

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 125 (1974)
Heft: 6

Artikel: Ein Feldversuch zur gezielten Veränderung zyklischer Insektenpopulationsbewegungen
Autor: Auer, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766225>

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: 08.01.2026

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

Ein Feldversuch zur gezielten Veränderung zyklischer Insektenpopulationsbewegungen¹

Quantitative Ergebnisse von Grossversuchen mit DDT und Phosphamidon
gegen den grauen Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana* Gn.)
im Goms, Kanton Wallis, 1963 bis 1972

Von C. Auer, Chur

Oxf.: 145.7 : 414

(Aus dem Entomologischen Institut der ETH Zürich)

1. Einleitung und Ziele

Die Versuche führten wir schon 1963 durch. Um wesentliche Fehlbeurteilungen zu vermeiden, dehnten wir die Kontrollzeit bis 1972 aus. Deshalb veröffentlichen wir die Resultate erst jetzt. Dieses ungewöhnliche Vorgehen hat nebenbei auch die rein sachliche Darstellung der Resultate gefördert.

Anlage und Durchführung der Versuche sind zwar unter den Gesichtswinkeln von 1962 entstanden. Obwohl sich seither nicht jede Anschauung verändert hat, lohnt sich ein kurzer Blick rückwärts.

Der chemischen Industrie gelang vor rund drei Jahrzehnten mit der Entwicklung der modernen Insektizide zweifellos eine grossartige Kulturleistung. Wir dürfen nicht vergessen, dass sie dem Menschen im harten Kampf um die Nahrungsbeschaffung damals eine grosse Hilfe schuf. Wo immer ein Verfahren sichtbaren Erfolg verspricht, wird es nach Ort und Umfang missbraucht. Auch mit diesen modernen Insektiziden ist nach dem Zweiten Weltkrieg ausser jeder Kontrolle Missbrauch getrieben worden, praktisch durch jedermann. Damit kam gewissermassen ein *moderner Regelkreis des Fort-*

Zusammensetzung des Versuchsstabes

P. Bovey: Gesamtleitung; C. Auer: Versuchsplan, Statistik und Flugleitung; W. Baltenweiler: Ökologie; G. Benz: Pathologie; V. Delucchi: Entomophaga; A. Schifferli, Sempach: Ornithologie.

¹ Publikation Nr. 64 der Arbeitsgruppe zur Erforschung der Populationsdynamik des grauen Lärchenwicklers.

schrilles ins Rollen, den man etwa durch folgende Stufen kennzeichnen könnte: Entdeckung eines Mittels — Erprobung/Erfahrung/Bekanntwerden — Grossanwendung/Falschanwendung — späte Alarmzeichen — Vorwürfe/«Volkszorn» — gesetzliches Verbot — neue Forschung — Wiederholung auf gehobener Stufe des Wissens.

Auch beim *grauen Lärchenwickler* (LW) liess sich dieser Regelkreis nicht ganz vermeiden, aber er erfolgte in anderer Reihenfolge und auf jeder Stufe kontrolliert. Nachweisbar seit über 100 Jahren traten in den Lärchenbeständen der Alpen periodisch starke Schäden auf. Man nahm sie in Kauf, es blieb lange Zeit keine andere Wahl. Nach dem letzten Weltkrieg änderten die Einstellungen. Der Fremdenverkehr trug daran die Hauptschuld. Braune Wälder voller Spinnfäden entsprachen nicht mehr den Ferienerwartungen. Im DDT lag inzwischen ein neues, sehr wirksames Mittel bereit, auch gegen diese Plage, Meyer (1946). Hier wich aber der verantwortliche Forstdienst vom üblichen Regelkreisschema ab. Statt zur Grossanwendung von DDT überzugehen, veranlasste er die *Erforschung* der Schadenursachen, die ab 1948/49 einsetzte.

1958 konnten wir einen ersten Untersuchungsabschnitt abschliessen. Wir kannten damit zum erstenmal das quantitative, zeitliche und zum Teil auch räumliche Ausmass der stets vermuteten Massenveränderungen des Lärchenwicklers lückenlos. Inzwischen hatten wir bereits in zunehmendem Masse und immer bestimmter werdender Art nach allen Richtungen weit über das anfängliche Untersuchungsgebiet hinausgegriffen. Zwischen 1958 und 1961 erweiterten wir den Untersuchungsrahmen längs des Alpenkammes bis weit in die Nachbarländer Frankreich, Italien und Österreich. Dieser zweite Untersuchungsabschnitt internationaler Zusammenarbeit hatte bis 1961 bereits sichere Bestätigungen gebracht für zwei wesentliche neue Erkenntnisse: Der *Massenwechsel* (zum Beispiel zwischen zwei beobachteten quantitativen Tiefpunkten innert 7 bis 10 Jahren) muss als Einheit höherer Ordnung gewertet werden. Er steht über der Population einer Lärchenwickler-Generation, und er unterliegt selber neuen Eigengesetzlichkeiten. Für grosse Waldgebiete (3000 bis 6000 ha Wald, verteilt auf 60 bis 120 km² Fläche) zeigen diese Massenwechsel im ganzen Alpengebiet sehr ähnlichen Verlauf.

Damit waren beim Lärchenwickler nach Zeit und Raum völlig neue natürliche Einheiten für Beobachtungen wie Versuche erkennbar und notwendig geworden. Die quantitative Untersuchungstechnik hatten wir inzwischen stark verbessert. Wir konnten die Genauigkeit gewünschter Angaben im Abwägen gegen den Zeit- und Geldaufwand in grossem Spielraum frei vorauswählen.

Im gleichen Zeitraum und Rahmen hatten die Spezialisten auch eine Fülle *qualitativer Angaben* über die Populationen zusammengetragen. Bis 1962 waren die bedeutsamen biologischen Ergebnisse in folgenden Veröffentlichungen zusammengefasst: Baltensweiler (1958), Benz (1962), Geri,

(1960), *Martignoni* (1957). Sie gaben wohl hoffnungsvolle Hinweise auf Lenkelemente des natürlichen Regelkreises beim Lärchenwickler, die möglicherweise einmal auch vom Menschen aktiv eingesetzt werden könnten. Aber sie liessen mit aller Deutlichkeit erkennen, dass solche Ziele noch in weiter Ferne lagen. Andererseits erwartete die Öffentlichkeit stets dringender praktische Ergebnisse. Zu dieser Zeit war bereits eine erste Umweltschutzwelle im Anrollen und Anschwellen, die sich gezielt gegen Grossanwendung von Insektiziden richtete. Die treibenden Kräfte dieser Bewegung waren äusserst vielgestaltig. Aus Distanz betrachtet, waren die sachlichen Unterlagen dieser sich aufschaukelnden Diskussion aber eher dürftig und anfechtbar. Doch damit musste auch den Fachleuten endlich bewusst werden, wie wenig man tatsächlich über das vielerwähnte sogenannte *biologische Gleichgewicht* wusste.

Jede mögliche Erweiterung der Kenntnisse durch die Naturwissenschaftler war dringend nötig, um den Kult rund um diesen fast religiösen Komplex zu versachlichen. In dieser Lage und mit ihrer wissenschaftlichen Vorgeschichte boten die Populationsuntersuchungen beim Lärchenwickler geradezu ideale Möglichkeiten und Grundlagen zur Ergänzung dieser Wissenslücke.

Ein *chemischer Grosseingriff* in Lärchenwickler-Populationen als dauernd überwachter Versuch war nun in dreifacher, allgemeiner Richtung begründet, ja *erforderlich*. Im einzelnen hat eine Vielfalt von Überlegungen und Gegebenheiten die Versuchsanlage geformt. Sie ist nachfolgend kurz zusammengefasst, weil ihre Summe eine Unterlage für die Wertung des Versuches gibt:

— In Europa ist kein anderes Beispiel zyklischer Massenwechsel bekannt mit so grosser räumlicher Ausdehnung, so grossen Dichteunterschieden, von solcher Regelmässigkeit und zeitlicher Kürze seines Ablaufes.

— Im natürlichen Ablauf sind die Lärchenwickler-Zyklen recht stabil. (Auf 4 bis 5 Aufstiegsjahre folgen unmittelbar 3 bis 4 Zusammenbruchsjahre.) Sie eignen sich daher besonders gut für die Untersuchung von Faktoreneinwirkungen auf das Ganze. Vom Zufügen eines neuen, künstlichen Einflussfaktors durfte man in einem solchen Beispiel besonders deutliche Antworten erwarten.

— Die unmittelbare, wirtschaftliche Bedeutung der periodischen Schäden ist nicht so vorherrschend, dass eine Abhilfe in kürzester Zeit um jeden Preis oder Verlust verwirklicht werden muss. Der Grundlagenforschung ist noch Spielraum gegeben.

— In unserer Kulturlandschaft ist die Lebensgemeinschaft Wald verhältnismässig am geringsten durch menschliche Einflüsse verändert worden. Dies trifft für den Gebirgswald noch in besonderem Masse zu. Auch die Randeinwirkungen aus dem Landwirtschaftsgebiet sind hier am kleinsten.

— Nach den Ergebnissen unseres ersten Forschungsabschnittes — bestätigt durch 100jährige forstdienstliche Beobachtungen — beschränkt sich die Schadenzeit auf nur wenige Jahre innerhalb eines Massenwechsels (2 bis 3 Jahre höchster Lärchenwickler-Dichte). Theoretisch scheint es somit möglich, sie durch einen *einmaligen* Eingriff zu unterdrücken.

— Ein solcher einmaliger Eingriff innert eines Massenwechsels (7 bis 10 Jahre) muss sehr wirkungsvoll sein, um genügend nachhaltig zu werden. Beim Lärchenwickler konnte man seinen Zeitpunkt bereits so vorplanen, dass sowohl rein wissenschaftliche wie praktische Zwecke zugleich angezielt blieben.

— Auf der erreichten Stufe der Grundlagenforschung beim Lärchenwickler war der *Feldversuch* in praxisentsprechendem Massstab eine folgerichtige und notwendige Erweiterung der Untersuchungsverfahren. Das ab 1960 laufende Arbeitsprogramm bot uns bereits die Möglichkeit, zahlreiche Grossversuche für die einzelnen Abschnitte des Massenwechsels weit voraus zu sehen, Grison et al. (1971).

— Im Zeitpunkt der Versuchsplanung und des Entschlusses standen uns *nur chemische Mittel* zur Verfügung, weil sie allein alle gestellten Anforderungen erfüllten, wie sofortige Verfügbarkeit in beliebigen Mengen und zu erschwinglichem Preis, einfache Anwendung, leichte Dosierbarkeit, erprobte starke und sofortige Wirkung ohne unverantwortbare Nebenerscheinungen.

