

## Schädlingsprognose mit SOPRA als Entscheidungshilfe im Bioobstbau

Samietz, J., Graf, B., Höhn, H., Schaub, L. und Höpli, H.U.<sup>1</sup>,

*Keywords: phenology, model, forecasting, decision support system, temperature*

### Abstract

*The forecasting tool SOPRA has been developed with the objective to optimize timing of monitoring and control measures of insect pests in fruit orchards. Phenology-models were developed driven by solar radiation, air temperature and soil temperature on hourly basis including simulation of characteristic habitat conditions for *Dysaphis plantaginea*, *Hoplocampa testudinea*, *Cydia pomonella*, *Grapholita lobarzewskii*, *Cacopsylla pyri*, *Rhagoletis cerasi*, *Anthonomus pomorum* and *Adoxophyes orana*. On base of local weather data, age structure of pest populations is simulated and crucial events for management in organic and integrated production are announced. Through a web-interface, the simulation results are made available to consultants and growers ([www.sopra.info](http://www.sopra.info)). As timing of monitoring and management are especially important in organic growing, SOPRA is applied as decision support system (DSS) for major insect pests of organic fruit orchards in Switzerland.*

### Einleitung und Zielsetzung

Gezielte Überwachung und gezielter Einsatz von spezifischen, Nützlinge schonenden und umweltfreundlichen Pflanzenschutzmitteln erfordert insbesondere im Biolandbau eine sehr gute Kenntnis des genauen Entwicklungsstandes der jeweiligen Schädlinge. Solche Kenntnisse über die Phänologie der Schädlinge können mit Prognosemodellen simuliert werden. Allerdings waren die entsprechenden Modelle in der Vergangenheit zu heterogen oder kompliziert für die direkte Nutzung durch Berater und Produzenten oder schlichtweg nicht zugänglich für den potentiellen Anwender. Vor diesem Hintergrund werden an der Forschungsanstalt ACW seit den neunziger Jahren Grundlagen für die Schädlingsprognose im Schweizer Obstbau erarbeitet. Mit ursprünglichem Fokus auf Apfel wurde unter dem Akronym SOPRA (Schad-Organismen-PRognose auf Apfel) ein umfassendes Prognosewerkzeug erstellt und auf dem Internet seit 2008 für 8 Schädlingsarten unter [www.sopra.info](http://www.sopra.info) verfügbar gemacht. Ziel bei der Entwicklung von SOPRA war es, neben der Vorhersage des zeitlichen Auftretens der Entwicklungsstadien auch umfassende Informationen über die Schädlinge selbst, stadienspezifische Behandlungsempfehlungen für den Bioobstbau und Integrierte Produktion, sowie auf die Phänologie abgestimmte, konkrete Entscheidungshilfen für den Anwender zur Verfügung zu stellen.

### Methoden

Der mathematische Ansatz der für SOPRA erstellten Modelle nutzt die stadienspezifischen Beziehungen zwischen Entwicklungsrate pro Zeiteinheit und der Körpertemperatur und besteht, vereinfacht gesagt, in einer Aneinanderreihung von Differenzialgleichungen, welche die relative Altersstruktur in den Insektenpopulationen beschreiben, so genannten "Time-varying distributed delays" (Manetsch 1976). Für jede Stunde im laufenden Jahr wird auf Grundlage der Lufttemperatur,

---

<sup>1</sup> Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil, [joerg.samietz@acw.admin.ch](mailto:joerg.samietz@acw.admin.ch)

Bodentemperatur und Sonnenstrahlung als Basisparameter berechnet, wie viele Individuen eine bestimmte Altersklasse innerhalb der Entwicklungsstadien verlassen und in die nächste aufsteigen. Mit dieser Methode lassen sich für jedes Stadium der einzelnen Arten neben der Beziehung zwischen Temperatur und Entwicklungsrate auch deren spezifische Variabilität in die Modellierung der Phänologie einbeziehen. Letzteres ermöglicht überhaupt erst die Nachbildung eines überlappenden Stadienverlaufs über das Jahr – sowie entsprechende Schussfolgerungen zum Pflanzenschutz – und stellt damit einen entscheidenden Vorteil im Vergleich zu einfachen Temperatursummenmodellen dar.

Die zugrunde liegende Beziehung zwischen Entwicklungsrate und Temperatur muss für jedes relevante Stadium im Lebenszyklus der einzelnen Schädlingsarten in aufwendigen Laborversuchen bestimmt werden. Viele hundert Individuen werden dabei unter genau regulierten Bedingungen einer Reihe von konstanten Temperaturen in Klimakammern ausgesetzt, und täglich wird die Entwicklung einzeln für jedes Tier verfolgt. Besonders wichtig für die Modellierung der Phänologie sind dabei die Stadien nach einer zwangsweisen Winterruhe, der Diapause. Insbesondere für diese Stadien wurden bei allen in SOPRA integrierten Modellen Versuche bei mindestens vier konstanten Temperaturen durchgeführt. Bei der Reproduktion und der Lebensdauer ergeben sich dabei abweichend von den anderen Entwicklungsvorgängen nicht-lineare Beziehungen zwischen Entwicklung und Temperatur, die entsprechend umgesetzt werden müssen (z.B. Graf et al. 2001).

