schäden in den verschiedenen Verfahren. Wurden an einem Apfel verschiedene Schäden beobachtet, so wurde jeder Schaden der entsprechenden Kategorie zugeordnet.

Art der Schäden	KR <sup>1</sup>	Kontrolle	NPV 1 2x	NPV 2 2x	NPV 3 früh	NPV 3 spät	NPV 3 2x	Sumicidin
N (Anzahl Äpfel) <sup>2</sup>	0 u	1177 a b <sup>3</sup> 866 a b	1557 b c 1115 a b	1796 c 1347 b	1155 a b 939 a b	1436 a b c 1195 a b	955 a 820 a	917 a 861 a b
% Schalenwickler- schäden	0 u	4,7 a 1,6 a	1,5 b 0,7 a b	0,5 b c 0,5 a b	0,9 b 0,6 a b	0,8 b c 0,3 a b	0,7 b c 0,3 a b	0,1 c 0,2 b
% Frühjahresschäden <sup>5</sup>	0 u	2,9 a 2,2 a b	5,7 a 4,6 a	4,6 a 5,0 a	5,2 a 3,7 a b	2,9 a 3,1 a b	4,5 a 5,3 a	3,9 a 1,4 b
% Apfelschäden	0 u	0,1 a 0,0 a	0,3 a 0,1 a	0,4 a 0,1 a	0,1 a 0,2 a	0,2 a 0,0 a	0,1 a 0,1 a	0,1 a 0,0 a
% Schäden durch Krankheiten	0 u	10,9 a 5,3 a	8,9 a 6,8 a	8,3 a 4,3 a	10,4 a 6,4 a	9,3 a 4,6 a	8,5 a 5,9 a	11,4 a 7,4 a
% Frostschäden	0 u	5,4 a 8,8 a	7,9 a 10,3 a	6,5 a 9,4 a	7,0 a 7,5 a	5,8 a 8,8 a	4,2 a 7,6 a	7,8 a 9,3 a
% Mechanische Schäden	0 u	2,1 a 1,1 a	1,3 a 1,0 a	1,4 a 1,3 a	0,9 a 1,3 a	2,1 a 1,7 a	1,0 a 0,7 a	1,1 a 0,7 a
% andere Schäden	0 u	2,2 a 1,1 a	0,6 a 0,9 a	1,0 a 0,8 a	1,2 a 0,5 a	0,6 a 0,9 a	1,2 a 1,3 a	2,5 a 1,7 a

<sup>1</sup> Kronenregion: o = oben, u = unten

<sup>2</sup> Stichproben ohne absoluten Bezug

<sup>3</sup> Horizontal bedeuten gleiche Buchstaben in einer Reihe, dass die Werte nicht signifikant verschieden voneinander sind; ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren (Varianzanalyse;  $P \leq 0,05$ ).

<sup>4</sup> Ein durchzogener Strich zwischen Wert unten und Wert oben bedeutet, dass sich die beiden Werte signifikant unterscheiden ( $\chi^2$ -Vierfeldertest;  $P \leq 0,05$ )

<sup>5</sup> Vorwiegend Noctuiden und Geometriden.

und den verschiedenen Spritzungen keine Unterschiede festgestellt werden. Bei den Schäden durch Krankheiten, die vor allem auf Apfelschorf (*Venturia inaequalis*) und Kelchfäule des Apfels (*Botrytis cinerea*) zurückzuführen waren, kamen in der oberen Baumregion deutlich mehr Schäden vor als in der unteren Region. Umgekehrt sind die Verhältnisse bei den Frostschäden, wo mehr Schäden an den Früchten aus der unteren Baumregion vorkamen.

Tab. 11: Erntekontrolle Fallobst: Anzahl kontrollierter Äpfel und Prozente der Äpfel mit bestimmten Schäden in den verschiedenen Verfahren. Wurden an einem Apfel verschiedene Schäden beobachtet, so wurde jeder Schaden der entsprechenden Kategorie zugeordnet.

	Kontrolle	NPV 1 2x	NPV 2 2x	NPV 3 früh	NVP 3 spät	NPV 3 2x	Sumicidin
Anzahl kontrollierte Äpfel	1134 a*	976 a	1152 a	952 a	1226 a	703 a	770 a
% Schalenwicklerschäden	10,7 a	6,9 a b	2,7 b c d	4,0 b c	2,3 c d	1,1 c d	0,4 d
% Frühjahrsschäden	0,4 a	0,7 a	0,9 a b	2,2 b	1,7 a b	2,4 a b	0,3 a
% Schäden durch Krankheiten	12,2 a	12,9 a	13,7 a b	12,7 a	14,8 a	10,9 a	17,9 a
% Frostschäden	7,5 a b	7,3 a b	8,2 a b	5,8 a b	5,5 b	6,4 a b	10,9 a
% Mechan. Schäden	7,5 a	10,9 a b	11,9 a	17,1 b	11,1 a b	11,9 a b	17,9 b
% Andere Schäden	10,3 a	13,7 a	10,9 a	13,5 a	10,6 a	12,8 a	12,0 a

Tab. 12: Resultate der Feldversuche mit NPV gegen Adoxophyes orana im Sommer 1980 in Châteauneuf.

VERFAHREN	Visuelle Triebkontrolle (15'400 Triebe)	Erntekontrolle Pflückobst (16'136 Aepfel)		Erntekontrolle Fallobst (6'913 Aepfel)		Erntekontrolle Total (23'049 Aepfel)	
	% Triebe mit Schalenwickler	% Aepfel mit Schalenwicklerschäden	Bekämpfungseffekt	% Aepfel mit Schalenwicklerschäden	Bekämpfungseffekt	% Aepfel mit Schalenwicklerschäden	Bekämpfungseffekt
1 Unbehandelt	16,59 a*	3,56 a	-	10,67 a	-	6,07 a	-
2 NPV 1 2x	3,68 b	1,23 b	64 %	6,87 a b	36 %	2,76 b	54 %
3 NPV 2 2x	2,00 b c	0,55 b c	82 %	2,66 b c d	75 %	1,22 b	80 %
4 NPV 3 früh	4,36 b	0,74 b c	79 %	3,99 b c	63 %	1,67 b c	72 %
5 NPV 3 spät	2,73 b c	0,57 b c	82 %	2,30 c d	79 %	1,09 b d	82 %
6 NPV 3 2x	1,18 c d	0,54 c	85 %	1,13 c d	90 %	0,74 d	88 %
7 Sumicidin	0,27 d	0,17 c	94 %	0,42 d	96 %	0,23 d	96 %

\* Werte mit ungleichen Buchstaben sind signifikant verschieden voneinander (Varianzanalyse;  $P \leq 0,05$ ).

Tabelle 11 zeigt die Anzahl kontrollierter Äpfel im Fallobst und die Prozentsätze in den verschiedenen Kategorien bei den verschiedenen Verfahren. Prinzipiell kann auch beim Fallobst gesagt werden, dass die Viren und das Insektizid Sumicidin nur auf die Schalenwicklerschäden einen Einfluss gehabt haben.

Die Tabelle 12 gibt eine Übersicht über die prozentualen Schalenwicklerschäden in den verschiedenen Verfahren. Das Insektizid Sumicidin scheint am besten gewirkt zu haben, doch sind die Werte vom Verfahren mit zweimaliger Applikation der höheren Konzentration des NPV (NPV 3 2x) statistisch nicht signifikant verschieden ( $P \leq 0,05$ ). Dieses Verfahren ergab beim Pflückobst um 85%, beim Fallobst um 90% und insgesamt um 88% reduzierte Schäden an den Äpfeln gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Versuche mit einmaliger Applikation der höchsten Konzentration (NPV 3) haben auch gezeigt, dass die frühe Spritzung weniger wirksam war als die späte.

## DISKUSSION

### Biologische Untersuchung des Schalenwicklers

#### Anzahl Larvenstadien unter Kurztagbedingungen

Schon DE JONG (1951) stellte fest, dass die Stadienzahl von *A. orana* nicht konstant ist. BENDER (1952) beobachtete für die Sommergeneration 5 und für die Wintergeneration 6–8 Stadien. Auch JANSSEN (1958) wies durch Kopfkapselmessungen an abgetöteten Freiland-Raupen 5 Stadien für die Sommerraupen und 6–7 Stadien für die Winterraupen nach. BONNEMaison (1977) fand bei Larven, die auf künstlichem Medium bei Kurztag (12L/12D) und 21 °C gezüchtet wurden, eine variable Zahl von 6–10 Stadien. Die in Tabelle 1 präsentierten Resultate bestätigen auch für Larven von *A. orana* aus der Westschweiz, dass diese unter Kurztagbedingungen mehr als 5 Larvenstadien haben.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Beobachtungen von SCHMID *et al.* (1978), die vor der Anwendung von Insektenwachstumsregulatoren bei den Freilandbonitierungen im Frühjahr nur L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> und L<sub>5</sub> feststellten. Demzufolge dürften die Winterlarven in der Westschweiz also nur 5 Larvenstadien haben. Leider geben SCHMID *et al.* (1978) keine Angaben darüber, wie sie die Stadienzahl bestimmt haben. Wahrscheinlich handelt es sich jedoch um eine Fehlbestimmung, denn unsere Werte über Kopfkapselbreiten zeigen, dass die Kopfkapseln von Sommerlarven im 5. Stadium gleich gross sind wie die Kopfkapseln des letzten Larvenstadiums bei Kurztag (Tab. 2). Die Werte der Tabelle 2 zeigen zudem, dass die Kopfkapseln im letzten Larvenstadium bei Kurztagtieren gleich gross sind, unabhängig davon, ob sie 6 oder 7 Larvenstadien haben. Dies bedeutet, dass der Progressionsfaktor des Wachstums bei Langtag einen definierten Wert hat, bei Kurztag jedoch undefiniert bleibt (6 oder mehr Stadien) bzw. kleiner wird. Offenbar gilt ganz allgemein, dass der Wachstumsfaktor umso grösser ist, je geringer die Stadienzahl ist, und umgekehrt.