— Nachträglich können wir eine weitere Erfahrung als Gewicht für den Versuch in die Waagschale werfen: 1963 war vermutlich auch in der Schweiz der letzte Zeitpunkt, wo ein chemischer Versuch dieser Art noch durchführbar war. Die hier vorliegenden Daten sind daher für unbestimmte Zeit in ihrer Art wohl einmalig.

Das Schwergewicht lag eindeutig auf der *wissenschaftlichen Fragestellung*:

1. Kann man durch einen einmaligen, sehr starken Eingriff — also das gezielte Zufügen eines mächtigen, neuen Einflussmittels von aussen — den natürlichen Ablauf eines Massenwechsels nachhaltig verändern oder gar zerstören? Wie stabil ist also der Massenwechsel?
2. Ergeben sich aus dem Versuch Hinweise auf bestimmte Veränderungen im ganzen Beziehungsgefüge der natürlichen Kräfte und Gegenkräfte?
3. Kann der Versuch neue Hinweise geben über den Flug der Lärchenwickler-Falter im lokalen Rahmen?
4. Wie reagiert die Umwelt (des Lärchenwicklers) auf diese Eingriffe? Lassen sich erwünschte oder schädliche Nebenwirkungen nachweisen? Können wir aus diesen über lange Zeit beobachteten Versuchen neue sachliche Unterlagen für die allgemeine Diskussion gewinnen?

Gleichzeitig erstrebten wir die Beantwortung der zwei *praktischen Fragen*:

5. Kann ein einmaliger, starker Eingriff in die Populationsbewegung des Lärchenwicklers, kurz vor Ausbruch der Schäden, deren Auftreten für einen ganzen Massenwechsel verhindern oder mindestens auf ein erträgliches Mass herabsetzen?

6. Könnte man in einem solchen Falle und beim Ausbleiben schwerwiegender Nebenwirkungen die Anwendung chemischer Bekämpfungsmittel — in Zeitabständen von jeweils 7 bis 10 Jahren — grundsätzlich und wirtschaftlich verantworten?

Die finanziellen Mittel für den Versuch und seine Kontrolle stellten uns zur Verfügung: der *Eidgenössische Fonds zur Förderung der Holzforschung*, die *Eidgenössische Technische Hochschule* aus Spezialkrediten, die *Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen* sowie die Kantone *Wallis* und *Graubünden*. Die Industriegruppen *Ciba AG* und *Geigy AG*, Basel, lieferten die Spritzmittel sehr stark verbilligt und stellten zwei erfahrene Feldberater in den Versuchsstab. Die *Eidgenössische Militärverwaltung* unterstützte uns bereitwillig mit Gehilfen, Fahrzeugen und Pumpen. Für alle Hilfen danken wir herzlich.

Um gewissen polemischen Tönen bei solchen Versuchen vorzubeugen oder nachträglich zu entgegnen, stellen wir zwei Tatsachen ausdrücklich klar: Wir, die Planer der Versuche, haben die chemische Industrie um ihre Mithilfe gebeten. Diese Hilfe erhielten wir völlig bedingungslos. Von dieser unbeschränkten Freiheit machen wir auch in dieser Veröffentlichung Gebrauch.

2. Mittel und Verfahren

Für die Durchführung der Versuche wählten wir die Wälder im *Goms*, dem obersten Teil des Rhonetales, Kanton Wallis. Hier besaßen wir bereits seit 1958 auf rund 2630 ha Wald die quantitativen Angaben über die Populationsbewegung. Sie liessen für 1963 das Auftreten erster ausgedehnter Schäden voraussagen. Das Gebiet war gross genug für einen praxisgerechten Versuch, der nicht schon innert eines Jahres durch lokalen Falterflug gestört werden konnte.

Bei der Feinplanung des Versuches bot sich uns unerwartet die Möglichkeit, neben dem bekannten Schutzmittel DDT noch einen zweiten Wirkstoff einzusetzen, nämlich den Phosphorsäureester *Phosphamidon*, im Handel unter dem Namen *Dimecron* bekannt. Es war aber nicht unser Ziel, nebenbei auch noch die Wirksamkeit dieser zwei Mittel zu vergleichen. Beide mussten dem Hauptziel dienen, nämlich mit hoher Wahrscheinlichkeit mindestens 90 Prozent der Lärchenwickler-Raupen *sofort* zu vernichten. Für DDT war uns die nötige Wirkstoffkonzentration gegen den Lärchenwickler aus früheren Kleinversuchen bekannt. Für Phosphamidon mussten wir sie neu bestimmen. Erste Anhaltspunkte gab ein Pilotversuch im Labor von G. Benz (interner Bericht). Anschliessend prüften wir auf je 1 ha Wald mit Helikoptereinsatz drei verschiedene Konzentrationen und konnten so die nötige *Wirkstoffmenge* genügend genau eingabeln. Auf diesen Grundlagen wählten wir folgende Dosierungen:

1. 2 Liter «Dimecron 50» (Konzentration 50 Prozent) in 30-Liter-Emulsion je Hektare (= 1,00 kg Phosphamidonwirkstoff je Hektare Wald);

2. 5 Liter DDT (Konzentration 25 Prozent) in 30-Liter-Emulsion je Hektare (= 1,25 kg DDT-Wirkstoff je Hektare Wald).

Phosphamidon schien uns gegenüber DDT zwei erwünschte Vorteile zu bieten: Der Wirkstoff wird in der Natur innert 10 bis 14 Tagen in kaum schädliche Teile abgebaut. Als sogenannt «systemisches» Mittel verbreitet er sich über den Saftstrom und erhöht damit die Trefferwahrscheinlichkeit für alle Kronenteile bei Helikopteranwendung. Dies schien besonders für den Einsatz im steilen Gebirgswald bedeutsam.

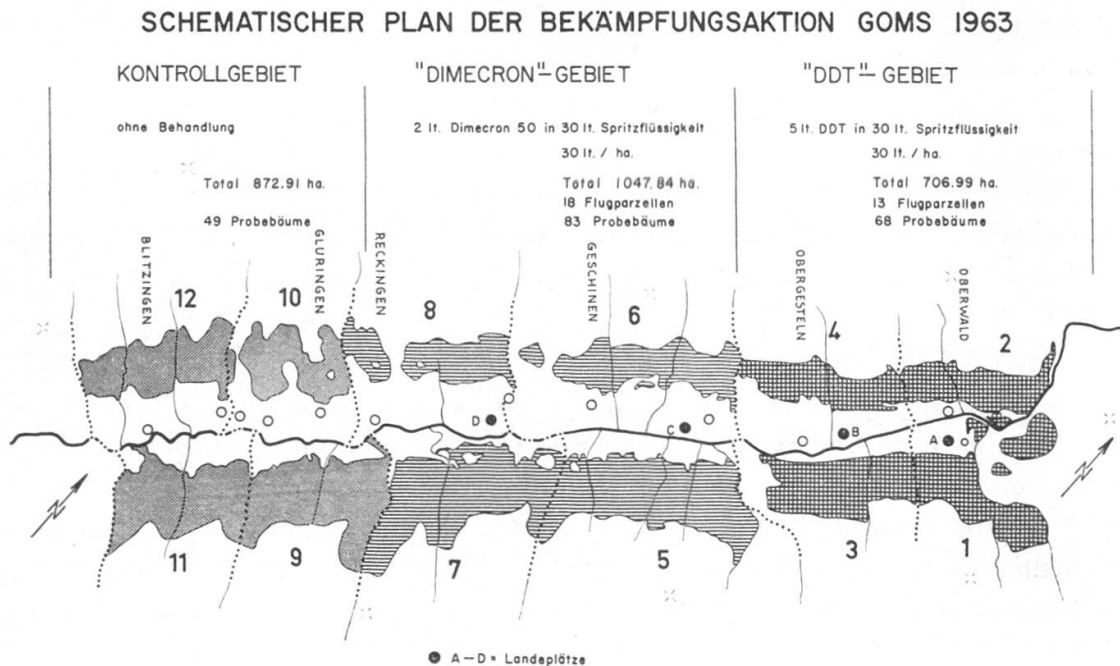


Abbildung 1. Der Versuchsplan Goms 1963.

Der *Versuchsplan* ist in Abbildung 1 vorgestellt. Um den möglichen Faltereinflügen die kleinste Störmöglichkeit zu bieten, legten wir die beiden behandelten Gebiete nebeneinander an den oberen Talabschluss des Goms. Jedes behandelte und unbehandelte Gebiet ist nach Talabschnitt und Talseite in je 4 Teilgebiete (Nummern 1 bis 12) unterteilt. Diese selbst sind weiter nach befliegungstechnischen Eigenschaften — gute Übersicht, leicht und sicher erkennbare Grenzen — in kleinere Einheiten aufgelöst. Schliesslich legten wir bei 1600 m ü. M. allgemein eine Höhenzonengrenze fest, die eine Anpassung des Flugplanes an die zeitlich verzögerte Entwicklung des Lärchenwicklers erlaubte. So entstanden die in Abbildung 1 angegebenen insgesamt 31 *Flugparzellen*. Sie waren die praktischen Einheiten des *Spritzplanes*. Mittels der drei vorgegebenen Grundgrössen: planimetrierte Waldfläche auf topographischer Karte 1 : 10 000, 30 l Spritzemulsion je Hektare und 150 bis 200 l Helitankfüllung (je nach Metern über Meer), berechneten wir die Soll-

Zahl der Flüge pro Flugparzelle und grössere Einheiten. Abweichungen von diesem Plan entschieden wir sofort bei der Arbeit, je nach dem Ergebnis der dauernden Flugüberwachung. Für die Beobachtung der Flugarbeit bieten steile Bergwälder erhebliche Vorteile, weil man immer einen guten Übersichtspunkt finden kann. Die akrobatischen Piloten der Heliswiss AG meisterten alle Schwierigkeiten mit begeisternder Zuverlässigkeit.

Der *Kontrollplan* ist dem Versuchsplan überlagert. Die forsteinrichtungstechnische Vollaufnahme aller Wälder, unterteilt in kleine Abteilungen, bot für jede Flugparzelle genügend genaue Angaben über die vorhandene Anzahl Lärchen mit BHD über 16 cm. Proportional zu dieser Stammzahl verteilten wir insgesamt 200 Probebäume auf die Flugparzellen (oder Teilgebiete/forstliche Abteilungen im unbehandelten Gebiet). Innerhalb dieser Einheiten des geschichteten Stichprobenplanes bestimmten wir die Lage des einzelnen Probebaumes in zufälliger Wahl auf neuen Landeskarten 1 : 10 000. So entstand eine zufällige, gewogene Verteilung von 200 Probebäumen über das ganze Gebiet. Diese Bäume wurden im Wald mit den Nummern 1 bis 200 in der Borke bezeichnet. Von jedem Probebaum sammelten wir zufällig aus der ganzen Krone 1 kg Zweige (Frischgewicht) mit höchstens 5 bis 6 mm Durchmesser. Dies waren die Stichproben zur Kontrolle der Lärchenwickler-Dichteveränderungen.

1964 und 1965 erhöhten wir die gesamte Probebaumzahl auf 400 und verteilten sie in einem *regelmässigen*, als Ganzes zufällig über die Wälder gelegten Stichprobennetz. Dieser Plan erlaubte zusätzliche Einblicke in mögliche Falterflugwirkungen. Leider verkleinerten wir ab 1967 die Stichprobenzahl wieder auf 200. Dadurch verloren wir in den Tiefpunktjahren 1966 bis 1968 wertvolle Ergebnisse.

Als *Masseinheit* für unsere Dichteschätzungen und -vergleiche wählten wir die Anzahl Lärchenwickler-Raupen je 1,0 kg Zweigfrischgewicht, für grössere Stichprobenplaneinheiten den gewogenen Durchschnittswert (\bar{y}). Es sind dies sogenannte *relative Dichten*.

Die *Durchführung* des Versuches musste zeitlich auf zwei Umstände abgestimmt werden: 1. so früh als möglich, wo zwar alle Räumchen geschlüpft, die frühesten aber doch noch keinen sichtbaren Frass-Schaden verursachten; 2. die (uns damals bekannten, wichtigsten) Parasiten noch nicht in grosser Zahl schwärmten. W. Baltensweiler gab uns aus seinen Feldbeobachtungen die nötigen Hinweise. In zwei zeitlich getrennten Einsätzen benötigten wir für die Behandlung der 1755 ha Wald 11 Tage, 404 Spritzflüge und 60 060 l Spritzemulsionen.

Zur unmittelbaren Erfolgskontrolle 1963 führten wir zwei Stichprobenerhebungen durch, die erste unmittelbar (1 bis 2 Tage) vor der Spritzung, die zweite — mit Rücksicht auf das langsamer wirkende Phosphamidon zeitlich und lokal abgestimmt — 10 bis 12 Tage nach der Behandlung, auf den glei-

chen Probebäumen. Ab 1964 erfassten wir die Lärchenwickler-Dichten nur durch eine einmalige Stichprobe.

3. Ergebnisse

3.1 Sofortige Wirkungen auf den Lärchenwickler

Schon wenige Minuten nach dem Überflug des sprühenden Helikopters begann ein völlig ungewohntes allgemeines Abspinnen der Lärchenwickler-Raupen von den Bäumen. An dieser offensichtlichen Flucht beteiligten sich alle Stadien. Sie verendeten alle innert kurzer Zeit. Die Wirkung setzte also sehr rasch ein. Sie erreichte schon nach wenigen Stunden einen sehr hohen Grad und nahm später nur noch verlangsamt zu.

Das Ergebnis der Stichprobenerhebungen für die drei Versuchsgebiete, unterteilt nach Teilgebieten, ist in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1. Ergebnis der unmittelbaren Erfolgskontrollen 1963

\bar{y} = gewogene, durchschnittliche Anzahl Lärchenwickler/1 kg Zweige

Behandlung	Teilgebiete	Anzahl Probebäume	Anzahl Lärchenwickler				\bar{y}_2/\bar{y}_1	Erzielte Mortalität in Prozent
			Vor Behandlung \bar{y}_1	$SF\bar{y}$	Nach Behandlung \bar{y}_2	$SF\bar{y}$		
mit DDT	1	22	165,318	21,764	3,591	0,975	0,022	
	2	10	67,900	30,141	17,100	10,070	0,102	
	3	24	165,458	28,380	4,417	2,502	0,027	
	4	12	251,083	30,823	0,750	0,304	0,003	
	Σ	68	181,089	14,119	5,378	1,764	0,0297	97,03
mit Phosphamidon	5	35	124,343	13,031	5,542	2,144	0,045	
	6	17	220,882	61,811	7,941	3,991	0,036	
	7	21	103,524	14,427	17,143	6,311	0,166	
	8	10	94,200	18,028	20,500	8,937	0,218	
	Σ	83	135,563	14,631	10,791	2,280	0,0796	92,04
unbehandelt	9	15	117,133	26,617	151,600	48,915	1,294	
	10	7	104,429	30,028	82,429	25,095	0,789	
	11	13	104,000	25,011	120,000	24,981	1,154	
	12	14	202,214	45,938	184,786	42,646	0,914	
	Σ	49	135,298	17,129	141,828	20,344	1,0483	0,00
Total	1—12	200	151,132	8,798	40,958	5,096		

Im unbehandelten Kontrollgebiet kann man beispielsweise zwischen der ersten und zweiten Entnahme keine statistisch gesicherten Unterschiede der Lärchenwickler-Dichte nachweisen. In den beiden behandelten Gebieten sank sie dagegen innerhalb der gleichen Zeit auf nur 8 Prozent bzw. nur

2 Prozent des Ausgangswertes ab. Diesen Unterschied haben mit Sicherheit die eingesetzten Wirkstoffe verursacht. Nach Tabelle 1 entsteht somit folgende Vergleichsreihe:

Gebiet	Relative Dichteabnahme der Lärchenwickler-Raupen innerhalb 10 bis 12 Tagen
unbehandelt	0 Prozent der Anfangsdichte
Phosphamidon	92 Prozent der Anfangsdichte
DDT	97 Prozent der Anfangsdichte

In diesen Zahlen sind die späteren Nachwirkungen der Mittel in der gleichen Lärchenwickler-Generation bis zum Falter nicht enthalten. Darüber fehlen uns zuverlässige und genügende Angaben.

Die sofortige Wirkung auf die Raupenstadien war in beiden Fällen versuchstechnisch genügend hoch. Die Lärchenwickler-Dichte sank nach dem Eingriff überall auf ein weit unter der Schadensschwelle liegendes Mass ab. Im Behandlungsgebiet traten daher 1963 praktisch keine Schäden auf. Die unbehandelten Wälder dagegen färbten sich grossflächig braun. *Für eine Lärchenwickler-Generation war somit das praktische Ziel erreicht.*

Tabelle 2. Ergebnis der Dichteschätzungen für den Beobachtungszeitraum 1958—1972

\bar{y} = gewogene, durchschnittliche Anzahl Lärchenwickler/1 kg Zweige

Jahr	Σ	unbehandeltes Gebiet			Dimecrongebiet			DDT-Gebiet		
	Pr. B.	\bar{y}	$SF\bar{y}$	RP	\bar{y}	$SF\bar{y}$	RP	\bar{y}	$SF\bar{y}$	RP
1958	195	0,020	0,020		0,031	0,020		0,065	0,022	
1959	200	0,026	0,020	1,300	0,121	0,044	3,903	0,122	0,048	1,877
1960	200	0,307	0,094	11,808	0,481	0,097	3,975	0,547	0,143	4,484
1961	199	0,576	0,126	1,876	2,202	0,321	4,578	2,139	0,264	3,910
1962	204	3,932	0,634	6,826	11,376	1,515	5,166	15,860	1,508	7,415
1963*	200	135,298	17,129	34,409	135,563	14,631	11,917	181,089	14,119	11,418
1963**	200	141,828	20,344	—	10,791	2,280	—	5,378	1,764	—
1964	400	245,870	13,810	1,734	161,550	11,170	14,971	103,090	6,470	19,169
1965	400	1,976	0,190	0,008	2,347	0,361	0,014	6,436	0,555	0,062
1966	400	0,015	0,011	0,008	0,018	0,010	0,008	<0,009	<0,009	<0,002
1967	200	<0,015	<0,015	—	0,061	0,030	3,389	<0,019	<0,019	—
1968	200	<0,015	<0,015	—	0,056	0,025	0,933	<0,019	<0,019	—
1969	200	0,031	0,022	2,067	0,326	0,091	5,821	0,050	0,040	2,632
1970	200	0,444	0,135	14,323	2,884	0,395	8,847	0,646	0,172	12,920
1971	197	3,729	0,438	8,399	12,943	1,764	4,488	11,504	1,008	17,808
1972	200	62,317	4,326	16,712	86,397	11,716	6,675	75,119	6,928	6,530

RP = Relative Progression = $\bar{y}_i / \bar{y}_{i-1}$

< = Werte kleiner als angegebene Zahl, aber numerisch nicht näher erfasst

* = vor Behandlung

** = nach Behandlung

Andererseits zeigte ein Vergleich mit den Schätzwerten der Versuchsvorbereitungszeit (1958/62), dass die Lärchenwickler-Populationen durch diesen sehr harten Eingriff bei weitem noch nicht vernichtet waren. An der bisherigen beobachteten Dichteveränderung gemessen, hatte man die natürliche Entwicklung bloss um *ein* Jahr zurückversetzt (Tabelle 2).

Damit war das Ergebnis in diesem Moment also keinesfalls abschliessend beurteilbar. Diese Erfahrung hat wahrscheinlich eine recht breite Gültigkeit für forstlich-entomologische Bekämpfungsaktionen.

3.2 *Nachwirkungen auf die Lärchenwickler-Populationen*

Kein vergleichbares Beispiel erlaubte uns eine annähernde Schätzung der Entwicklungen von einem Jahr zum folgenden. Die Stichprobenpläne mussten vielen möglichen Fällen genügen, deshalb die Erhöhung der Probebaumzahl 1964 auf 400. Das regelmässige Stichprobennetz sollte räumliche Überwachungslücken ausschliessen. (Je 6,57 ha Wald ein Probebaum.)

Für 1964 zum Beispiel standen zwei gegensätzliche Erwartungen im Gespräch: eine weitere Abnahme der Populationen, weil die Parasiten auf den tiefen Restbeständen 1963 noch vermehrt zur Wirkung gekommen waren; ein Wiederanstieg, weil die behandelten Wälder 1963 keinen nennenswerten Schaden erlitten hatten.

Das tatsächliche Schätzergebnis bestätigte einen erwarteten, verlangsamten Anstieg der unbehandelten Population. Viel stärker und in solchem Ausmass kaum erwartet, stieg die Populationsdichte aber auch in den behandelten Gebieten wieder an (Tabelle 3), innert einer einzigen Lärchenwickler-Generation wieder auf den Stand vor Versuchsbeginn. Bezeichnenderweise vermochten die beiden behandelten Populationen ihren Rückstand auf die unbehandelte doch nicht aufzuholen. Er lag nach wie vor etwa in der Zeitspanne eines Jahressprunges.

Wissenschaftlich wie praktisch von besonderer Bedeutung ist die Beobachtung, dass der Wiederanstieg der Population im DDT-Gebiet im Durchschnitt nur noch knapp an die kritische Lärchenwickler-Dichte heranführte, wo Schäden in der Regel äusserlich sichtbar werden. Im Phosphamidgebiet dagegen wurde diese Schwelle durchweg überschritten. Das *Schadenbild* (Abbildung 2) bestätigt dieses Ergebnis. Im ganzen DDT-Gebiet waren nur bei genauer Kontrolle Schäden erkennbar. Der Tourist beachtete sie meist wohl überhaupt nicht.