Als Grundlage für alle in den Modellen verwendeten Habitattemperaturen dienen die Lufttemperatur (2 m), die Sonnenstrahlung, sowie die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe. Diese Parameter werden von sehr präzisen automatischen Klimastationen bezogen. Derzeit werden 14 MeteoSchweiz-Stationen genutzt, um die verschiedenen für den Schweizer Obstbau bedeutsamen klimatischen Regionen abzudecken. In vielen Fällen kann für die Modellierung der Phänologie die Lufttemperatur als Basis für die Berechnung der Entwicklung genutzt werden. Allerdings verfügen Insekten über Verhaltensmechanismen zur Thermoregulation oder können durch Wahl des Mikrohabitats oder Ausrichtung zur Sonne ihre Körpertemperatur beträchtlich beeinflussen. Solche Habitatwahl muss bei der Phänologiemodellierung mit berücksichtigt werden und die Habitatbedingungen werden in SOPRA unter Nutzung der o.g. Parameter entsprechend berechnet (Samietz et al. 2007).

## Ergebnisse und Diskussion

SOPRA stellt ein flexibles Werkzeug zur zeitlichen Optimierung von Überwachungs- und Bekämpfungsmassnahmen im Obstbau dar. Bisher wurden Phänologiemodelle für acht Arten erstellt, validiert und auf dieser Basis in das Entscheidungshilfesystem SOPRA integriert (Tabelle 1). Die während der Saison wenn nötig täglich aktualisierten Simulationsergebnisse werden den Benutzern als ein umfassendes Beratungsinstrument über das Internet zur Verfügung gestellt. Die Verwendung der langjährigen Mittel für die Projektion in SOPRA bietet einen grossen Vorteil gegenüber anderen Systemen oder Temperatursummen. Benutzer können bereits Monate im voraus erfahren, mit welchen Ereignissen bei durchschnittlicher Witterung zu rechnen ist. Je näher die Vorhersage am aktuellen Datum ist, um so präziser wird sie.

Den Einstieg in die Webseite bietet dabei eine digitale Schweizerkarte mit den farblich umgesetzten klimatischen Regionen, für die jeweils eine entsprechend repräsentative MeteoSchweiz-Station verfügbar ist. Klickt man nun auf dieser Karte auf einen gewünschten geographischen Punkt, so wird man direkt zur tabellarischen Übersicht aller Schädlinge am jeweiligen Ort und für den aktuellen Zeitraum geführt (Abb. 1 A). Diese wie auch alle anderen tabellarischen Übersichten beinhalten in den für die einzelnen Tage stehenden Kästchen immer den selben Farbcode mit Blau für

Überwachung und Rot für Bekämpfungsmassnahmen in der integrierten Produktion und im Biolandbau (vergl. Tabelle 1). Dunkelblau und Dunkelrot stehen dabei für die jeweiligen optimalen Zeiträume für die Pflanzenschutzmassnahmen. Zusätzlich werden in Hellblau und Hellrot Vor- und Nachwarnperioden angezeigt. Damit wird auf anstehende Ereignisse hingewiesen und es werden Zeiträume gekennzeichnet, in den die allfälligen Massnahmen ggf. schon oder noch ausgeführt werden können. Alle Tabellen lassen sich mit einem dynamischen Scrollbalken entlang der Zeitachse verschieben und entweder im Detail oder im Überblick betrachten.

**Tabelle 1: In SOPRA bis 2008 implementierte Arten mit Beispielen für vorhergesagte Überwachungs- und Bekämpfungsmassnahmen im Bioobstbau**

Art	Kultur	Terminierung Überwachung (Bspl.)	Terminierung Bekämpfung (Bspl.)
Apfelwickler <i>Cydia pomonella</i>	Apfel	Pheromonfallen, visuelle Kontrollen Eiablage und Einbohrungen	Pheromonverwirrung, Granuloseviren, Spinosad als Larvizid
Kleiner Fruchtwickler <i>Grapholita lobarzewskii</i>	Apfel	Pheromonfallen, visuelle Kontrolle Einbohrungen	Pheromonverwirrung, Spinosad als Larvizid
Mehlige Apfelblattlaus <i>Dysaphis plantaginea</i>	Apfel	visuelle Kontrollen vor Blüte und nach Abschluss 1. Generation	Vorblütebehandlung Neem
Apfelsägewespe <i>Hoplocampa testudinea</i>	Apfel	Installation Weissfallen	Nachblütebehandlung Quassia
Apfelblütenstecher <i>Anthonomus pomorum</i>	Apfel	Installation Shelter-Traps, Klopfproben	Spinosad bei Beginn Eiablage
Schalenwickler <i>Adoxophyes orana</i>	Apfel, Kirsche	Pheromonfallen, visuelle Kontrollen an Blütenbüscheln, bzw. Langtrieben	Pheromonverwirrung, Granuloseviren, Spinosad als Larvizid
Birnblattsauger <i>Cacopsylla pyri</i>	Birne	Klopfproben, visuelle Kontrollen an Blütenbüscheln, bzw. Langtrieben	Kaolinbehandlung vor Eiablage im Frühjahr
Kirschenfliege <i>Rhagoletis cerasi</i>	Kirsche	Installation Gelbfallen	Gelbfallen für Massenfang