Die Tatsache, dass die Kopfkapselgrösse des letzten Stadiums von *A. orana* immer gleich gross ist und nicht von der Anzahl der Larvenstadien abhängt, spricht für die von NIJOUT (1975) für *Manduca sexta* (L.) aufgestellte Theorie, wonach Lepidopterenlarven nicht ihre Stadien zählen, sondern so lange wachsen und sich häuten, bis die Kopfkapseln eine kritische Grösse erreicht haben.

## *Die Einführung des letzten Larvenstadiums der Frühjahrslarven in das Modell von FLÜCKIGER und BENZ (1982)*

Das letzte Larvenstadium bei Frühjahrslarven wurde in das Simulationsmodell von FLÜCKIGER & BENZ (1982) eingeführt, um den Anwendungsbereich dieses Modells zu erweitern. Insbesondere ist es wichtig, bei der Anwendung von Insektenwachstumsregulatoren (IGR) zu wissen, wann das letzte Larvenstadium auftritt, da dieses besonders empfindlich gegenüber IGR ist (SCHOONEVELD & WIEBENGA, 1974; BONNEMaison, 1975). Auch für die mikrobiologische Bekämpfung von *A. orana* mit Viren ist es gut zu wissen, wann die letzten Larvenstadien auftreten, da diese besonders resistent gegenüber den Viren sind (Abb. 10, 17, 20, 24). Da wir jedoch bei den Frühjahrslarven die Beziehung des Gewichtes zur Empfindlichkeit für Virusinfektion untersucht haben (Abb. 23 und 27), war für unsere Belange eine Simulation des Gewichtverlaufs der Frühjahrslarven wichtiger als eine Simulation des letzten Larvenstadiums. Deshalb wurde im Frühjahr nur die Simulation des Gewichtverlaufs durch Freilandbeobachtungen verifiziert und nicht die Stadienwechsel.

## *Die Gewichtsentwicklung von Larven und Puppen unter verschiedenen Bedingungen*

Es ist interessant, dass Puppen aus Larven, die sich unter Kurztagbedingungen im Laboratorium entwickelt haben, bedeutend leichter sind als Puppen aus Larven, die den Winter im Freilandinsektarium verbracht haben (Tab. 3). Offenbar stellt die Entwicklung bei Kurztag ohne Kälteperioden für *A. orana* einen Stresszustand dar. Die Versuche, die eine Aussage über die Empfindlichkeit der Frühjahrslarven gegenüber Viren ergeben sollten, wurden deshalb immer mit Larven durchgeführt, die den Winter im Freilandinsektarium verbracht hatten.

## *Die Simulation der Gewichtsentwicklung von Frühjahrslarven*

WOLLKIND *et al.* (1978) unterscheiden zwischen empirischen und deduktiven mathematischen Beschreibungen von Populationsphänomenen. Dabei unterstreichen sie den Vorteil der deduktiven Methoden, die komplexe Systeme nicht nur gut beschreiben, sondern auch erklären können. Trotzdem ist in der vorliegenden Arbeit die einfachere empirische Methode der polynomischen Regression gewählt worden. Dies, weil es bei unserer Fragestellung nicht primär um eine genaue Erklärung der Gewichtsentwicklung geht, sondern um eine einfache Beschreibung in Abhängigkeit von der Temperatursumme. Dies hat allerdings zur Konsequenz, dass – obwohl in den zwei Untersuchungsjahren eine gute Übereinstimmung von beobachteten und simulierten Werten beobachtet wurde (Abb. 7) – in Jahren mit Extrembedingungen damit gerechnet werden müsste, dass das Gewicht nicht mehr so präzis simuliert werden könnte. Nach WOLLKIND *et al.* (1978) ist dies ganz allgemein ein Nachteil von empirischen Modellen.

## *Infektionsversuche mit Viren*

### *Haltbarkeit der Virus-Suspensionen*

Wie die Abb. 8 und 16 zeigen, hat die pathogene Wirksamkeit sowohl der GVW- wie auch der NPV-Suspension im Verlaufe von 4 Jahren deutlich abgenommen.

men. Umgekehrt zeigt die Tatsache, dass sich die Resultate von drei unabhängigen Versuchen mit dem GVW im Jahre 1979 nicht unterschieden, dass das gewählte Biostestverfahren reproduzierbare Ergebnisse liefert. Eine derartige Abnahme der Pathogenität wurde beim GV des Apfelwicklers *C. pomonella* nicht beobachtet (BRASSEL, 1978), obwohl beide GV-Suspensionen auf dieselbe Weise gereinigt und gelagert wurden. Dass es sich bei den Resultaten in Abb. 8 nicht um eine Aktivitätsverminderung der Viren, sondern um eine Resistenzzunahme der Tiere gehandelt haben könnte, ist wenig wahrscheinlich, da nie überlebende Tiere aus Virusversuchen weitergezüchtet wurden und somit kein Selektionsdruck vorhanden war. Auch NEILSON & ELGEE (1960) haben eine Abnahme der Pathogenität des NPV von *Diprion hercyniae* HTG. beobachtet. Desgleichen geben DULMAGE & BURGERJON (1977) an, dass das NPV von *Heliothis virescens* F. in ihrer Standardformulierung jährlich 20% der Pathogenität verliert, wenn es bei 2°C aufbewahrt wird. Auf der anderen Seite hat STEINHAUS (1954) beobachtet, dass das NPV von *Bombyx mori* L. auch nach 15 Jahren noch infektiös war, und BENZ (1962) berichtet, dass eine in Ampullen eingeschlossene wässrige Suspension des GV von *Zeiraphera diniana* (Gn.) während 7 Jahren bei 4°C praktisch nichts von ihrer Infektivität einbüßte. Auch LEWIS und ROLLINSON (1978) stellten fest, dass das NPV von *Lymantria dispar* bei Lagerung in Suspension bei 4°C während vier Jahren die Aktivität nicht verliert. Offenbar sind verschiedene Viruspräparate verschieden gut lagerfähig. Der Bericht von BENZ (1962) macht es wahrscheinlich, dass Luftabschluss für die Erhaltung der Infektiosität von reinen Virussuspensionen wichtig ist.

#### *Empfindlichkeit der Larven für Virusinfektion auf künstlichem Medium im Labor*

*Vergleich der Infektionsmethoden.* Die Methode der Tauchinfektion hat den grossen Vorteil der Einfachheit, daneben aber den Nachteil, dass das Virus das Medium nur auf der Oberfläche kontaminiert. Da besonders ältere Larven nicht nur an der Mediumoberfläche nagen, sondern auch in die Tiefe fressen, ergibt sich keine saubere Beziehung zwischen der Frassmenge und der aufgenommenen Virusdosis. Trotzdem wurde diese Methode bei den ersten Virusuntersuchungen verwendet, einerseits weil SCHMID *et al.* (1982) mit dieser Methode schon Vorversuche durchgeführt hatten, anderseits, weil die Methode am ehesten den Verhältnissen beim Frass an Äpfeln entspricht. Die erwähnten Nachteile entfallen bei der Methode der sog. Mediuminfektion. Da in diesem Fall das Virus in das Medium integriert ist, besteht keine Möglichkeit für die älteren Stadien, Nahrung aufzunehmen, die weniger Viren enthält. In diesem Sinne dürften die mit dieser Methode gewonnenen Resultate mehr den beim Frass auf virusbehandelten Blättern erhaltenen entsprechen als die Resultate bei der Mediuminfektion.

*Vergleich der GV-Isolate aus dem Wallis (GVW) und aus Japan (GVJ).* Mit dem GVJ wurden nur mit L<sub>1</sub>-Vergleichsversuche zum GVW gemacht. Sie zeigten, dass sich sowohl die entsprechenden Dosis-Mortalitätskurven (Abb. 14 bzw. 8) wie auch die Kurven der Absterzeiten (Abb. 15 bzw. 13) decken. Da es sich bei beiden Isolaten also mit grosser Wahrscheinlichkeit um gleiche oder doch sehr ähnliche Viren handelt und das GVJ gegenüber dem GVW für eine eventuelle Anwendung zur mikrobiologischen Bekämpfung von *A. orana* keine Vorteile bieten dürfte, wurde auf eine weitere Untersuchung des GVJ verzichtet.

*Die Stadienempfindlichkeit für GV und NPV.* Unabhängig von der Infektionsmethode werden die Larven von *A. orana* nach dem L<sub>3</sub>-Stadium unempfindlicher für Virusinfektion (Abb. 10, 17, 20). Dies gilt für die frühen Stadien nur bei der Tauchinfektionsmethode mit dem NPV (Abb. 17), während die gleiche Methode beim GV für L<sub>1</sub> und L<sub>3</sub> ähnliche Werte ergibt (Abb. 10). Dasselbe gilt beim NPV mit der sogen. Mediuminfektion (Abb. 24). Eine derartige Unabhängigkeit der Virusempfindlichkeit bei den frühen Larvenstadien wurde schon früher für die Blattwespe *Neodiprion sertifer* (GEOFFR.) von KRIEG (1955) und für *Mamestra brassicae* (L.) von GRÖNER (1976) beschrieben.

Im Gegensatz dazu ergab die Methode der Mediuminfektion mit dem GV bei *A. orana* eine klare Zunahme der Empfindlichkeit vom L<sub>1</sub> zum L<sub>3</sub> (Abb. 20). Dieses unerwartete Ergebnis wird durch die in Abb. 22 dargestellten Versuche unterstützt, die zeigen, dass bei unterschiedlich langer Frassperiode auf GV-kontaminiertem Medium (besonders bei der niedrigeren Konzentration) die Mortalität von dem Moment an fast sprunghaft zunahm, wo L<sub>3</sub> auftraten. Interessanterweise gilt dieses Phänomen nicht für mit GV infizierte Frühlingslarven (Abb. 20), die ja auch mehrheitlich L<sub>3</sub> sind, jedoch für mit NPV infizierte Frühlingslarven, die empfindlicher als die L<sub>3</sub> der Sommerlarven sind (Abb. 24). Offenbar hängt die Empfindlichkeit für Viren doch auch noch stark vom physiologischen Zustand der Larven ab. Wahrscheinlich ist das Stadium kein günstiger Massstab für das physiologische Alter der Frühlingslarven. Entsprechend einem Vorschlag von GILBERT *et al.* (1976) kann dieses in Gradtagen erfasst werden. Im Modell, das die Beziehung zwischen der Temperatursumme und der Gewichtsentwicklung der Frühjahrslarven beschreibt, wurden deshalb nicht Stadien, sondern das physiologische Alter in Gradtagen berücksichtigt. Wie die Abb. 23 und 27 zeigen, sind die Frühlingslarven gegenüber GV bei etwa 70 GT und gegenüber NPV etwas später (70–100 GT) am empfindlichsten.

Die oben erwähnte relative Unempfindlichkeit der L<sub>3</sub> gegen das GV bei der Tauchinfektionsmethode könnte eine scheinbare sein, hervorgerufen durch die bereits erwähnte Tatsache, dass die älteren Larven nicht nur an der viruskontaminierten Mediumoberfläche fressen, sondern auch in die bei der Tauchinfektion virusfrei bleibenden tieferen Schichten vordringen. Es würde sich somit nicht um eine Alterstoleranz dem Virus gegenüber handeln, sondern um die verhaltensbedingte Zunahme einer Infektionsresistenz. Ähnliches wurde auch bei der Infektion von *Mamestra brassicae* mit einem NPV beobachtet. Während BURGERJON *et al.* (1981) mittels Mediumtauchinfektion schon eine frühe Zunahme der Resistenz auf NPV-Infektion beobachtet, stellt GRÖNER (1976) mittels Mediuminfektion erst in den zwei letzten Larvenstadien eine zunehmende Alterstoleranz fest.

Auch die zwei letzten Larvenstadien von *A. orana* werden sukzessive unempfindlicher für das GV (Abb. 10 und 20) und das NPV (Abb. 17). Eine derartige Alterstoleranz ist schon von manchen Autoren bei den verschiedensten Lepidopteren beschrieben worden, u. a. für NPV von MORRIS (1962), STAIRS (1965), IGNOFFO (1966), DOANE (1967), MAGNOLER (1975), BOUCIAS *et al.* (1980) und BURGERJON *et al.* (1981), aber auch für GV (s. unten).

Gegenüber dem GV werden die L<sub>5</sub> so tolerant, dass es praktisch nicht mehr möglich ist, mit dem GV 100% Mortalität auch nur annähernd zu erreichen. Diese Alterstoleranz von *A. orana* ist bedeutend stärker als gegenüber dem NPV und ist auch viel stärker entwickelt als bei den GV von anderen Tortriciden, z. B. dem Lärchenwickler *Zeiraphera diniana* (BENZ, 1962) und dem Apfelwickler *C. pomonella* (KELLER, 1973; SHEPPARD & STAIRS, 1977; CAMPONOVO, 1980).

Die bisher diskutierten Resultate beziehen sich auf Larven aus Einzelzuchten. Da für eine allfällige Virusproduktion aber Massenzuchten eingesetzt werden müssten, wurde auch geprüft, wie empfindlich 10 Tage alte Larven aus Massenzuchten seien. Dabei wurden die Versuchstiere nicht nach Stadien selektiert, sondern zufällig aus solchen Zuchten entnommen. Deshalb handelte es sich um Mischungen von wenigen L<sub>2</sub> und relativ vielen L<sub>3</sub> und L<sub>4</sub>. Wie die Abb. 11 und 17 zeigen, liegen die LC<sub>50</sub>-Werte dieser Larven beim NPV im Bereich, wo wir die L<sub>3</sub> erwarten und beim GV zwischen den LC<sub>50</sub>-Werten für L<sub>3</sub> und L<sub>4</sub> in Abb. 10. Dies bedeutet, dass die Empfindlichkeit der Larven aus Massenzuchten gegenüber beiden Viren ähnlich ist wie diejenige der Einzelzuchttiere, jedenfalls aber nicht wesentlich geringer. Dass die Kurve von SCHMID *et al.* (1982) für das GV etwas steiler ist, was auf homogeneres Tiermaterial schliessen lässt, dürfte darauf hinweisen, dass diese Autoren möglicherweise eine gewisse Selektion für gleich grosse Larven vorgenommen hatten.

*Die Absterzeiten der als L<sub>1</sub> infizierten Larven.* Nach einer frühen Infektion im L<sub>1</sub>-Stadium erwartet man ein relativ frühes Absterben der Tiere, wobei die Absterzeit proportional der Infektionsdosis sein sollte, wie dies von BENZ (1962, 1964) mit dem GV des Lärchenwicklers und von KELLER (1973) sowie SHEPPARD & STAIRS (1977) für das GV des Apfelwicklers gezeigt wurde.

Bei *A. orana* entspricht nur das NPV diesen Erwartungen. Die im L<sub>1</sub> infizierten Larven sterben schon nach 7-10 Tagen, viel früher, als sich die Kontrolltiere verpuppen (Abb. 19). Dies steht im Gegensatz zu der Absterzeit bei den GV, wo die infizierten Larven erst als voll ausgewachsene Larven sterben und damit zudem erst dann beginnen, wenn die Kontrolltiere schon verpuppt sind (Abb. 13 und 15). Eine Verkürzung der Absterzeit ist deshalb nicht durch eine Erhöhung der Infektionsdosis des GV möglich. Auch WHITLOCK (1978), der die Absterzeit von mit GV und mit NPV infizierten *Heliothis armigera* untersuchte, stellte fest, dass die Absterzeit mit GV ca. 5mal länger als mit NPV sei und dass nur beim NPV und nicht beim GV eine Erhöhung der Infektionsdosis die Absterzeit verkürzen könne.

Die Tatsache, dass die mit dem GV infizierten jungen Larven viel länger leben und Nahrung aufnehmen als gesunde Larven (Abb. 13), deckt die Problematik auf, die bei einer eventuellen Bekämpfung des Schalenwicklers mit diesem Virus entsteht. Auch wenn noch so viele Tiere mit dem GV abgetötet werden könnten, liesse sich doch der Frass der Larven bzw. der von ihnen verursachte Schaden an der Kulturpflanze nicht verhindern, da auch eine Erhöhung der Konzentration des applizierten Virus die Absterzeit nicht verkürzen könnte.

*Der Einfluss der Photoperiode.* Die Dosismortalitätskurve von L<sub>1</sub>, die während sechs Tagen auf mit GVW oder NPV kontaminiertem Medium fressen, ist bei Kurztag ungefähr gleich wie bei Langtag (Abb. 12 und 18). Die Kurztagtiere hören nämlich erst nach dem 6. Tag (im L<sub>3</sub>-Stadium) auf zu fressen, bevor sie sich für die Diapause einspinnen. Die Menge aufgenommener Viren wird deshalb bei Kurztag etwa gleich gross sein wie bei Langtag. Zudem scheint die Photoperiode auch später keinen Einfluss auf die virusbedingte Mortalität der als L<sub>1</sub> infizierten Larven zu haben. Bei der Applikation von NPV sterben viele Larven noch vor dem Eintritt der Diapause, andere erst nachher, während nach GV-Infektion alle Tiere erst lange nach der Diapause als ausgewachsene Larven sterben.

Ein derartiges Fehlen eines Einflusses des Kurztages auf die Virusempfindlichkeit gilt aber bezüglich von NPV-Infektion nur bei prädiapausärer Infektion. Wie die Abb. 24 zeigt, sind die postdiapausär infizierten Frühlingslarven bedeutend empfindlicher für das NPV als L<sub>3</sub> bei Langtag. Dabei spielt zudem, wie aus Abb. 25 ersichtlich wird, das Schlupfdatum der Herbstlarven eine Rolle. Die früh schlüpfenden Larven vom 11.8.80 wurden bedeutend grösser als die später schlüpfenden vom 24.9.80, bevor sie in Diapause gingen. Im Frühling waren dann diese schweren Spätsommertiere weniger empfindlich für das NPV als die leichteren Herbsttiere. Es ist möglich, dass das eben erwähnte Phänomen temperaturabhängig ist, denn die Spätsommerlarven konnten vor der Diapause natürlich bedeutend mehr Gradtagen akkumulieren als die Herbsttiere. Keinen Temperatureinfluss findet man jedoch bei Frühjahrslarven, wie Abb. 26 zeigt. Dies entspricht den Beobachtungen anderer Autoren mit NPV (GRÖNER, 1976; BOUCIAS *et al.*, 1980) und mit GV (TANADA, 1953; DAVID *et al.*, 1971). Sie stellten fest, dass die Absterbezeit bei tieferen Temperaturen zwar länger dauert, dass aber die kumulativen Mortalitäten bei den verschiedenen Temperaturen gleich gross sind.

Die in diesem Paragraphen diskutierten Resultate erlauben einerseits den Schluss, dass eine Virusapplikation im Freiland auch im Herbst eine populationsvermindernde Wirkung haben dürfte, dass aber anderseits auch die Applikation von NPV im Frühling erfolgversprechend ist, besonders dann, wenn die Larven erst im Herbst und nicht schon im Spätsommer geschlüpft sind.

#### *Vertikale Übertragung von Viren von einer Generation zur andern*

BIRD (1961) beschreibt die transovarielle Übertragung von NPV bei drei Blattwespen. Auch DOANE (1969) konnte zeigen, dass bei *Lymantria dispar* ein NPV von einer Generation zur anderen via die Eier übertragen wird. Im Gegensatz dazu liess sich bei *A. orana* im Laboratorium weder für das GVW noch für das NPV eine vertikale Virusübertragung nachweisen (Tab. 5). Diese Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick in einem gewissen Gegensatz zu den Feldversuchen von SHIGA *et al.* (1973) in Japan zu stehen, die einen semipersistenten Effekt des GVJ von einer Generation auf die andere beobachtet haben. Man muss aber bedenken, dass SHIGA *et al.* (1973) eine Dosis von 200–240 virustotenen ausgewachsenen Larven pro Baum angewendet haben und dass in Japan *A. orana* drei Generationen pro Jahr hat. Bei drei Generationen pro Jahr ist anzunehmen, dass die verschiedenen Stadien des Schalenwicklers weniger synchron auftreten als in Europa, d. h. dass in der Zeit, in der die letzten Larven einer Generation an Virose sterben, schon die ersten Larven der nächsten Generation schlüpfen und somit eine horizontale Übertragungsweise auftreten kann. Diese Art der Virusübertragung dürfte unter schweizerischen Bedingungen kaum vorkommen bzw. von Bedeutung sein, weil die Populationsdichte von *A. orana* hier viel kleiner ist als in Japan. Beim Vergleich mit den Resultaten der japanischen Forscher darf aber nicht vergessen werden, dass diese ihre Versuche mit dem GVJ durchgeführt haben, das in der Schweiz nicht auf vertikale Übertragung geprüft wurde. SCHMID *et al.* (1982) haben z. B. festgestellt, dass das GVJ ein wenig grösser ist als das GVW, dass die beiden Isolate somit nicht absolut identisch sind, auch wenn in unseren vergleichenden Untersuchungen (Abb. 8 und 13 bzw. 14 und 15) keine Pathogenitätsunterschiede zwischen ihnen festgestellt werden konnten.

ETZEL & FALCON (1976) konnten beim Apfelwickler *C. pomonella* ebenfalls keine vertikale Übertragung von GV im Labor beobachten. Diese Autoren weisen

auch darauf hin, dass eine transovariale Übertragungsweise bei GV von einigen Wissenschaftlern zwar vermutet, aber noch nie eindeutig gezeigt werden konnte.

### *Interaktion von GV und NPV*

TANADA (1959) beschrieb bei *Pseudaletia unipuncta* (HAW.) einen synergistischen Effekt bezüglich der Mortalität von Larven, wenn er diese mit einem Gemisch von NPV und GV infizierte. Später stellten er und seine Mitarbeiter dann fest, dass die Ursache dieser synergistischen Wirkung im Kapselprotein des GV liegt (TANADA & HUKUHARA, 1971; YAMAMOTO & TANADA, 1978). Leider konnte bei *A. orana* kein solcher Synergismus festgestellt werden; die beiden Viren verhalten sich bezüglich ihrer Pathogenität unabhängig (Tab. 4).

### *Die Bioteste im Labor auf kleinen Apfelbäumchen*

Wie mit den Biotesten nach der Methode der Mediuminfektion bzw. Mediumtauchinfektion gezeigt wurde, hat jede Testmethode ihre Vor- und Nachteile. Viele physiologische bzw. pathologische Erkenntnisse können aus Biotesten und mit solchen Methoden gewonnen werden. Es ist aber sehr schwierig, mit einem Testverfahren auf Kunstmedium genauere quantitative Aussagen über Dosisanwendungen im Feld auszusagen. Erst die Versuche auf kleinen Apfelbäumchen (Abb. 28) gaben Anhaltspunkte über Konzentrationen, die bei Feldversuchen anzuwenden waren. Insbesondere wird hier auch der Unterschied zwischen GV und NPV deutlich.

### *Die Produktion der Viren im Labor*

Eine einfache, rationelle *In-vitro*-Produktionsmethode ist für die insektenpathogenen Viren noch nicht bekannt. Die Produktion muss deshalb *in vivo* geschehen und ist sehr aufwendig. Für die ökonomisch interessante Anwendung eines Virus in der Praxis ist es deshalb wichtig, möglichst rationelle Produktionsverfahren zu entwickeln, wie dies beispielsweise für den Apfelwickler *L. pomonella* von BRASSEL (1978) getan wurde.

PONSEN (1966) hat Larven von *Mamestra brassicae* mit dem NPV von *A. orana* infiziert und beobachtet, dass sie an einer Polyedrose starben. Da die Larven von *M. brassicae* viel grösser sind als jene von *A. orana*, ergab diese Art der Produktion eine höhere Polyederausbeute pro Tier. JURKOVICOVA (1979) hat aber mit der Methode der Restriktionsenzyme festgestellt, dass das NPV, das von PONSEN in *M. brassicae* produziert wurde, nicht das NPV von *A. orana* ist, obwohl *M. brassicae* mit diesem Virus infiziert wurde. Offenbar handelte es sich bei den Produktionsversuchen von PONSEN um die Aktivierung einer latenten Virose von *M. brassicae* durch ein wirtsfremdes Virus.

In den Niederlanden wird deshalb heute das NPV von *A. orana* auf die gleiche Art produziert, wie dies oben geschildert wird (PETERS, pers. Mitt.). Die Kosten betragen dabei ca. 45 Rp./virustote Larve. Dr. Peters glaubt aber, bei einer Produktion in industriellem Massstab die Kosten bis auf 20 Rp./virustote Larve senken zu können.

Die Produktion von GV scheint etwas einfacher zu sein, da bereits Eier bzw. L<sub>1</sub> infiziert werden können und man dabei trotzdem ausgewachsene virustote Larven erhält (YAMADA & OHO, 1973). Gegenüber der Produktion von NPV erspart dies mindestens einen Arbeitsgang.

## Die Feldversuche

### *Das Bekämpfungskonzept*

*Allgemeines zum Behandlungstermin.* Die Tatsache, dass die Viren nur auf relativ junge Larven wirken, bedingt, dass eine Bekämpfung nur dann stattfinden kann, wenn junge Stadien im Feld vorkommen. Dies ist beim Schalenwickler von Mitte April bis Mitte Mai (Frühjahrslarven, d. h. überwinterte Herbstgeneration), von Mitte Juni bis Mitte Juli (Sommergeneration) und von Ende August bis Ende September (Vordiapausestadien der Herbstgeneration) der Fall. Die in dieser Arbeit durchgeführten Laborversuche haben gezeigt, dass in allen drei Perioden eine Bekämpfung möglich ist (Abb. 12, 18, 20, 24). Die Frühjahrslarven sind gegenüber beiden Viren, insbesondere aber gegenüber NPV, empfindlich. HAAS (1980) hat im Wallis Feldversuche mit NPV und einer Mischung von GV und NPV zur Bekämpfung der Frühjahrslarven durchgeführt (Abb. 7) und dabei eine Mortalität von 93% festgestellt. Dies ist ein guter Erfolg, der besagt, dass die Herbstgeneration durch die Applikation von Viren im Frühjahr bekämpft werden kann. Deshalb wurde darauf verzichtet, noch zusätzliche Bekämpfungsversuche im Herbst durchzuführen. In der vorliegenden Arbeit wurden die Versuche von HAAS jedoch noch durch einen Feldversuch mit NPV im Sommer ergänzt.

*Die Virus-Spritzmenge.* In der Tabelle 13 sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt, die es ermöglichen, Aussagen über die im Feld benötigten Spritzmengen in Larvenäquivalenten zu machen. Grundlagen dafür waren die LC-95%-Werte der Versuche auf kleinen Apfelbäumchen im Labor (Abb. 28). Will man nun von den im Labor bestimmten Virusdaten auf die im Feld für 95% Mortalität benötigte Virusmenge schliessen, muss ein Sicherheitsfaktor (S) eingeführt werden. Bei chemischen Mitteln wird ein Faktor 5-10 eingesetzt. Er berücksichtigt die Abwaschung des Präparates durch Regen und den Verdünnungseffekt, der durch das Wachstum der Pflanzen entsteht. Bei Viren kommt dazu noch die Inaktivierung durch Licht, besonders UV, für das sie sehr empfindlich sind (Literaturübersicht bei BRASSEL & BENZ, 1979). Unpublizierte Versuche von BAUDER,

Tab. 13: Zusammenstellung von biologischen Daten, die eine Aussage über die im Feld benötigte Spritzmenge im Sommer erlauben.

Informa- tion über:	Virustyp	NPV	GV
LC 95%-Wert auf Apfelbäumchen (Abb. 28)	$6,6 \cdot 10^3$ PIB/ml	$2 \cdot 10^6$ Kapseln/ml	
Virusertrag/Larve: (vgl. Kapitel 3.3)	$7,0 \cdot 10^8$ PIB	$3,5 \cdot 10^9$ Kapseln	
Virusmenge pro Baum:*			
a) Viren	$1,0 \cdot 10^9$ PIB	$3,0 \cdot 10^{11}$ Kapseln	
b) Larvenäquivalente	1,4	85,7	

\* Berechnet auf der Basis von 5 Lt. Spritzbrühe/Baum und einem Sicherheitsfaktor von 30 (Abb. 28).

TIECHE und FLÜCKIGER mit dem NPV und dem GVW (Semesterarbeit Entomolog. Institut ETH) zeigten, dass die Aktivität des NPV auf Apfelbäumen im Freiland innerhalb von 20 Tagen auf einen Viertel, diejenige des GV sogar auf nur einen Dreissigstel des ursprünglichen Wertes abnahm. S wurde deshalb der Wert 30 gegeben. Daraus ergeben sich die in der Tabelle 13 errechneten Larvenäquivalente je Baum, die theoretisch aufgewendet werden müssten, um 95% Mortalität zu erreichen. Nach diesen Werten müssten dazu vom GV etwa 65mal mehr Larvenäquivalente aufgewendet werden als vom NPV. Dies ist ein wichtiges Indiz dafür, dass sich das NPV viel besser für eine mikrobiologische Bekämpfung von *A. orana* eignet als das GV, zumindest für eine rasche Bekämpfung mit direkter Wirkung. Aus diesem Grunde wurde gegen die schadenstiftende Sommergegeneration nur das NPV im Feld getestet. Die verwendete Grunddosis entsprach dabei der in Tabelle 13 berechneten Dosis. Da zu befürchten war, dass sich diese rein theoretisch errechnete Dosis als für eine gute Bekämpfungswirkung zu gering erweisen könnte – eine Befürchtung, die sich als zutreffend erwies –, wurden auch eine 4mal höhere und eine 16mal höhere Dosis geprüft (vgl. Abb. 1).

*Spritztermin und Häufigkeit der Spritzungen.* Aus den Versuchen mit Mediuminfektion geht hervor, dass das L<sub>3</sub>-Stadium des Schalenwicklers immer noch sehr empfindlich gegenüber Frass von NPV ist. Dies würde bedeuten, dass man auch dann spritzen könnte, wenn die meisten L<sub>3</sub> auf dem Felde vorhanden sind. Auf der anderen Seite wissen wir aber, dass sich die Larven mit einem feinen Gespinst vor Umwelteinflüssen schützen, wobei Blätter bzw. Blätter und Früchte zusammengesponnen werden. Je älter die Raupen sind, umso besser ist ihr Schutz und umso grösser wird die Fläche, die von Tröpfchen der Spritzbrühe und damit von den Viren nicht erreicht wird. Eine Behandlung, die erst gemacht wird, nachdem schon dichte Gespinste gebildet wurden, könnte somit an Wirksamkeit verlieren. Aus diesem Grunde wurden zwei Spritztermine geprüft: ein erster zur Zeit, wo die ersten L<sub>1</sub> aus den Eiern schlüpfen (d. h. zur Zeit, wo nach MINKS & DE JONG, 1975, die chemische Bekämpfung mit Insektiziden durchgeführt würde) und ein zweiter, wenn fast alle L<sub>1</sub> geschlüpft sind und schon die ersten L<sub>3</sub> auftreten (Abb. 4). Da es nicht gleichgültig ist, ob die Tiere nur eine kurze oder während längerer Zeit auf viruskontaminiertem Futter fressen (Abb. 12), muss dafür gesorgt werden, dass der Virusbelag dauernd eine genügende Infektiosität aufweist. Deshalb wurde entschieden, bei den meisten Verfahren zweimal zu behandeln (Abb. 1).

#### *Die Bewertung der Wirksamkeit*

Die Tatsache, dass sich bei allen Verfahren in der oberen Kronenregion mehr Larven finden als in der unteren (Tab. 6), könnte dahingehend interpretiert werden, dass es zur Verhinderung von Schäden letztlich genügen sollte, nur die obere Kronenregion mit Viren zu behandeln und so kostbares Virusmaterial zu sparen. Der Umstand, dass sich sowohl in der oberen als auch in der unteren Baumregion bei der 2. Kontrolle ungefähr doppelt so viele Larven aufhielten als bei der 1. Kontrolle, spricht allerdings dafür, dass jedenfalls zwei Behandlungen notwendig wären. Die Ergebnisse könnten aber auch bedeuten, dass die Larven erst mit zunehmendem Alter in die obere Kronenregion wandern. Solange diese Frage nicht geklärt ist, dürfte es deshalb nicht ratsam sein, nur die obere Baumregion zu behandeln.

In der Tabelle 9 fällt der grosse Anteil der durch die Schlupfwespe *Colpoclypeus florus* parasitierten überlebenden Larven von den Parzellen mit Insektizidbehandlung auf. Dieser Anteil bezieht sich aber auf nur sehr wenige überlebende Larven. Wird der Parasitierungsgrad auf die Anzahl der kontrollierten Triebe bezogen, ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Verfahren. Der geringe Parasitierungsprozentsatz selbst in den Kontrollparzellen lässt zwar nicht erwarten, dass dieser Parasit eine populationsdynamisch wirksame Rolle spielen könnte, doch zeigen die Ergebnisse der Sumpcidinparzellen, dass der Parasit eine ausgezeichnete Suchfähigkeit bei niedriger Populationsdichte hat.

Aus den Resultaten der Tabellen 7 und 8 sowie deren Zusammenfassung in der 1. Kolonne von Tabelle 12 wird bereits ersichtlich, dass die Grundkonzentration (NPV 1) selbst bei zweimaliger Applikation keine genügende Wirkung ergab und dass die höchste Konzentration (NPV 3) bei einmaliger Applikation mit spätem Spritztermin etwas besser gewirkt hat als beim frühen Termin. Diese Ergebnisse werden durch die spätere Erntekontrolle bestätigt (Tab. 12). Wie die Simulationsdaten von Abb. 4 zeigen, traten im zweiten Spritztermin eben die ersten L<sub>3</sub> auf.

Die erste Spritzung wurde zu dem Zeitpunkt durchgeführt, den MINKS & DE JONG (1975) für den Einsatz eines chemischen Insektizides empfehlen. Offenbar ist aber bei einer Bekämpfung mit NPV dieser Zeitpunkt etwas zu früh, da das NPV im Feld weniger persistent ist als ein chemisches Insektizid. Wahrscheinlich beruht die bessere Wirkung der späteren Virusapplikation darauf, dass bei der frühen Spritzung erst sehr wenige Larven geschlüpft waren (Abb. 4). Die Larven, die später schlüpften, fanden dann einen weniger dichten Belag von aktiven Viren auf den Blättern vor, da das Blattwerk der Bäume in der Zwischenzeit gewachsen war und die Viren durch die meteorologischen Einflüsse fortlaufend inaktiviert wurden. Von der meteorologischen Situation her ist zum letzten Punkt allerdings zu sagen, dass nach dem zweiten Spritztermin nicht nur mehr Niederschläge vorkamen, sondern auch mehr Sonnenschein, und dass die durchschnittliche Temperatur bedeutend höher war. Somit können nicht Unterschiede in der Inaktivierungsrate der Viren für die bessere Wirkung beim zweiten Spritztermin verantwortlich sein. – Hingegen könnten die nach dem zweiten Termin vorherrschenden höheren Temperaturen insofern positiv gewirkt haben, als sie einen höheren Nahrungskonsum und damit eine höhere Virusaufnahme der Schalenwicklerlarven bewirkt haben dürften.

BAGGIOLINI (1980) hat angegeben, dass die Toleranzschwelle für den Schalenwickler bei 1% Schaden auf den Äpfeln liegt. Diese Schadenschwelle wurde nur bei dem Verfahren mit der schwächsten Viruskonzentration nicht erreicht. Bei allen anderen Verfahren war der Bekämpfungseffekt genügend gross, um den Schaden des Schalenwicklers im Pflückobst unter 1% zu halten (Tab. 12). Dies bedeutet allerdings nicht, dass 99% des Pflückobstes als Tafelobst deklariert werden konnten. Wie die Tabellen 10 und 11 zeigen, kommen beim Pflückobst neben den Schalenwicklerschäden noch Schäden mit anderen Ursachen vor, die insgesamt bis zu 20% des Pflückobstes deklassieren. Das sehr spezifisch wirkende NPV kann selbstverständlich nur die vom Schalenwickler verursachten Schäden vermindern. Aber selbst das für sein breites Wirkungsspektrum bekannte Insektizid Sumpcidin kann die vorwiegend von Geometriden (Frostspanner) und Noctuiden verursachten Frühjahrsschäden nicht reduzieren, da diese im Zeitpunkt einer gegen den Schalenwickler gerichteten Applikation bereits entstanden sind. In dieser Beziehung bietet die Spezifität des NPV also keinen Nachteil. Es ist selbst-

verständlich, dass weder ein Insektizid noch ein insektenpathogenes Virus einen Einfluss auf die durch Pilze (Tab. 12: Krankheiten) und abiotische Faktoren bewirkten Schäden haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Bekämpfung des Schalenwicklers mit dem spezifischen NPV technisch möglich ist, sei es durch einen Einsatz gegen die Frühjahrslarven (HAAS, 1980) oder – wie die vorliegende Arbeit zeigt – gegen die Sommerneneration. Damit rückt die Verwirklichung des von BENZ (1981) vorgeschlagenen Konzeptes, wonach die mikrobiologische Bekämpfung des Apfelwicklers und des Schalenwicklers mittels Baculoviren den ihnen zugehörigen Platz im integrierten Pflanzenschutz von Apfelanlagen einnehmen müsste, näher in den Bereich der praktischen Möglichkeit. Sicherlich wird dabei die Kenntnis der Phänologie der beiden Obstschädlinge für die Bestimmung der geeigneten gemeinsamen Spritztermine von Bedeutung sein. In den von FALCON *et al.* (1976) und RIEDL *et al.* (1976) für den Apfelwickler und von FLÜCKIGER & BENZ (1982) sowie in der vorliegenden Arbeit für den Schalenwickler entwickelten Simulationsmodellen sind dafür wichtige Grundlagen geschaffen worden.

## ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob sich Baculoviren für eine Bekämpfung des Schalenwicklers *Adoxophyes orana* im Obstbau eignen. Vor- und Nachteile des Einsatzes von Kern- oder Nuclearpolyederviren (NPV) und Granulosiviren (GV) wurden gegeneinander abgewogen. Dafür standen drei Isolate zur Verfügung, ein NPV-Isolat aus den Niederlanden und zwei GV-Isolate aus Japan (GVJ) bzw. dem schweizerischen Wallis (GVW).

Beim Vergleich der Pathogenität von GVJ und GVW konnte kein Unterschied zwischen den beiden Viren festgestellt werden. Es hat sich auch gezeigt, dass sich NPV und GVW bezüglich ihrer Pathogenität unabhängig verhalten und deshalb eine synergetische Wirkung bei der Anwendung der Viren im Gemisch ausgeschlossen ist.

Eine vertikale Übertragung der Viren konnte weder für das NPV noch für das GVW nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass eine Bekämpfung von *A. orana* sowohl mit dem GVW als auch mit dem NPV sowohl im Frühjahr als auch im Sommer und im Herbst möglich ist.

Junge Larven, die mit NPV infiziert werden, sterben im L<sub>3</sub>, während die L<sub>1</sub>, falls sie mit einem GV infiziert werden, erst als ausgewachsenen L<sub>5</sub> absterben. Ein GV kann demzufolge nicht den Schaden verhindern, den eine Generation verursacht, sondern nur die Population dezimieren. Diese Tatsache und diejenige, dass man bei einer Bekämpfung mit dem GVW ca. 65mal mehr Larvenäquivalente pro Baum aufwenden muss, um die gleiche Mortalität wie mit dem NPV zu erreichen, liess den Schluss zu, dass das NPV sich für die mikrobiologische Bekämpfung von *A. orana* am besten eigne.

Gewisse biologische Phänomene am Schalenwickler, insbesondere die Entwicklung der Frühjahrslarven, wurden beobachtet und in das Simulationsmodell von FLÜCKIGER & BENZ (1982) integriert. Dieses Modell – zusammen mit den pathologischen Untersuchungen am Schalenwickler – erlaubt es, den besten Spritztermin bei einer Anwendung von GV (GVW) bzw. NPV im Frühjahr mit 70 bzw. 70-100 Gradtagen und im Sommer für das NPV beim Auftreten der ersten Larven des 3. Stadiums zu bestimmen. Die Feldversuche mit NPV haben gezeigt, dass es an diesem Termin möglich ist, mit einer einzigen Behandlung im Sommer die von *A. orana* an Äpfeln erzeugten Schäden um 82% zu reduzieren. Wird das Virus vorgängig dazu auch noch an dem für die Applikation konventioneller chemischer Insektizide günstigen Termin (beim Auftreten der ersten Eilarven) ausgebracht, werden die Schalenwicklerschäden um 88% reduziert.

## VERDANKUNGEN

Mein ganz besonderer Dank richtet sich an Herrn Prof. Dr. G. Benz. Durch seine kundige Leitung und sein stetes Interesse sowie seine Bereitschaft, mir grosse Freiheit zu gewähren, wurde diese Arbeit ermöglicht.

Danken möchte ich auch Herrn Dr. J. Baumgärtner für die Beratung in systemanalytischen und Herrn Dr. W. Berchtold für die Beratung in statistischen Belangen.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. A. Schmid für die Beratung bei den Feldversuchen und der Kantonalen Landwirtschaftsschule Châteauneuf VS für das Überlassen der Versuchsparzelle.

Für die Mithilfe bei der Auswertung der Feldversuche möchte ich folgenden Personen danken: Herrn D. Fuog, Frau M. Flückiger, Frau T. Lüscher und Herrn P. Zahner.

Danken möchte ich schliesslich auch allen Mitgliedern des Entomologischen Institutes, die mir bei der Arbeit behilflich waren.

## LITERATURVERZEICHNIS

- AIZAWA, K. & NAKAZATO, Y. 1963. *Diagnosis of diseases in insects, 1959–1962*. Mushi 37: 155–158.
- ANKERSMIT, G. W. 1968. *The photoperiod as a control agent against Adoxophyes reticulana (Lepidoptera, Tortricidae)*. Ent. exp. et appl. 11: 231–240.
- ANKERSMIT, G. W. 1975. *The sterile-male technique as a means of controlling the summer fruit tortrix Adoxophyes orana F. v. R. (Lepidoptera, Tortricidae)*. OILB/SROP. Lutte intégrée en vergers, 5e Symp. Bolzano 1974, pp. 271–275.
- ANKERSMIT, G. W. & VAN DER MEER, F. TH. M. 1973. *Studies on the sterile-male technique as a means of control of Adoxophyes orana (Lepidoptera, Tortricidae). I. Problems of mass rearing (Crowding effects)*. Neth. J. Pl. Pathol. 79: 54–61.
- ANKERSMIT, G. W., RABBINGE, R. & DIJAMN, H. 1977a. *Studies on the sterile-male technique as a means of control of Adoxophyes orana (Lepidoptera, Tortricidae). 4. Technical and economical aspects of mass-rearing*. Neth. J. Pl. Pathol. 83: 27–39.
- ANKERSMIT, G. W., BAREL, C. J. A., MOBACH, J. D., SCHOUT-PARREN, I. & WASSENBURG-DE VRIES, G. 1977b. *Studies on the sterile-male technique as a means of control of Adoxophyes orana (Lepidoptera, Tortricidae). 5. Release trials*. Neth. J. Pl. Pathol. 83: 73–83.
- ARNOLD, C. Y. 1960. *Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76: 682–692.
- BAGGIOLINI, M. 1980. *Nouveaux aspects dans l'utilisation du seuil de tolérance*. Proc. Int. Symp. IOBC/WPRS über Integrierten Pflanzenschutz in der Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1979, pp. 65–74.
- BAGGIOLINI, M., KELLER, E., MILAIRE, H. G. & STEINER, H. 1980. «*Visuelle Kontrollen im Apfelanbau*». OILB Heft Nr. 2 (3. Aufl.), 96 pp.
- BAUMGÄRTNER, J. & DELUCCHI, V. 1981. *Die Anwendung systemanalytischer Methoden im Pflanzenschutz*. Schweiz. landw. Forsch. 20: 139–144.
- BENDER, E. 1952. *Der Wickler Capua reticulana Hb.* Bad. Obst- und Gartenbauer 5: 177–178.
- BENZ, G. 1962. *Untersuchungen über die Pathogenität eines Granulosis-Virus des Grauen Lärchenwicklers Zeiraphera diniana (Guénée)*. Agr. glasnik, Zagreb, 1962: 566–574.
- BENZ, G. 1964. *Aspects of virus multiplication and average reduplication time for a granulosis virus of Zeiraphera diniana (Guénée)*. Entomophaga, Mém. hors. série 2: 417–421. (Coll. Int. Pathol. Insectes, Paris, 1962).
- BENZ, G. 1976. *Current microbial control programs in Western Europe exclusive of the United Kingdom and Ireland*. Proc. 1st Int. Coll. Invert. Pathol, Kingston, Canada, 1976, pp. 52–58.
- BENZ, G. 1981. *Use of viruses for insect suppression*. In: «*Biological control in crop production*» (BARC Symposium no. 5 – C. PAPAVIZAS, ed.), Allanheld, Osmun Publ. pp. 259–272.
- BERCHTOLD, W. 1981. *Regressionsanalyse für Anzahlen bei einmaligem und mehrmaligem Beobachten derselben Objekte zu verschiedenen Zeitpunkten*. Interner Bericht: Institut für Tierproduktion, Gruppe Biometrie, ETH-Zürich, 85 pp.
- BERLINGER, M. J. & ANKERSMIT, G. W. 1976. *Manipulation with the photoperiod as a method of control of Adoxophyes orana (Lepidoptera, Tortricidae)*. Ent. exp. et appl. 19: 96–107.
- BIRD, F. T. 1961. *Transmission of some insect viruses with particular reference to ovarian transmission and its importance in the development of epizootics*. J. Insect Pathol. 3: 352–380.
- BONNEMAISON, L. 1975. *Action de deux analogues d'hormone juvénile sur un aphide (Brevicoryne brassicae L.) et deux lépidoptères (Adoxophyes orana F. v. R. et Ostrinia nubilalis Hb.)* Phytatrie-Phytopharmacie 24: 205–219.
- BONNEMAISON, L. 1977. *Mode d'action de la photopériode sur la diapause d'Adoxophyes orana F. v. R. (Lépidoptères, Tortricidae)*. Z. ang. Ent. 84: 75–99.
- BOUCIAS, D. G., JOHNSON, D. W. & ALLEN, G. E. 1980. *Effects of host age, virus dosage, and temperature on the infectivity of a nucleopolyhedrosis virus against velvetbean caterpillar, Anticarsia gemmatalis larvae*. Environ. Ent. 9: 59–61.

- BRASSEL, J. 1978. Entwicklung von Methoden für die Produktion eines Granulosis-virus-Präparates zur mikrobiologischen Bekämpfung des Apfelwicklers, *Laspeyresia pomonella* (L.) (Lep., Tortricidae) und Schätzung der Produktionskosten. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 51: 155-211.
- BRASSEL, J. & BENZ, G. 1979. Selection of a strain of the granulosis virus of the codling moth with improved resistance against artificial ultraviolet radiation and sunlight. J. Invert. Pathol. 33: 358-363.
- BURGERJON, A., BIACHE, G., CHAUFAX, J. & PETRE, Z. 1981. Sensibilité comparée en fonction de leur âge, des *Lymantria dispar*, *Mamestra brassicae* et *Spodoptera littoralis* aux virus de la polyédrose nucléaire. Entomophaga 26: 47-58.
- BURGES, H. D., CROIZIER, G. & HUBER, J. 1980a. A review of safety tests on baculoviruses. Entomophaga 25: 329-340.
- BURGES, H. D., HUBER, J. & CROIZIER, G. 1980b. Guidelines for safety tests on insect viruses. Entomophaga 25: 341-348.
- CAMPONOVO, F. 1980. Biochemische Untersuchungen an zwei spezifischen Granulosis-virus-Stämmen des Apfelwicklers (*Laspeyresia pomonella* L.) und Untersuchungen über die Entwicklung der Altersstoleranz gegen dieses Virus im letzten Larvenstadium. ETH Zürich, Diss. No. 6535.
- CHARMILLOT, P. J. 1981. Techniques de confusion contre la tordeuse de la pelure *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lep., Tortricidae): II. Deux ans d'essais de lutte en vergers. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 54: 191-204.
- DAUM, R. J. & KILLCREAS, W. 1966. Two computer programs for probit analysis. Bull. Ent. Soc. Amer. 12: 356-369.
- DAVID, W. A. L., CLOTHIER, S. E., WOOLNER, M. & TAYLOR, G. 1971. Bioassaying an insect virus on leaves. II. The influence of certain factors associated with the larvae and the leaves. J. Invert. Pathol. 17: 178-185.
- DE JONG, D. J. 1951. Bladrollers op Vruchtbomen. Meded. Direct. Tuin. 12: 131-150.
- DE JONG, D. J., 1968. Rearing of the fruit-tree-leafroller *Adoxophyes reticulana* Hb. on artificial diet for the evaluation of pesticides. Meded. Rijksfak. Landbouwwetensch., Gent 33: 789-795.
- DE JONG, D. J. & MINKS, A. K. 1981. Studies on *Adoxophyes orana*, the major leaf-roller pest in apple orchards in the Netherlands. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 54: 205-214.
- DE JONG, D. J., ANKERSMIT, G. W., BAREL, C. J. A. & MINKS, A. K. 1971. Summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* F.v.R. Studies on biology, behaviour and population dynamics in relation to the application of the sterility principle. In: «Application of induced sterility for control of Lepidoperous populations». Int. Atomic Energy Agency, Vienna 1971, pp. 27-39.
- DENLINGER, D. L., ANKERSMIT, G. W. & NOORDINK, J. Ph. W. 1973. Studies on the sterile male technique as a means of control of *Adoxophyes orana* (Lepidopt., Tortricidae). 3. An evaluation of competitiveness of laboratory-reared moths. Neth. J. Pl. Pathol. 79: 229-235.
- DE WIT, C. T. & GOUDRIAAN, J. 1978. «Simulation of ecological processes.» ISBN 90-220-6652-2. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 175 pp.
- DICKLER, E. & HUBER, J. 1978. Codling moth control with granulosis virus; its effects on other major apple pests. Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem 180: 80-83.
- DOANE, C. C. 1967. Bioassay of nuclear-polyhedrosis virus against larval instars of the gypsy moth. J. Invert. Pathol. 27: 13-26.
- DOANE, C. C. 1969. Trans-ovum transmission of a nuclear-polyhedrosis virus in the gypsy moth and the inducement of virus susceptibility. J. Invert. Pathol. 14: 199-210.
- DULMAGE, H. & BURGERJON, A. 1977. Industrial and international standardization of microbial pesticides. II. Insect viruses. Entomophaga 22: 131-139.
- ETZEL, L. K. & FALCON, L. A. 1976. Studies of transovum and transstadial transmission of a granulosis virus of the codling moth. J. Invert. Pathol. 27: 13-26.
- FALCON, L. A., KANE, W. R. & BETHELL, R. S. 1968. Preliminary evaluation of a granulosis virus for control of the codling moth. J. Econ. Ent. 61: 1208-1213.
- FALCON, L. A., PICKEL, C. & WHITE, J. 1976. Computerizing codling moth. Fruit Grower 96: 8-14.
- FINNEY, D. J. 1971. Probit analysis. 35th ed., Cambridge University Press, 332 pp.
- FLÜCKIGER, C. R. & BENZ, G. 1982. A temperature driven model to simulate the population development of the summerfruit tortrix *Adoxophyes orana*. Ent. exp. et appl. 32: (im Druck).
- FORSYTHE, G. E. 1957. Generation and use of orthogonal polynomials for data fitting with a digital computer. J. Soc. Ind. Appl. Math. 5: 74-88.
- FRANZ, J. M. & HUBER, J. 1979. Feldversuche mit insektenpathogenen Viren in Europa. Entomophaga 24: 333-343.
- FRANZ, J. M. & KRIEG, A. 1976. «Biologische Schädlingsbekämpfung.» Paul Parey, Berlin & Hamburg, 222 pp.
- GETZ, W. M. & GUTIERREZ, A. P. 1982. A perspective on system analysis in crop production and insect pest management. Ann. Rev. Ent. 27: 447-466.
- GILBERT, N., GUTIERREZ, A. P., FRAZER, B. D. & JONES, R. E. 1976. «Ecological relationships.» Freeman Reading & San Francisco, 157 pp.

- GOODWIN, R. H., VAUGHN, J. L., ADAMS, J. R. & LOULOUDES, S. J. 1973. *The influence of insect cell lines and tissue-culture media on Baculovirus polyhedra production*. Ent. Soc. Am. Misc. Publ. 9: 66-72.
- GRÖNER, A. 1976. *Das Kernpolyedervirus der Kohleule (Mamestra brassicae L.): Seine Produktion und Erprobung für die biologische Schädlingsbekämpfung*. Z. angew. Ent. 82: 138-143.
- GRÖNER, A., HUBER, J. & KRIEG, A. 1978. *Untersuchungen mit Baculoviren an Säugetieren*. Z. angew. Zool. 65: 69-80.
- GRUYS, P. 1980. *Solved and unsolved problems of integrated control in apple orchards, illustrated by examples from the Netherlands*. Int. Symp. IOBC/WPRS Integrierter Pflanzenschutz in der Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1979, pp. 359-364.
- HAAS, P. 1980. *Bekämpfung der überwinternden Raupen des Schalenwicklers Adoxophyes reticulana (Hb.) auf Apfelbäumen im Frühling mittels zweier Baculovirus-Arten*. Diplomarbeit, Entomologisches Institut der ETH Zürich (unpubl.).
- HUBER, J. & DICKLER, E. 1975. *Freilandversuche zur Bekämpfung des Apfelwicklers, Laspeyresia pomonella (L.) mit Granulosisviren*. Z. Pflkrankh. Pflschutz 82: 540-546.
- HUBER, J. & DICKLER, E. 1976a. *Das Granulosevirus des Apfelwicklers: Seine Erprobung für die biologische Schädlingsbekämpfung*. Z. ang. Ent. 82: 143-147.
- HUBER, J. & DICKLER, E. 1976b. *Efficiency of a granulosis virus for codling moth control*. Proc. I. Int. Coll. Invert. Pathol., Kingston, Canada, 1976, pp. 358-359.
- HUBER, J. & DICKLER, E. 1977. *Codling moth granulosis virus. Its efficiency in the field in comparison with organophosphorus insecticides*. J. Econ. Ent. 70: 557-561.
- HUBER, J., BENZ, G. & SCHMID, K. 1972. *Zuchtmethode und semisynthetische Nährmedien für Apfelwickler*. Experientia 28: 1260-1261.
- IGNOFFO, C. M. 1966. *Effects of age on mortality of Heliothis zea and Heliothis virescens larvae exposed to a nuclear polyhedrosis virus*. J. Invert. Pathol. 8: 279-282.
- IGNOFFO, C. M. 1968. *Specificity of insect viruses*. Bull. Entomol. Soc. Am. 14: 265-276.
- IGNOFFO, C. M. 1973. *Development of a viral insecticide: Concept to commercialization*. Exp. Parasitol. 33: 380-406.
- ITO, Y., SHIGA, M., OHO, N. & NAKAZAWA, H. 1977. *A granulosis virus possible biological agent for control of Adoxophyes orana (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards. III. A preliminary model for population management*. Res. Popul. Ecol. 19: 33-50.
- JANSSEN, M. 1958. *Über Biologie, Massenwechsel und Bekämpfung von Adoxophyes orana (Fischer von Röslerstamm)*. Beitr. Ent. 8: 291-324.
- JAQUES, R. P., MCLELLAN, C. R., SANFORD, K. H., PROVERBS, M. D. & HAGLEY, E. A. C., 1977. *Preliminary orchard tests on control of the codling moth larvae by a granulosis virus*. Can. Ent. 109: 1079-1081.
- JAQUES, R. P., LAING, J. E., MCLELLAN, C. R., PROVERBS, M. D., SANFORD, K. H. & TROTTIER, R. 1981. *Apple orchard tests on the efficacy of the granulosis virus of the codling moth, Laspeyresia pomonella (Lep.: Olethreutidae)*. Entomophaga 26: 111-118.
- JURKOVICOVA, M. 1979. *Activation of latent virus infections in larvae of Adoxophyes orana (Lepidoptera: Tortricidae) and Barathra brassicae (Lepidoptera: Noctuidae) by foreign polyhedra*. J. Invert. Pathol. 34: 213-223.
- KELLER, S. 1973. *Mikrobiologische Bekämpfung des Apfelwicklers (Laspeyresia pomonella [L.]) (= Carpocapsa pomonella) mit spezifischem Granulosisvirus*. Z. ang. Ent. 73: 137-181.
- KIRK, R. E. 1968. «*Experimental design: Procedures for the Behavioral Sciences*» Wadsworth Publ. Belmont, California, 577 pp.
- KNUDSON, D. L. 1978. *Pathogenic invertebrate viruses: In vitro specificity*. In: «*Viral Pesticides, Present Knowledge and Potential Effects on Public and Environmental Health*» (SUMMERS, M. D. & KAWANISHI, C. Y., eds.) U.S. EPA Rep. No. 600 9/78/026. pp. 151-161.
- KORN, G. A. & WAIT, J. V. 1978. «*Digital Continuous System Simulation*» Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., USA, 212 pp.
- KRIEG, A. 1955. *Untersuchungen über die Polydrose von Neodiprion sertifer (Geoffer)*. Arch. Ges. Virusforsch. 6: 163-174.
- LEWIS, F. B. & ROLLINSON, W. D., 1978. *Effect of storage on the virulence of gypsy moth nucleopolyhedrosis inclusion bodies*. J. Econ. Ent. 71: 719-722.
- MAGNOLER, A. 1975. *Bioassay of nucleopolyhedrosis virus against larval instars of Malacosoma neustria*. J. Invert. Pathol. 25: 343-348.
- MANI, E. 1979. *Orientierung über die Schalenwicklersituation*. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau 115: 196-200.
- MERCIER, A. 1976. *Lutte microbiologique à l'aide du virus de la granulose contre le carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) dans trois plantations de pommiers du Bassin Lémanique*. Diplomarbeit, Entomologisches Institut ETH Zürich (unpubl.).

- MILTBURGER, H. G., DAVID, P., MAHR, U. & ZIPP, W. 1977. Über die Erstellung von Lepidopteren-Dauerzelllinien und die In-vitro-Replikation von insektenpathogenen Viren. Z. ang. Ent. 82: 306-323.
- MINKS, A. K. & DE JONG, D. J. 1975. Determination of spraying dates for *Adoxophyes orana* by sex pheromone traps and temperature recordings. J. Econ. Ent. 68: 729-732.
- MORRIS, O. N. 1962. Quantitative infectivity studies on the nuclear polyhedrosis of the western oak looper, *Lambdina fiscellaria somniaria* (Hulst.). J. Insect Pathol. 4: 207-215.
- MORRIS, D. S., 1972. A cooperative programme of research into the management of pome-fruit pests in southeastern Australia. III. Evaluation of a nuclear granulosis virus for control of the codling moth. Abstr. 14th Int. Congr. Entomol., Canberra, 1972.
- NEILSON, M. M., & ELGEE, D. E., 1960. The effect of storage on the virulence of a polyhedrosis virus. J. Insect. Pathol. 2: 165-171.
- NIJOUT, H. F., 1975. A threshold size for metamorphosis in the tobacco hornworm, *Manduca sexta* (L.). Biol. Bull. 149: 214-225.
- OHO, N. 1974. A granulosis virus of the smaller tea tortrix, *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm (Lepidoptera: Tortricidae). Mushi 48: 15-20.
- PONSEN, M. B. 1966. The production of polyhedral viruses from *Barathra brassicae* to control *Adoxophyes orana*. Meded. Rijksfac. Landbouwwetensch. Gent 31: 553-557.
- PONSEN, M. B. & BRUINVIS, T. 1963. Nuclear and cytoplasmatic polyhedrosis of *Adoxophyes reticulana* Hb. (Lepidoptera: Tortricidae). Ent. exp. et appl. 6: 239.
- PONSEN, M. B. & DE JONG, D. J. 1964. On a nuclear and cytoplasmic polyhedrosis of *Adoxophyes reticulana* Hb. Entomophaga 9: 253-255.
- PONSEN, M. B., HENSTRA, S. & VAN DER SCHEER, CH. 1964. Electron microscope study of two nuclear polyhedral viruses. Proc. Third Eur. Reg. Conf. Electr. Micr., Prague: 389-390.
- PONSEN, M. B., HENSTRA, S. & VAN DER SCHEER, CH. 1965. Electron microscope observations on the structure of membranes from nuclear polyhedral viruses. Neth. J. Plant. Pathol. 71: 20-24.
- RIEDL, H., CROFT, B. A. & HOWITT, A. J. 1976. Forecasting codling moth phenology, based on pheromone trap catches and physiological-time models. Can. Ent. 108: 449-460.
- ROBERT, G. 1977. Informations complémentaires et précisions sur les mortalités de lutte microbiologique à l'aide du virus de la granulose contre le carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) des plantations de pommiers du Bassin Lémanique. Diplomarbeit, Entomologisches Institut ETH Zürich (unpubl.).
- RUESINK, W. G. 1976. Status of the systems approach to pest management. Ann. Rev. Ent. 21: 27-44.
- SCHMID, A., VAN DER MOLEN, J. P., JUCKER, W., BAGGIOLINI, M. & ANTONIN, PH. 1978. The use of insect growth regulators, analogues of the juvenile hormone, against summer fruit moth, *Adoxophyes orana* and other pests. Ent. exp. et appl. 24: 65-82.
- SCHMID, A., CAZELLES, O. & BENZ, G. 1982. A granulosis virus of the fruit tortrix, *Adoxophyes orana* (in Vorbereitung).
- SCHOONEVELD, H. & WIEBENGA, J. 1974. Temperature-dependent juvenile hormone effect on pupation of *Adoxophyes orana*. J. Econ. Ent. 67: 711-715.
- SCHOONEVELD, H., VAN DER MOLEN, J. P. & WIEBENGA, J. 1976. Potential use of insect growth regulators for controlling *Adoxophyes orana*: Laboratory and small-scale field studies. Ent. exp. et appl. 19: 227-234.
- SHAPIRO, M., OWENS, C. D., BELL, R. A. & WOOD, H. A. 1981. Simplified, efficient system for in vivo mass production of gypsy moth nucleopolyhedrosis virus. J. Econ. Ent. 74: 341-343.
- SHEPPARD, R. F. & STAIRS, G. R. 1977. Dosage-mortality and time-mortality studies of a granulosis virus in a laboratory strain of the codling moth, *Laspeyresia pomonella*. J. Invert. Pathol. 29: 216-221.
- SHIGA, M., YAMADA, H., OHO, N., NAKAZAWA, H. & ITO, Y. 1973. A granulosis virus, possible biological agent for control of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards. II. Semipersistent effect of artificial dissemination into an apple orchard. J. Invert. Pathol. 21: 149-157.
- SNIEDER, D., ANKERSMIT, G. W. & VELDE TER, H. J. 1973. Studies on the sterile-male technique as a means of control of *Adoxophyes orana* F.R. (Lepidoptera, Tortricidae). 2. Dose-response curves after irradiation of the moths with x-rays or fast neutrons. Neth. J. Pl. Pathol. 79: 148-155.
- STAIRS, G. R. 1965. Quantitative differences in susceptibility to nuclear-polyhedrosis virus among larval instars of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* (Hübner). J. Invert. Pathol. 7: 427-429.
- STEINHAUS, E. A. 1954. Duration of infectivity of the virus of silkworm jaundice. Science 120: 186-187.
- SUMMERS, M. & KAWANISHI, C. Y. 1978. Viral pesticides: present knowledge and potential effects on public and environmental health. U. S. EPA, Rep. No. 600 9/78/026, 312 pp.
- SUMMERS, M., ENGLER, R., FALCON, L. A. & VAIL, P. Edit. 1975. «Baculoviruses for insect pest control: Safety considerations.» EPA-USDA Working Symp., Bethesda, Md. Am. Soc. Microbiol. Washington, D. C., 186 pp.
- TANADA, Y. 1953. Description and characteristics of a granulosis virus of the imported cabbageworm. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 15: 235-260.

- TANADA, Y. 1959. *Synergism between two viruses of the armyworm Pseudaletia unipuncta (Haworth) (Lepidoptera, Noctuidae)*. J. Insect Pathol. 1: 215-231.
- TANADA, Y. & HUKUHARA, T. 1971. *Enhanced infection of a nuclear-polyhedrosis virus in larvae of the armyworm Pseudaletia unipuncta by a factor in the capsule of a granulosis virus*. J. Invert. Pathol. 17: 116-126.
- TINSLEY, T. W. 1979. *The potential of insect pathogenic viruses as pesticidal agents*. Ann. Rev. Ent. 24: 63-87.
- VAGO, C. & BERGOIN, M. 1963. *Développement des virus à corps d'inclusion du lépidoptère Lymantria dispar en cultures cellulaires*. Entomophaga 8: 253-261.
- WHITLOCK, V. H. 1978. *Dosage-mortality studies of a granulosis and a nuclear polyhedrosis virus of a laboratory strain of Heliothis armigera*. J. Invert. Pathol. 32: 386-387.
- WOLLKIND, D. J., LOGAN, J. A. & BERRYMAN, A. A. 1978. «*Asymptotic methods for modeling biological processes*» Internat. Institute Applied Systems Analysis, Laxenburg, Österreich, 26 pp.
- YAMADA, H. & OHO, N. 1973. *A granulosis virus possible biological agent for control of Adoxophyes orana (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards. I. Mass production*. J. Invert. Pathol. 21: 144-148.
- YAMAMOTO, T. & TANADA, Y. 1978. *Phospholipid an enhancing component in the synergistic factor of a granulosis virus of the armyworm, Pseudaletia unipuncta*. J. Invert. Pathol. 31: 48-56.

(erhalten am 14. Sept. 1982)