Im einzelnen kann man für das Ausmass des Dichteanstieges zwischen 1963 und 1964 eine klare Gesetzmässigkeit nachweisen, nämlich: Je tiefer die Ausgangsdichte 1963 war, um so stärker ist sie bis 1964 angestiegen. Diese Beziehung ist in Abbildung 3 dargestellt. Sie wird besonders deutlich, wenn man dort die Angaben der natürlichen Dichtewerte betrachtet. Noch ein anderer Hinweis aus der Dichteschätzung wird durch die unabhängige Schadenkartierung bestätigt: Gegen das unbehandelte Gebiet hin steigt die

Tabelle 3. Schätzergebnis der Lärchenwickler-Dichte 1964

\bar{y} = gewogene, durchschnittliche Anzahl Lärchenwickler/1 kg Zweige

Behandlung	Teilgeb.	Anzahl Pr. B.	\bar{y}	$SF\bar{y}$	$\bar{y}_{64}/\bar{y}_{63}^*$
mit DDT	1	32	62,781	8,251	17,483
	2	29	136,069	14,129	7,957
	3	32	83,188	9,745	18,834
	4	15	187,067	24,131	249,423
	Σ	108	103,092	6,468	19,169
mit Phosphamidon	5	63	116,523	15,482	21,022
	6	34	155,353	27,959	19,563
	7	36	226,861	25,301	13,233
	8	26	192,962	24,587	9,413
	Σ	159	161,550	11,171	14,970
unbehandelt	9	37	202,649	28,110	1,337
	10	23	285,043	31,518	3,458
	11	39	244,615	23,662	2,038
	12	34	272,412	26,949	1,474
	Σ	133	245,875	13,809	1,733
Total	Σ	400	162,082	6,125	31,806

* \bar{y}_{63} nach Behandlung

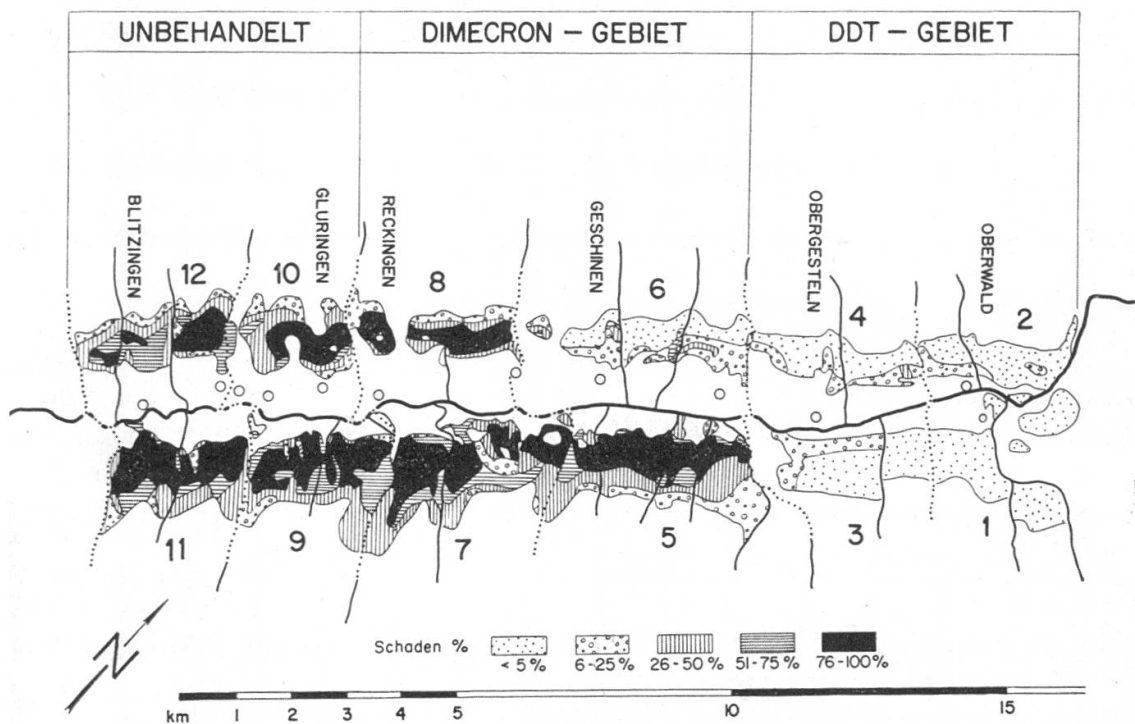


Abbildung 2. Ergebnis der Schadenkartierung 1964

Populationsdichte auf beiden Talseiten an, dehnen sich die schweren Schäden aus. Darin scheint sich eine Wirkung von *Falterflügen* anzudeuten. Über die Eigenschaften des regelmässigen Stichprobennetzes kann man diesen Hinweis näher prüfen. Ordnet man die Durchschnittswerte für die einzelnen Teilgebiete nach ihrem Abstandsschwerpunkt vom taluntersten Ende unseres Versuchsgebietes in der Talrichtung, so ergibt sich Abbildung 4. Auf der Sonnen- wie auf der Schattenseite (= linke Talseite) sinken die Lärchenwickler-Dichten vom unbehandelten über Phosphamidon- zum DDT-Gebiet stark ab. Für diese Abnahme mit der Distanz vom Kontrollgebiet kann man zwei stark gesicherte lineare Beziehungen berechnen.

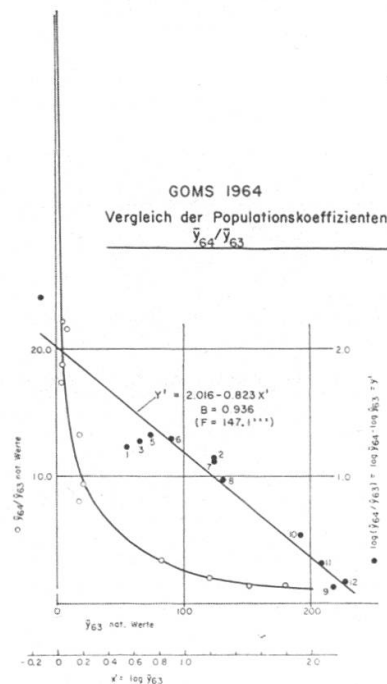


Abbildung 3. Vergleiche der relativen Dichtezunahmen von 1963 auf 1964 für die einzelnen Teilgebiete nach Abbildung 1 (y_{64}/y_{63}). Die logarithmischen Werte wurden für die Berechnung der linearen Beziehung benutzt.

Sehr wahrscheinlich ist somit bereits im ersten Jahr ein gewisser Faltereinflug aus dem unbehandelten Gebiet aufgetreten, der besonders das Phosphamidongebiet traf. Wir können aber nicht mit Sicherheit entscheiden, ob der geringere Faltereinflug ins entferntere DDT-Gebiet oder die ursprünglich gesichert stärkere DDT-Wirkung den Wiederanstieg der Population gebremst haben. Wahrscheinlich waren beide Ursachen beteiligt.

Auch nach dem Ergebnis des Jahres 1964 durften wir die Kontrolle noch nicht unterbrechen. Einigermassen sicher vorausszusehen für 1965 war nur der Zusammenbruch der unbehandelten Population.

Für 1965 übernahmen wir daher Prinzip und Umfang des Stichprobenplanes 1964. Das Ergebnis der Dichteschätzungen ist in Tabelle 4 gegeben:

In allen drei Versuchsgebieten sanken die Populationen *gleichzeitig* katastrophal ab. Damit war die Gefahr einer Beschädigung der Lärchenbestände endgültig gebannt. Für das DDT-Gebiet hatten wir das praktische Ziel über einen ganzen Massenwechsel erreicht, das heisst mindestens für 8 bis 10 Jahre.

GOMS 1964

DS LW-BEFALL in Tal-Längsrichtung

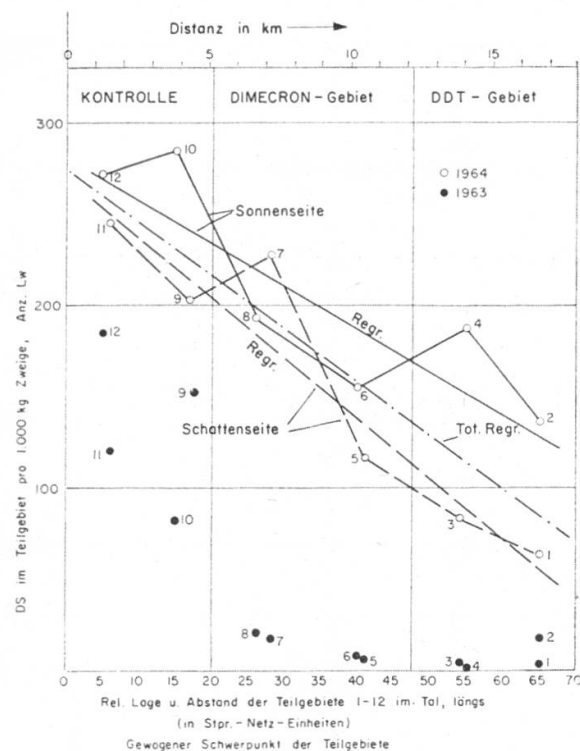


Abbildung 4. Die gewogene, durchschnittliche Lärchenwickler-Dichte pro Teilgebiet 1963, nach Behandlung, und 1964. Dieser Vergleich scheint deutlich auf einen Einflug gesunder Falter aus dem unbehandelten Gebiet hinzudeuten. Die Dichteabnahme greift als Ausflugswirkung auch ins Kontrollgebiet über.

Es wurde nun rein versuchstechnisch die Frage akut: Kann man überhaupt noch eine Versuchsnachwirkung sicher erkennen? Aus der näheren Untersuchung der Ergebnisse darf man diese Frage eindeutig bejahen. Die Nachwirkungen sind dabei aber wohl hauptsächlich indirekter Art.

So ergibt sich zum Beispiel wieder eine eindeutige, statistisch gesicherte Beziehung zwischen Ausgangsdichte 1964 und Enddichte 1965: Je höher die Dichte 1964, um so tiefer sank sie innerhalb eines Jahres ab. Die Beziehung ist also genau umgekehrt als 1963/64. Sie ist in Abbildung 5 dargestellt.

Tabelle 4. Schätzergebnis der Lärchenwickler-Dichte 1965

y = gewogene, durchschnittliche Anzahl Lärchenwickler/1 kg Zweige

Behandlung	Teilgeb.	Anzahl Pr. B.	\bar{y}	$SF\bar{y}$	$\bar{y}_{65}/\bar{y}_{64}$
mit DDT	1	32	7,719	0,966	0,123
	2	29	4,310	0,757	0,032
	3	32	5,344	0,857	0,064
	4	15	8,067	1,843	0,043
	Σ	108	6,436	0,555	0,062
mit Phosphamidon	5	63	1,540	0,279	0,013
	6	34	6,353	1,587	0,041
	7	36	1,111	0,275	0,005
	8	26	0,808	0,175	0,004
	Σ	159	2,347	0,361	0,014
unbehandelt	9	37	1,595	0,261	0,008
	10	23	1,739	0,356	0,006
	11	39	0,974	0,271	0,004
	12	34	3,500	0,529	0,013
	Σ	133	1,976	0,190	0,008
Total		400	3,660	0,246	0,023

In Abbildung 6 ist die örtliche Verteilung der relativen Lärchenwickler-Dichte erkennbar, vereinfacht dargestellt für wachsende Klassenbreiten der Anzahl Lärchenwickler je 1,0 kg Zweige (Probebaum). Auch die «weissen» Waldflächen in Abbildung 6 sind gleich dicht mit Stichprobenbäumen besetzt, aber ohne Fundresultate.

Einen weiteren sachlichen Hinweis auf immer noch bestehende Unterschiede zwischen den drei Populationen gibt die *Häufigkeit des Auftretens der Lärchenwickler-Raupen* auf kleinem Raum (1,0 kg Zweige = etwa 50 m¹), zum Beispiel innerhalb eines Baumes. Sie ist bestimmten Gesetzmässigkeiten unterworfen, folgt bei geringer Dichte der negativen Binomialverteilung und nähert sich bei hoher Dichte der Normalverteilung. Abbildung 7 vergleicht die Häufigkeitsverteilung der Stichproben nach Anzahl Lärchenwickler je 1,0 kg Zweige für die Versuchsgebiete. Sie sind zweifellos systematisch verschieden.

Für 1966 war eine fortgesetzte, starke Abnahme in den drei Gebieten zu erwarten. Eine Verminderung der Probebaumzahl war daher nicht ratsam, um die sehr niedrige Lärchenwickler-Dichte überhaupt noch zu erfassen. Dies gelang tatsächlich noch im unbehandelten und im Phosphamidongebiet. Im DDT-Vergleichsgebiet sank die Dichte unter den Empfindlichkeitsbereich des Stichprobenplanes. Wir konnten sie daher nicht mehr in bestimmtem Wert angeben.

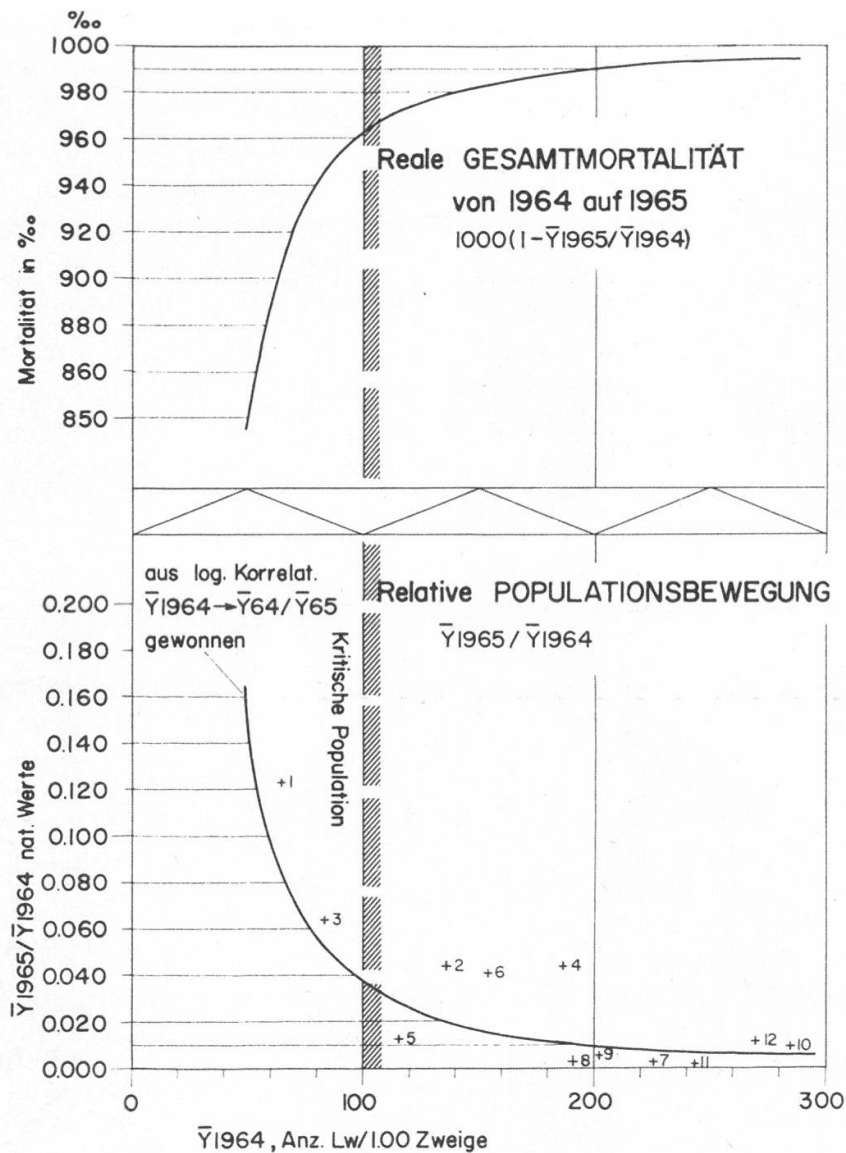


Abbildung 5. Vergleich der relativen Dichte-Abnahmen von 1964 auf 1965 ($\bar{y}_{65}/\bar{y}_{64}$). Umgekehrter Fall von Abbildung 3.

Eine sichere Nachwirkung war nicht mehr erkennbar. Sie schien uns damit damals abgeklungen. Im Vergleich mit den Lärchenwickler-Dichten 1958 erschien uns ausserdem der 1966 erreichte Populationsstand als vermutlicher regionaler Massenwechsel-Tiefpunkt.

Aus solchen Überlegungen und um Kosten zu sparen, verminderten wir die Probebaumzahl *nach* 1966 wieder auf 200. Das war offensichtlich ein Fehlentschluss. 1967 und 1968 gerieten so noch weitere vier Werte in den unbekannten Bereich unter der Empfindlichkeitsgrenze des Stichprobenplanes. Erst 1969 erfassten die Schätzungen wieder alle drei Populationen klar (Abbildung 8). Sie ergaben ein unerwartetes Verhältnis zwischen den Gebietspopulationen. Im Vergleich zum Phosphamidongebiet der Vorversuchszeit lag die Dichte im DDT-Gebiet bedeutend zu tief. Ohne künstlichen Ein-

griff eilt normalerweise die Populationsentwicklung der obersten Talgebiete allen anderen eher voran, bestätigt durch die Beobachtungen auch in den 5 übrigen Hauptuntersuchungsgebieten längs des Alpenbogens. Die beschleunigte lokale Dichtezunahme im DDT-Gebiet von 1969 bis 1971 ist eine weitere Bestätigung dieser Erwartung. Erst 1971 haben die lokalen Populationen ihr «normales» gegenseitiges Verhältnis wieder erreicht. Mit recht hoher Wahrscheinlichkeit dürfen wir daher annehmen, dass die einmalige Behandlung 1963 die Massenbewegung bis 1971 — in abklingendem Masse — nachwirkend beeinflusst hat, also über 8 Jahre. Diese Annahme wäre zweifellos besser belegt, wenn die 5 Werte zwischen 1966 und 1968, welche unter der Versuchsempfindlichkeitsgrenze lagen, ebenfalls zahlenmässig erfasst worden wären (höhere Anzahl Probebäume). Der mutmassliche Verlauf für diesen Fall ist in Abbildung 8 angedeutet.

DETAIL – BEFALLSBILD 1965

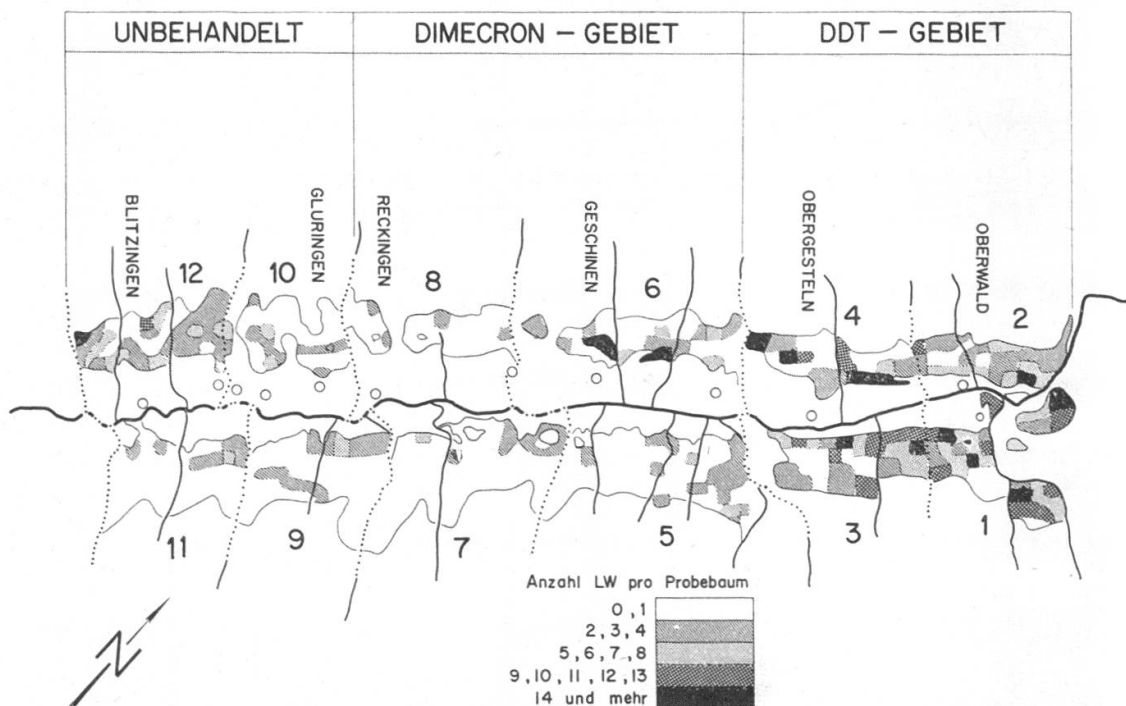


Abbildung 6. Lokale Verteilung der Lärchenwickler-Dichten (nach Klassen zusammengefasst) im Untersuchungsgebiet 1965; regelmässiges Stichprobennetz.

3.3 Nebenwirkungen der chemischen Mittel

Eine Gesamtwertung des Versuches schliesst auch eine Beurteilung aller erkennbaren Nebenwirkungen ein. Darunter sind alle Wirkungen ausserhalb des eigentlichen Versuchszieles (Lärchenwickler) verstanden. Die Einschränkung «erkennbar» soll darauf hinweisen, dass wir 1963 nicht für eine sehr breite Versuchskontrolle ausgerüstet waren. Immerhin sind uns doch keine

schwerwiegenden Nebenwirkungen unbemerkt geblieben, aber wahrscheinlich einige grundsätzliche Beobachtungsmöglichkeiten entgangen, um die wir froh wären. Manche heute im Blickfeld der Forschungsarbeiten liegenden Probleme waren damals noch gar nicht bekannt. Ihr nachträglicher Einbau ohne genügend zuverlässige Unterlagen bliebe Theorie.

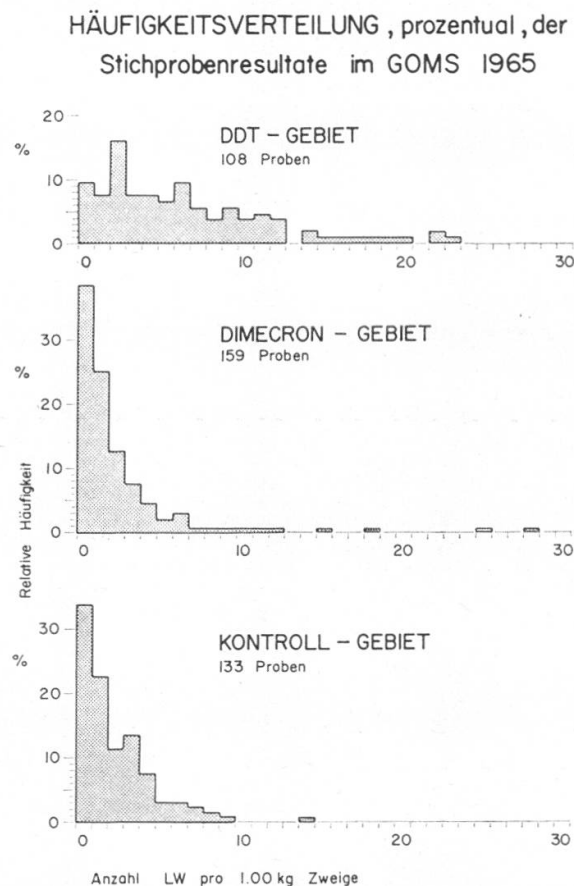


Abbildung 7. Vergleich der prozentualen Häufigkeiten der Anzahl Lärchenwickler/1 kg Zweige in den drei Gebieten. Abszisse: Anzahl Lärchenwickler/kg; Ordinate: Häufigkeit in Prozenten.

Gleichzeitig mit dem Lärchenwickler leben noch zahlreiche andere Arten in Larvenform auf den Lärchen. Sie sind nachfolgend allgemein als *Begleitarten* bezeichnet. Zum Teil sind es zwar nicht einzelne Arten, sondern zusammengefasste Artengruppen. Diese Begleitarten werden bei der Stichprobenuntersuchung miterfasst. Wir können daher ihre Dichteveränderungen über den gleichen Zeitraum wie beim Lärchenwickler verfolgen und darin die Wirkungen der chemischen Eingriffe beurteilen.

Die sofortige Wirkung ist in Tabelle 5 zusammengestellt. Im Vergleich zum Lärchenwickler müssen in der Beurteilung der Wirkung zwei bedeutsame Umstände berücksichtigt werden: Dosierung und Zeitpunkt der Behandlung im Versuch sind einzig auf den Lärchenwickler abgestimmt. Sie

LW - POPULATIONS - BEWEGUNG DER 3 VERSUCHSGEBIETE, GOMS

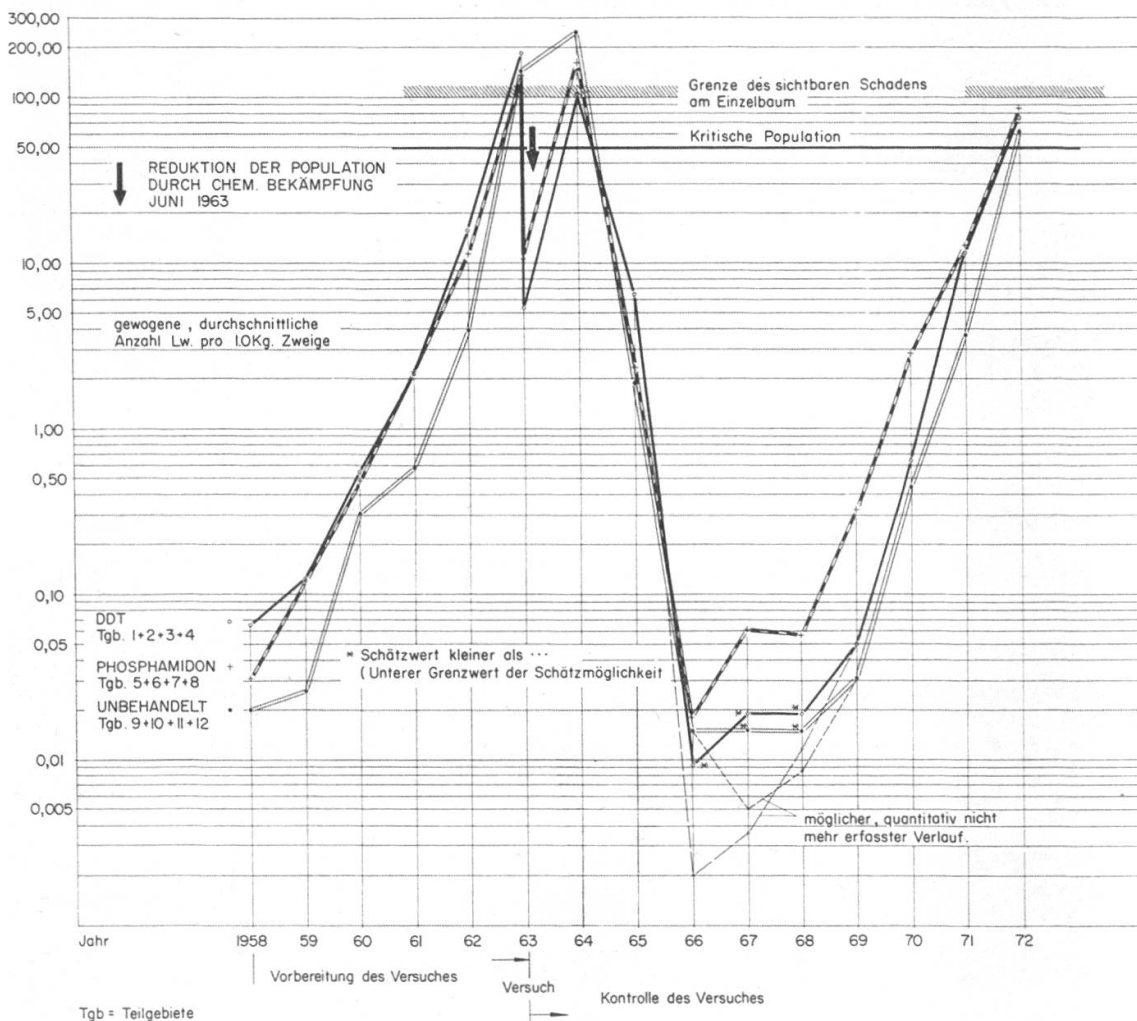


Abbildung 8. Überblick des beobachteten Massenwechselverlaufes in den drei Gebieten von 1958 bis 1972. 1963 sind die Dichtewerte vor und nach der Behandlung angegeben.

müssen also nicht unbedingt zugleich für alle anderen Arten im wirkungsgünstigsten Einsatzbereich liegen.

Jede in der Zeit begrenzte Aufnahme aller vorhandenen Arten ergibt zwangsläufig nur einen kurzfristig gültigen Wert für die Artdichten und ihre Anteile am Ganzen. Daher ist durchaus verständlich, wenn die beiden Aufnahmen im unbehandelten Wald schon für 10 bis 12 Tage Zeitunterschied verschiedene Ergebnisse erbrachten. Alle Arten haben zwar — unterschiedlich — abgenommen, als Gesamtes betrachtet etwa um 20 Prozent. Das weist doch darauf hin, dass wir den Versuch in der Hauptfrassperiode auch dieser sehr vielgestaltigen Artengesamtheit durchführten. In den behandelten Wäldern war der Rückgang während der gleichen Zeitperiode ebenfalls sehr artverschieden, aber doch bedeutend grösser: 60 Prozent im Phosphamidon- und 75 Prozent im DDT-Gebiet.

Tabelle 5. Wirkung der Behandlung auf die Larven von Begleitinsekten
(Totale Anzahl Individuen auf 200 Probebäumen = 200 kg Zweige)

<i>Species</i> <i>Artengruppen</i>	<i>DDT-Gebiet</i>		<i>Dimecron-Gebiet</i>		<i>unbehandelt</i>	
	<i>vor</i> <i>Behand-</i> <i>lung</i>	<i>nach</i> <i>Behand-</i> <i>lung</i>	<i>vor</i> <i>Behand-</i> <i>lung</i>	<i>nach</i> <i>Behand-</i> <i>lung</i>	<i>vor</i> <i>Behand-</i> <i>lung</i>	<i>nach</i> <i>Behand-</i> <i>lung</i>
Spil. laricana	24	3	12	1	8	0
Tel. saltuum	26	15	20	13	26	6
Exap. duratella	82	43	101	46	43	37
Ptych. aeriferanus	7	1	6	6	4	16
Opor. autumnata	224	19	736	234	304	227
and. Spanner	9	1	6	8	0	5
Blattwespen	30	6	30	9	20	35
Syrphiden	31	19	27	2	17	9
Div. Paras. cocons	0	0	0	25	4	4
Σ	433	107	938	319	426	339
Prozent	100	25	100	34	100	80

Die natürlichen Dichteveränderungen dieser Arten und Artengruppen sind völlig anderer Art als beim Lärchenwickler. Vor allem bleibt ihre Dichte dauernd weit unterhalb einer Schwelle sichtbarer, grösserer Schäden. Dennoch erfahren auch sie kurzfristige Veränderungen, die jene beim Lärchenwickler sogar übertreffen. Nur folgen sich Zu- und Abnahme sehr kurzfristig und vorherrschend in zufälliger Folge. Daher entsteht kein sogenannt zyklischer Massenwechsel wie beim Lärchenwickler oder dann nur sehr gedämpfter Art und praktisch kaum als Welle erkennbar. Die Bewegungen der einzelnen Arten und Artengruppen sind sehr oft gegenläufig, und es entsteht so ein stets wechselndes Artanteilmild, das sich nie genau wiederholt. Die Wirkungen und Folgen eines scharfen, in diesem Betrachtungsrahmen nicht sehr auslesend wirksamen chemischen Eingriffes sind daher von allgemeiner Bedeutung in der heutigen Umweltschutzbewegung. Abbildung 9 gibt eine solche Wertungsmöglichkeit für den oberen Gebirgswaldgürtel. Zusammengefasst ergibt sich aus den Beobachtungen:

- Fast ausnahmslos alle erfassten Insektenlarven wurden durch die beiden chemischen Mittel geschädigt, mit artverschiedener Häufigkeit. DDT wirkte eher stärker als Phosphamidon.
- Trotz oft starker Dichtereduktion (über 90 Prozent) war keine Art in ihrem Fortbestand überhaupt je gefährdet. Fast alle Begleitarten haben auf die Behandlung mit einem sofortigen und oft besonders starken Dichteanstieg schon im folgenden Jahr geantwortet.
- Längstens nach 2 bis 3 Jahren waren gar keine Nachwirkungen mehr erkennbar.
- Auf diesen sachlichen Unterlagen beurteilt, waren die einmaligen Eingriffe im wesentlichen doch sehr gezielt und haben die Waldfauna als

GOMS. POPULATIONSBEWEGUNG DER BEGLEITARTEN (- Gruppen)

Vor und nach der chemischen Bekämpfung des Lärchenwicklers

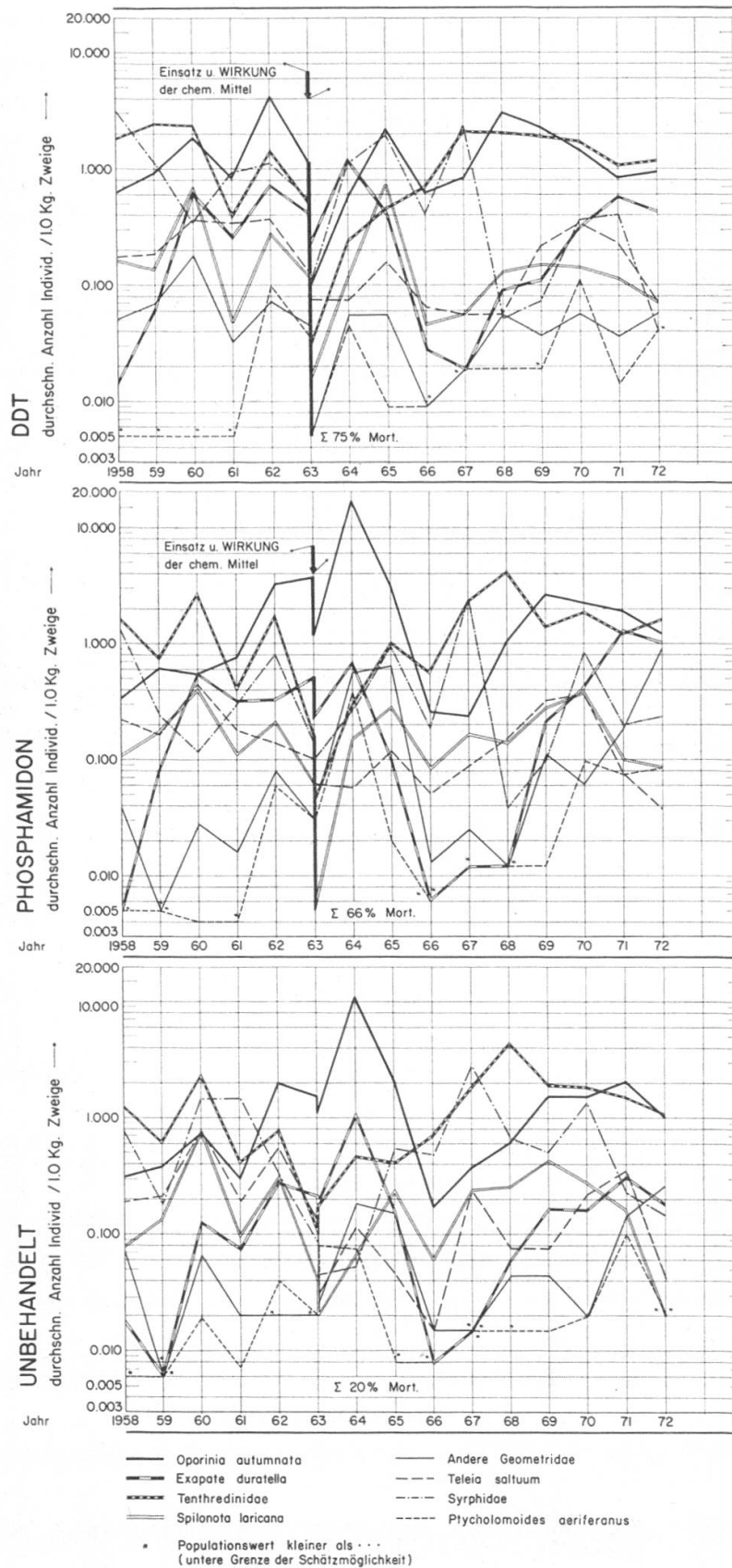


Abbildung 9. Die Dichtebewegungen der Begleitarten und -gruppen von 1958 bis 1972. 1963 sind die Werte vor und nach Behandlung angegeben.

Ganzes nur sehr kurzfristig, auf die Dauer überhaupt nicht erkennbar verändert.

- Von diesem Gesichtswinkel aus wäre von einer Wiederholung innerhalb von 7 bis 10 Jahren kaum Nachteiliges zu befürchten.

In den Gesprächen um das natürliche Gleichgewicht im Wald wird den *Ameisen*, als Räuber von Insektenlarven usw., oft eine hohe Bedeutung beigemessen. Weil alle Stichprobenbäume bis zur Kronenspitze erstiegen werden, spürt der Kletterer sehr zuverlässig — und unangenehm —, ob der Baum von vielen oder nur vereinzelt Ameisen besucht wird. Diese Angaben sind seit Beginn der Forschungen in den Baumprotokollen vorhanden. Sie sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Wir können daran die Frage prüfen, ob die chemische Behandlung die Häufigkeit der Ameisen auf den Lärchen verändert hat:

Tabelle 6. Häufigkeit und Dichte von Ameisen auf den Stichprobenbäumen

<i>Jahr</i>	<i>Anzahl Probenbäume mit keinen Ameisen (k)</i>	<i>wenigen Ameisen (w)</i>	<i>vielen Ameisen (v)</i>	<i>wenig und viel in Prozent von Σ</i>	Σ
1958	137	36	22	29,7	195
1959	151	36	13	24,5	200
1960	158	24	18	21,0	200
1961	125	55	19	37,2	199
1962	153	28	23	25,5	204
Σ 1958—1962	724	179	95	27,5	998
1963*	135	42	23	32,5	200
1964	329	48	23	17,8	400
1965	286	92	22	28,5	400
1966	282	87	30	29,3	399
1967	165	29	6	17,5	200
1968	159	36	5	20,5	200
1969	155	34	11	22,5	200
1970	145	41	14	27,5	200
1971	146	39	13	26,0	198
1972	155	35	11	22,5	200
Σ 1965—1972	1493	392	112	25,2	1997

* vor Behandlung (nach Behandlung keine Angaben)

Ein Jahr nach der Behandlung sinkt der prozentuale Anteil der von Ameisen besuchten Lärchen tatsächlich beträchtlich ab, erholt sich aber bereits wieder ein weiteres Jahr später. In den Jahren 1967 und 1968 beobach-

teten wir einen ähnlich tiefen Anteil ohne äusseren Anlass. Es ist also möglich, aber keineswegs sicher, dass die chemische Behandlung den Besuch von Ameisen auf den Lärchen etwas reduziert hat. Jedenfalls trat diese Wirkung höchstens 1963 und 1964 ein. Berichte oder Beobachtungen über das Eingehen von Ameisenkolonien liegen keine vor.

Schwerer wogen eindeutige Schäden bei *Bienenvölkern*. Trotz Absprache über die Spritzzeiten in der näheren Umgebung der Bienenstände mit den Züchtern waren die Schäden nicht zu vermeiden. Sichtbar nur im Phosphamidongebiet, entstanden auf den Flugbrettern der einzelnen Völker kleine Häufchen herausgeschaffter, toter Bienen. Während der eben laufenden Honigtrachtzeit vermehren sich die Bienenvölker mit einer täglichen Schlüpfmenge, die grösser ist als der überblickbare Abgang. Im DDT-Gebiet schätzen wir die Verluste etwa gleich hoch ein, nur mit dem Unterschied, dass die vergifteten Bienen nicht mehr bis in ihren Stock heimzufliegen vermochten. Es trat wahrscheinlich nur ein kleiner Honigernteverlust ein. Wesentlich ist das Ergebnis, dass im ganzen Tal kein einziges Bienenvolk verlorenging.

Lange vor Beginn der Aktion eingeholte Auskünfte von Fachleuten über die Wirkung der vorgesehenen Spritzmittel auf die *Vogelwelt* dieser Alpenwälder lauteten durchweg sehr beruhigend. Aus wissenschaftlicher Gründlichkeit bat *P. Bovey* die Schweizerische Vogelwarte Sempach um eine *quantitative Beobachtung der Vogelbestände*: Diese Vorsichtsmassnahme erwies sich als zweckmässig. *A. Schifferli* (1966) hat seine Beobachtungen publiziert. Wir fassen aus seinen Ausführungen hier nur so viel zusammen, als zur Abrundung des Gesamtbildes des Versuches nötig ist:

Im DDT-Gebiet traten keine sicher nachweisbaren Schäden auf, weder bei Altvögeln noch Bruten. Im Phosphamidongebiet hingegen schätzte Schifferli, dass rund 70 Prozent der Altvögel zugrunde gingen, bei den Bruten wahrscheinlich noch mehr. Selbst vereinzelte Raubvögel gingen ein (Nahrungskettenwirkung). Ursache dieses Vogelsterbens war der übermässige Genuss vergifteter Raupen. Diese unerwartete — begreiflicherweise grosse Beachtung findende — Nebenwirkung erwies sich als nicht so schwerwiegend, wie viele bereits fürchteten. Spätestens im folgenden Jahr, wahrscheinlich aber schon im Herbst des Behandlungsjahres, waren diese Lücken im Vogelbestand wieder völlig ausgefüllt. Die Vogelwelt — als sehr beweglicher Teil der höheren Lebensgemeinschaften — vermag also ebenfalls einen solchen einmaligen Eingriff sehr kurzfristig zu überwinden.

Über die Wirkung auf *Fische* erhielten wir nur einen einzigen, nachträglichen Hinweis: In einem kleinen Zuchtteich mitten im Wald des DDT-Gebietes gingen alle Forellen ein. Die zahlreichen und aufmerksamen Fischer meldeten aus keinem fliessenden Gewässer irgendwelche Schäden. Trotzdem möchten wir die Möglichkeit vorübergehender, schwächerer Schäden im DDT-Gebiet nicht ganz ausschliessen.

Bei *Haus- und Wildtieren* traten keine nachweisbaren totalen Schäden oder Anzeichen gewisser Veränderungen oder krankhafter Erscheinungen auf (mündliche Mitteilung des lokalen Veterinärs *H. Schmidt*).

4. Diskussion

Aus der Gesamtheit der Beobachtungen im Zeitabschnitt 1958 bis 1972 können wir Wirkung und Bedeutung des durchgeführten Versuches in einem ungewöhnlichen Massstab beurteilen und aus dieser Sicht die gestellten Versuchsfragen zusammenfassend beantworten:

Ein sehr starker, einmaliger Eingriff in eine Lärchenwickler-Population vermag den natürlichen Ablauf der Massenbewegung wohl vorübergehend zu stören, aber nicht grundlegend zu verändern. Er trifft offensichtlich nur die Spitze einer sehr viel tiefer gehenden Grundwelle. Damit stellt sich der «Massenwechsel» als Folgegeschehen in einem genügend grossen Raum und über den Zeitabschnitt zwischen zwei gleichgerichteten Umkehrpunkten (Höchst- bzw. Tiefstpunkt) bewiesenermassen *über* eine einzelne Lärchenwickler-Population oder -Generation und die ihr widerfahrenden Einflüsse.

Um ein solches, viel umfassenderes und mächtigeres Geschehen grundlegend zu verändern, müssten die chemischen Eingriffe ähnlicher Stärke kurzfristig wiederholt werden. Auch dann bliebe eine wirkliche Dauerwirkung noch fraglich. Ausserdem entstünden damit neue, vorläufig kaum überblickbare Lagen.

Die Grundidee des Versuches, nur kurzfristig zur Schadenverhütung einzugreifen, im übrigen aber das natürliche Geschehen wenig zu stören, dürfte für diese Eingriffsart richtig sein. Mit dem Wirkstoff DDT haben wir dieses praktische Ziel tatsächlich erreicht, mit Phosphamidon nur in ungenügendem Masse. Offen bleiben dabei die Fragen, wie stark die geringere Sofortwirkung (92 Prozent statt 97 Prozent Mortalität), der verhältnismässig kurzfristige Zerfall des Phosphamidons und der verstärkte Einflug gesunder Falter aus dem benachbarten unbehandelten Gebiet zu diesem ungünstigen Gesamtergebnis mit Phosphamidon geführt haben.

Die starken Eingriffe wirkten im einzelnen beim wellenförmigen Massenwechsel des Lärchenwicklers länger nach als erwartet, beim Phosphamidon 3 bis 4 Jahre. Beim DDT deuten gewisse Beobachtungen auf eine abklingende Nachwirkung bis zu 8 Jahren hin.

Das Ausbleiben grosser Schäden (zum Beispiel im DDT-Gebiet) vermochte den Zusammenbruch der Lärchenwickler-Population weder zeitlich zu verzögern noch entscheidend zu mildern. Behandelte und unbehandelte Populationen brachen gleichzeitig zusammen. Diese Tatsache deutet auf Ursachen hin, die ausserhalb der Versuchswirkungen oder -nachwirkungen zu suchen sind. Beobachtungen wie unabhängige Modellrechnungen massen dem Einfluss «Kahlfrass» eine grosse Bedeutung innerhalb des natürlichen Regelkreises zu (*Auer*, 1971).

Der Versuch hat nun im grossen Massstab bewiesen, dass dieser Einfluss keine unbedingt erforderliche Voraussetzung für das Eintreten des Populationszusammenbruches ist. Er ist also ersetzbar. Leider gab der Versuch keine direkt erkennbaren Hinweise auf die Ersatzeinflüsse. Wir können aber mit Sicherheit ausschliessen: Krankheiten, Parasiten, Witterungseinflüsse, weil sie nicht erkennbar genügend verstärkt auftreten. Auch genetischen Veränderungen messen wir keine entscheidende Bedeutung bei. Am ehesten dürften gegenwärtig die Untersuchungsergebnisse von Benz (1974, in Vorbereitung) eine glaubwürdige Erklärung ermöglichen (Einfluss veränderter Nahrung).

Im ersten Jahr nach der Behandlung sind mit hoher Wahrscheinlichkeit Faltereinflüge aus den unbehandelten Wäldern aufgetreten. Will man also künstliche Dauerwirkungen über mehrere Jahre erreichen, so muss das Versuchsgebiet beim Lärchenwickler gross gewählt werden. Auf kleinen Flächen von zum Beispiel bis zu 100 ha ist höchstens eine einjährige Wirkung erkennbar. Solche Auskünfte genügen heute aber nur selten mehr und dann nur Spezialzwecken.

Wir konnten zahlreiche, meist unerwünschte Nebenwirkungen der chemischen Produkte erkennen (Begleitinsekten, Bienen, Ameisen, Fische, Vögel usw.). Sie blieben aber in ihrem Ausmass, besonders aber in ihrer zeitlichen Dauer, viel kleiner als erwartet (Ausnahme: Phosphamidonwirkung auf Vögel). Von diesem hier beschriebenen Rahmen und Einblick aus beurteilt, wäre ein *einzig*er Eingriff pro Massenwechsel (7 bis 10 Jahre) zur Verhütung der Schäden biologisch und wirtschaftlich durchaus verantwortbar, als Notlösung sogar im durchgeführten, grossen räumlichen Massstab.

Dieses tröstliche Ergebnis entbindet die Wissenschaft nicht von der Pflicht, neue und unschädlichere Verfahren zu entwickeln. In den vorhandenen Unterlagen aus der Lärchenwickler-Forschung lägen hierzu ideale Voraussetzungen bereit.

Résumé

Essai de terrain visant à la modification contrôlée des variations cycliques de populations d'insectes

Le but primaire de l'étude des causes de l'apparition périodique de vastes dégâts occasionnés par la tordeuse grise du mélèze dans les boisés alpins était de découvrir de nouvelles méthodes de lutte adaptées aux conditions naturelles. Ces essais étendus ont tout d'abord mis en évidence l'existence dans l'ensemble du massif alpin de variations de populations de caractère nettement cyclique, d'une grande régularité et d'envergure considérable. Bien que ce vaste phénomène soit sans aucun doute conditionné par une grande variété d'actions biotiques, aucune d'entre elles n'est facilement influençable par l'homme. Pour être efficace, la lutte devrait déséquilibrer l'ensemble du système. Il s'agissait donc dans une première approche de tester sa stabilité, ce qui ne pouvait se faire que par l'introduction d'un facteur artificiel nouveau hautement actif. A cet effet furent utilisés le DDT et l'ester phosphorique «Phosphamidon», le premier bien connu, le second relativement nouveau à l'époque. Le Goms, région située entre les villages de Niederwald et d'Oberwald et présentant une surface boisée totale de quelque 2600 hectares, fut choisi en tant que zone d'expérimentation. L'essai avait pour but pratique la suppression des dégâts et visait également le gain de connaissances nouvelles se rapportant au système naturel de régulation.

En l'espace de 10 à 12 jours, le DDT provoqua la perte de 97 % des chenilles de tordeuse, le Phosphamidon de 92 %. Le cours du développement naturel ne fut toutefois qu'à peine déséquilibré par ces interventions massives, la vague de fond n'étant touchée qu'à son faite. Le but pratique fut cependant atteint dans la zone traitée au DDT: les dégâts furent supprimés durant un cycle entier. Ceci fut insuffisamment le cas dans la zone traitée au Phosphamidon; ce moins bon résultat est probablement dû à l'effet immédiat légèrement moindre et à la décomposition naturelle en l'espace de deux semaines environ des substances actives, ainsi qu'à la diffusion plus intense de papillons en provenance des régions avoisinantes non traitées.

Les répercussions du traitement furent ressenties nettement durant 3 à 4 ans, plus longuement encore dans la zone traitée au DDT. Les effets secondaires furent partiellement beaucoup plus marqués que prévus, mais dans tous les cas de très courte durée et donc aucunement aussi graves qu'on le redoute souvent. En attendant la mise au point de méthodes de lutte efficaces et biologiquement mieux adaptées, on peut considérer comme économiquement et biologiquement supportable une application unique du traitement dans un laps de temps de 8 à 10 ans. L'essai fournit de nombreuses bases pour la discussion du problème de l'utilisation des insecticides dans le contexte de la protection de l'environnement. A noter que des essais réalisés entre-temps (1971) avec *Bacillus thuringiensis* ont déjà permis d'atteindre des succès pratiques tout en excluant les effets secondaires nocifs.

Traduction: J.-F. Matter

Literatur

- Auer, C., 1971: A simple mathematical model for «key-factor» analysis and comparison in population research work. Statistical Ecology, volume 2, 151—173. The Pennsylv. State Univ. Press
- Baltensweiler, W., 1958: Zur Kenntnis der Parasiten des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana*, Hb.) im Oberengadin. Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, Bd. 34, 399—478
- Baltensweiler, W., 1971: The relevance of change in the composition of the larch bud moth populations for the dynamics of its numbers. Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers Popul. (Oosterbeek, 1970), 208—219
- Benz, G., 1962: Aspects of virus multiplication and average reduplication time for a granulosus virus of *Zeiraphera diniana* Gn.
- Benz, G. (in Vorbereitung): Negative Rückkoppelung als Regelprinzip in der Populationsdynamik des zyklisch schädlichen grauen Lärchenwicklers, *Zeiraphera diniana* (Guenée) (Lepidoptera, Tortricidae)
- Bovey, P., 1966: Le problème de la Tordeuse Grise du Mélèze (*Zeiraphera diniana* Gn.) dans les forêts alpines. Bullet. de la Murithienne, soc. valais. des sciences nat. Fasc. 83, 1—33
- Gerig, L., 1964: Physiologische Untersuchungen am grauen Lärchenwickler (*Zeiraphera diniana* Gn.) während einer Periode der Massenvermehrung. Z. ang. Entomol. 54, 1/2, 119
- Grisson, P., Martouret, D., et Auer, C., 1971: La lutte microbiologique contre la Tordeuse du Mélèze. Ann. de Zool.-Ecologie animale. No. hors série, 91—121
- Martignoni, M. E., 1957: Contributo alla conoscenza di una granulosi di *Eucosma griseana* (Hb.) quale fattore limitante il pullulamento dell'insetto nella Engiadina alta. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen 32, 371—418
- Schifferli, A., 1966: Auswirkungen einer Insektizid-Aktion gegen den grauen Lärchenwickler auf die Vogelwelt im Goms (Oberwallis). Der ornithol. Beobachter, 63, 25—40