Von der tabellarischen Übersicht aller Schädlinge am jeweiligen Ort gelangt man durch anklicken eines Kästchens zur detaillierten Prognose der Phänologie für die entsprechende Art am gewählten Tag (Abb. 1 B). In dieser Ansicht ist links der relative Verlauf der einzelnen Stadien graphisch dargestellt, auf der rechten Seite wird die Phänologie interpretiert und es werden Entscheidungshilfen gegeben. Diese sind in Überwachung und Bekämpfung getrennt und mit den Informationen zu den einzelnen Arten direkt verlinkt, wo sich der Nutzer zusätzliche Information sowie Bildmaterial einholen kann.

SOPRA bietet ein umfassendes, leicht verständliches und jederzeit zugängliches Informationssystem für Produzenten und Berater. Damit kann SOPRA die Effizienz der Schädlingsüberwachung im Bioobstbau entscheidend verbessern sowie zur effektiven, weil zeitlich optimierten Anwendung von spezifischen Pflanzenschutzmitteln beitragen. Zudem ist das System erweiterungsfähig und kann sukzessive um weitere wichtige Arten ergänzt werden.

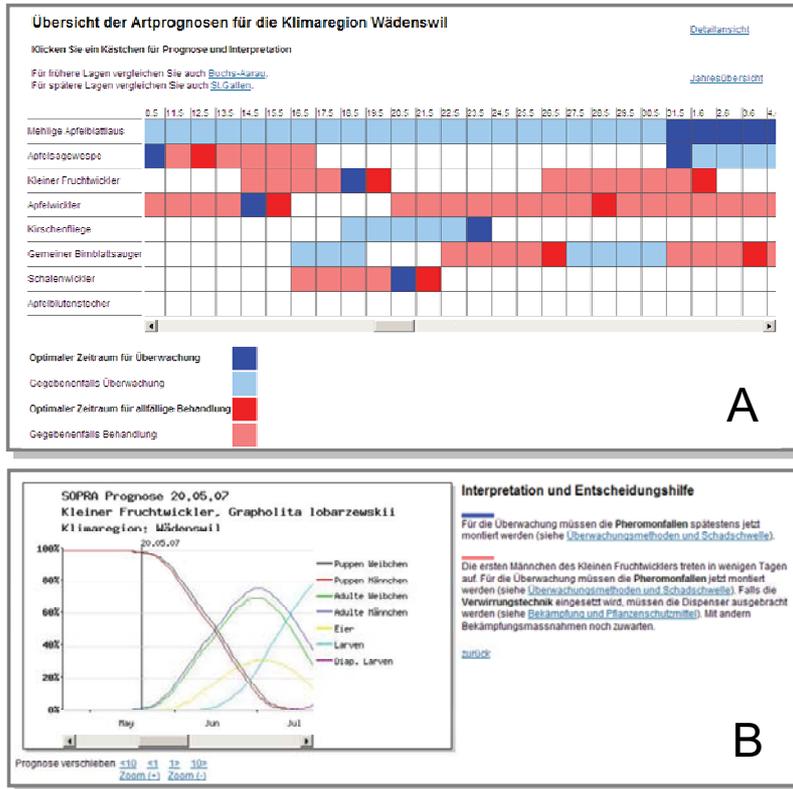


Abb. 1. Ausgewählte Screenshots der Internetanwendung von SOPRA. (A) Übersichtstabelle der Arten mit Warnstufen in einer bestimmten Region, (B) Graphische Darstellung der Phänologie einer Art mit Interpretation und Entscheidungshilfe für das entsprechende Datum.

Literatur

Graf B., Höhn H., Höpli H.U. (2001): The apple sawfly, *Hoplocampa testudinea*: Temperature effects on adult life-span and reproduction. *Entomol. Exp. Appl.* 98: 377-380  
 Manetsch T.J. (1976): Time-varying distributed delays and their use in aggregative models of large systems. *IEEE Trans. Systems, Man, Cybern.* 6: 547-553.  
 Samietz J., Graf B., Höhn H., Schaub L., Höpli H.U. (2007): Phenology modelling of major insect pests in fruit orchards from biological basics to decision support: the forecasting tool SOPRA. *Bulletin OEPP/EPP Bulletin* 37: