

Einfluss der Klimaänderung auf den Apfelwickler

Die Landwirtschaft wird infolge des Klimawandels in Zukunft mit grösseren Schäden durch Insekten rechnen müssen. Einerseits werden neue Schädlinge einwandern oder sich weiter ausbreiten. Andererseits werden sich heimische Schädlinge stärker vermehren und eine nachhaltige Bekämpfung wird schwieriger sein. Deshalb untersuchte Agroscope in Zusammenarbeit mit MeteoSchweiz mittels Computermodellen das Risiko für Schäden durch den Apfelwickler unter zukünftigen Klimabedingungen. Die Resultate zeigen, dass Apfelwickler in Zukunft zahlreicher und länger in den Obstanlagen vorhanden sein werden. Es ist deshalb wichtig, schon jetzt nachhaltige Bekämpfungsstrategien für zukünftige Klimaszenarien zu entwickeln.

SIBYLLE STÖCKLI UND JÖRG SAMIETZ, FORSCHUNGSANSTALT
AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW
MARTIN HIRSCHI, CHRISTOPH SPIRIG UND MATHIAS ROTACH,
BUNDESAMT FÜR METEOROLOGIE UND KLIMATOLOGIE
METEOSCHWEIZ
PIERLUIGI CALANCA, FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE
RECKENHOLZ-TÄNIKON ART
joerg.samietz@acw.admin.ch

Trockenperioden, Regenzeit, Hitzewellen – neben unmittelbar spürbaren Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft zeichnen sich auch indirekte Einflüsse ab. Schon heute wandern neue Schadinsekten in die Schweiz ein oder werden eingeschleppt, weil sie durch die veränderten Witterungsverhältnisse begünstigt werden. Heimische Schädlinge erweitern ihr Verbreitungsgebiet oder passen ihre Lebenszyklen an die längere Saison an. Letzteres gilt auch für den Apfelwickler, dem wichtigsten Schädling im Obstbau (Abb. 1). Bereits unter heutigen Klimabedingungen ist eine nachhaltige Bekämpfung mit erheblichem Aufwand verbunden. Wie sich der Schädlingsdruck allerdings mit dem Klimawandel weiter verändern wird, war bislang unklar – nicht zuletzt, weil die globalen Klimaszenarien viel zu «grob» sind, um daraus den lokalen Einfluss auf Insekten genau zu bestimmen. In einem Projekt von Agroscope in Zusammenarbeit mit Klimaexperten vom Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) wurde nun diese Lücke geschlossen und es wurden am Beispiel Apfelwickler die Auswirkungen des Klimawandels auf Schadinsekten untersucht.

Lokale und zeitlich hoch aufgelöste Klimaszenarien

Bei einer mittleren Annahme über den weiteren Ausstoss von Treibhausgasen wird in der Schweiz bis 2060

die Jahresmitteltemperatur je nach Jahreszeit und Region gegenüber heute um 1.2 bis 3.7 °C ansteigen (Fischer et al. 2011; Nakicenovic et al. 2000; siehe auch www.ch2011.ch). Ausgehend von diesen regionalen Klimaszenarien und unter Verwendung langjähriger Wetterdaten haben die Spezialisten von MeteoSchweiz für zehn Obstbaustandorte stündliche Wetterdaten für das zukünftige Klima (nach 2045) simuliert. Dabei kam eine statistische Methode zum Zug, die als «Wettergenerator» bezeichnet wird (Hirschi et al. 2012). Hierbei werden basierend auf den Klimaszenarien und heutigem beobachtetem Wetter und mit Hilfe eines statistischen Modells Wetterdaten für zukünftiges Klima «generiert».

Abb. 1: Apfelwickler-Larve mit typischem Fruchtschaden.



Modellierung der Apfelwickler-Phänologie

Mit den – lokal und zeitlich hoch aufgelösten – generierten Wetterdaten konnte die Entwicklung des Apfelwicklers im zukünftigen Klima simuliert werden (Stoekli et al. 2012). Dazu wurde das Apfelwickler-Modell aus dem Online-Prognosesystem SOPRA (www.sopra.info) verwendet (Samietz et al. 2007). Dieses saisonale Phänologie-Modell kann die wichtigen Ereignisse im Entwicklungszyklus der Obstschädlinge in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren präzise vorhersagen. SOPRA wurde mit dem Ziel entwickelt, die Überwachung und allfällige Bekämpfungsmassnahmen bei Obstschädlingen in der Schweiz zu optimieren. Das für die aktuellen Untersuchungen angepasste Apfelwickler-Modell simuliert eine überwinterrnde und drei weitere Generationen, unterteilt in vier Stadien (Ei, Larve, Puppe, Adulte). Ab einem bestimmten Tag im Jahr (heute Tag 206, ca. 23. Juli) gehen alle Apfelwickler obligat in Winterruhe und es wird keine neue Generation gebildet. Da die Klimaerwärmung auch dazu führen wird, dass in Zukunft die Apfelwickler-Larven später in Winterruhe gehen werden, wurde eine Verschiebung der Winterruhe zu einem späteren Zeitpunkt von bis zu 40 Tagen in das bestehende Apfelwickler-Modell integriert.

Früherer Flugbeginn bereits heute beobachtbar

Die ersten Falter der überwinterrnden Generation sind heute Mitte bis Ende Mai zu beobachten, wenn die Temperaturen über 15 °C steigen. In den letzten 30 bis 40 Jahren wurden immer früher die ersten Falter gefangen. Eine Auswertung ergab, dass diese Verschiebung zwischen 1972 und 2010 ungefähr zehn Tage beträgt (Abb. 2). Eine ähnliche Verschiebung zu einem früheren Zeitpunkt wurde zum Beispiel auch bei der Blühphase von Obstbäumen beobachtet und spiegelt die bereits gemessene Klimaerwärmung in unseren Breitengraden wider.

In Zukunft früher und länger im Jahr aktiv

Der bereits beobachtbare Trend zu einem früheren Flugbeginn wird sich in Zukunft noch verstärken. Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung zeigen, dass im zukünftigen Klima der Flugbeginn in allen Obstbaugebieten der Schweiz zwei Wochen früher stattfinden wird. Der Flugbeginn in Wädenswil ist heute ungefähr in der zweiten Maiwoche (Tag 131 im Jahr, Abb. 3), in Zukunft werden die ersten Falter in mittleren Jahren bereits in der letzten Aprilwoche zu beobachten sein (Tag 119 im Jahr). Die Verschiebung zeichnet an verschiedenen Schweizer Standorten ein ungefähr ähnliches Bild, wobei der Flugbeginn in Magadino rund 30 Tage früher stattfindet als in St. Gallen (Abb. 3).

Die Verschiebung hin zu einem früheren Zeitpunkt gilt nicht nur für den Flugbeginn der überwinterrnden Generation, sondern auch für spätere Stadien (Abb. 4). Für spätere Stadien, insbesondere Stadien der zweiten und dritten Folge-Generation, ist die Verschiebung eher noch ausgeprägter. Heute treten im Norden der Schweiz pro Jahr ein bis zwei Folge-Generationen, im Süden immer zwei Folge-Generationen auf. In Zukunft muss in allen Gebieten der Schweiz mit einer zusätzlichen Genera-

tion des Apfelwicklers gerechnet werden. In der Nordschweiz werden statt ein bis zwei dann sogar drei Generationen pro Jahr auftreten. Dies ist am Beispiel Wädenswil exemplarisch dargestellt (Abb. 4). Larven der dritten Generation treten unter heutigem Klima in dieser mittlere-

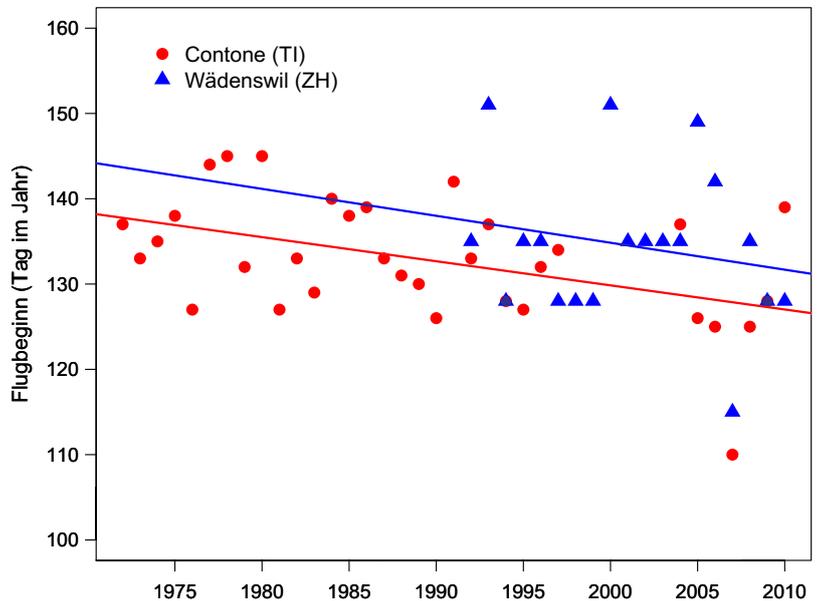


Abb. 2: Flugbeginn des Apfelwicklers in Contone TI (1972–2010) und in Wädenswil ZH (1992–2010). Der Flugbeginn ist der Tag im Jahr, an dem die ersten adulten Falter der überwinterrnden Generation in den Fallen aufgetreten sind. Tag im Jahr: 1 = 1. Januar, 365 = 31. Dezember.

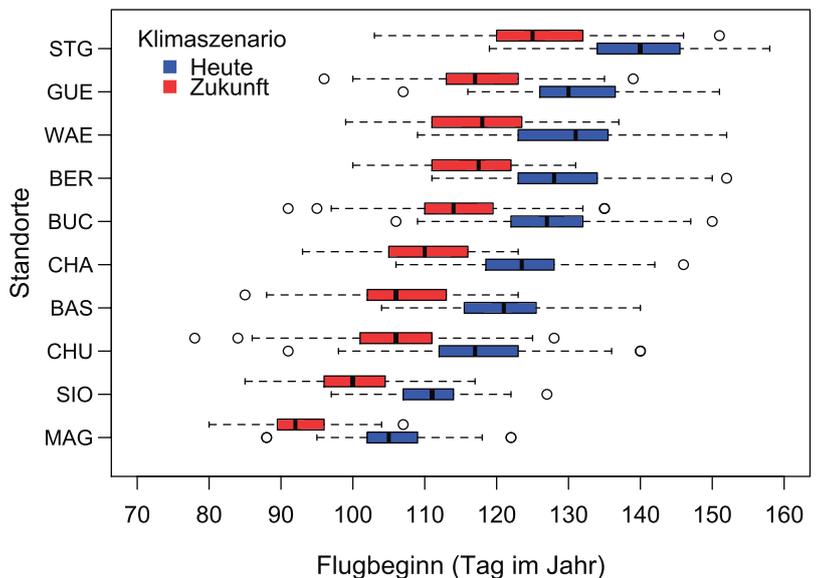


Abb. 3: Flugbeginn der überwinterrnden Generation heute (1980–2009) und für zukünftiges Klima (2045–2074) an zehn Obstbaustandorten. Standorte: St. Gallen (STG), Güttingen (GUE), Bern (BER), Wädenswil (WAE), Buchs (BUC), Chur (CHU), Basel (BAS), Changins (CHA), Sion (SIO) und Magadino (MAG). Für das zukünftige Klima wurde eine mittlere Veränderung der Temperatur modelliert (Zunahme von 2.0–2.9 °C). Zusätzlich wurde noch simuliert, dass die Larven ungefähr 40 Tage später obligat in Winterruhe gehen (heute Ende Juli).

ren Lage der Nordschweiz nicht auf. In Zukunft werden spät in der Saison noch Larven zu beobachten sein. In der Nordschweiz war bis jetzt die zweite Generation meistens eher schwach ausgeprägt. Es ist sicher, dass unter zukünftigem Klima eine ausgeprägte zweite oder sogar dritte Generation möglich ist. In der Südschweiz wird sich die dritte Generation deutlich verstärken.

Konsequenzen für die Apfelwickler-Bekämpfung

Die Resultate bedeuten, dass sich die Apfelwickler viel stärker vermehren als heute und länger im Jahr unter Kontrolle gehalten werden müssen. Um den Schädling möglichst effizient und ohne negative Auswirkungen auf Früchte und Umwelt bekämpfen zu können, sind gezielte, auf den jeweiligen Entwicklungsstand des Schädlings abgestimmte Pflanzenschutzmassnahmen nötig.

Im Vordergrund steht dabei die Anwendung von gezielt gegen den Apfelwickler wirkenden, möglichst umweltfreundlichen Methoden (Abb. 5; www.sopra.info). Dazu gehören als drei vereinfachte Hauptstrategien heute erstens die Pheromon-Verwirrungstechnik, die bei niedrigen Populationsgrössen allein oder bei hohem Druck in Kombination mit Viruspräparaten angewendet wird. Zweitens kommen vor allem in Bioanlagen, die zu klein für die Verwirrungstechnik sind, Granuloseviren allein zum Einsatz. Als dritte Hauptstrategie kommt in IP-Betrieben der Einsatz von Insekten-Wachstumsregulatoren in Frage, die Entwicklungsprozesse im Insekt stören. Wie aus Abbildung 5 ersichtlich wird, ist es notwendig, die heutigen nachhaltigen Strategien anzupassen, um erfolgreich mit der zukünftigen Situation umgehen zu können.

Eine Bekämpfung des Apfelwicklers alleine mit der Pheromon-Verwirrung ist auch heute nur bei geringer Ausgangspopulation möglich. Der erhöhte Schädlingsdruck könnte dazu führen, dass diese Strategie allein an Effizienz verliert und deshalb meist eine Kombination mit dem Granulosevirus oder später in der Saison mit Insektiziden angewendet werden müsste. Weiter kommt hinzu, dass mit der Temperaturerhöhung die Emission des Pheromons beschleunigt und deshalb die Wirkungs-dauer der Pheromon-Verwirrung reduziert wird und gleichzeitig ein längerer Zeitraum abgedeckt werden muss. Bei bestimmten Pheromon-Dispensern, die heute bereits an die Grenze ihrer Wirksamkeit kommen, müsste dann für den zusätzlichen Flug ein neuer Dispenser aufgehängt oder die Zusammensetzung angepasst werden. Allerdings existieren bereits heute Dispenser (z.B. Isomate), die in der Lage sind, einen zu erwartenden längeren Zeitraum abzudecken.

Die Pheromon-Verwirrung ist nur für grosse, isolierte und einheitliche Anlagen geeignet. Granuloseviren sind deshalb von hoher Relevanz in Anlagen, bei denen diese Attribute fehlen. Da die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung von Resistenzen gegen die Viren gegeben ist und in Zukunft durch den längeren Behandlungszeitraum höher sein könnte, wird auch hier eine Kombination von Strategien angeraten sein. Für den biologischen Anbau könnte generell die Form und Grösse der Anlage angepasst werden, sodass eine Kombination mit Pheromon-Verwirrung möglich würde.

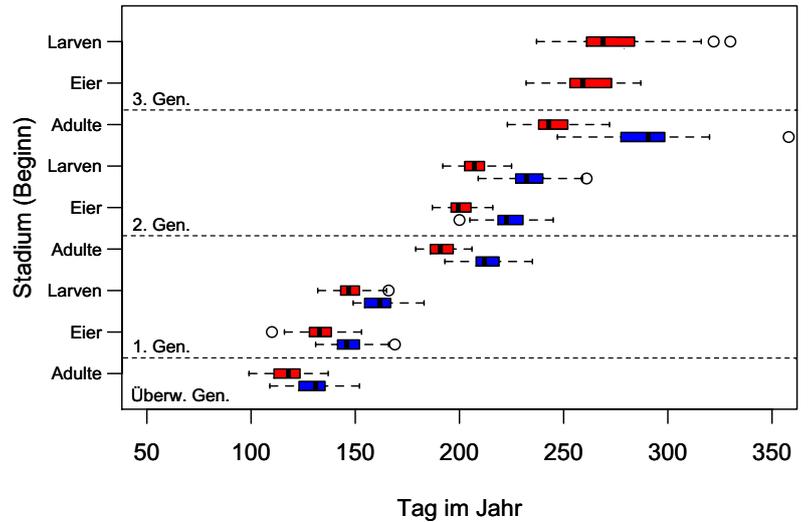


Abb. 4: Der Tag im Jahr für den Beginn verschiedener Apfelwickler-Stadien heute und für zukünftiges Klima am Standort Wädenswil. Der Flugbeginn, der Beginn der Eiablage und des Larvenschlupfs sind für die überwinternde, die erste, zweite und dritte Generation aufgezeigt.

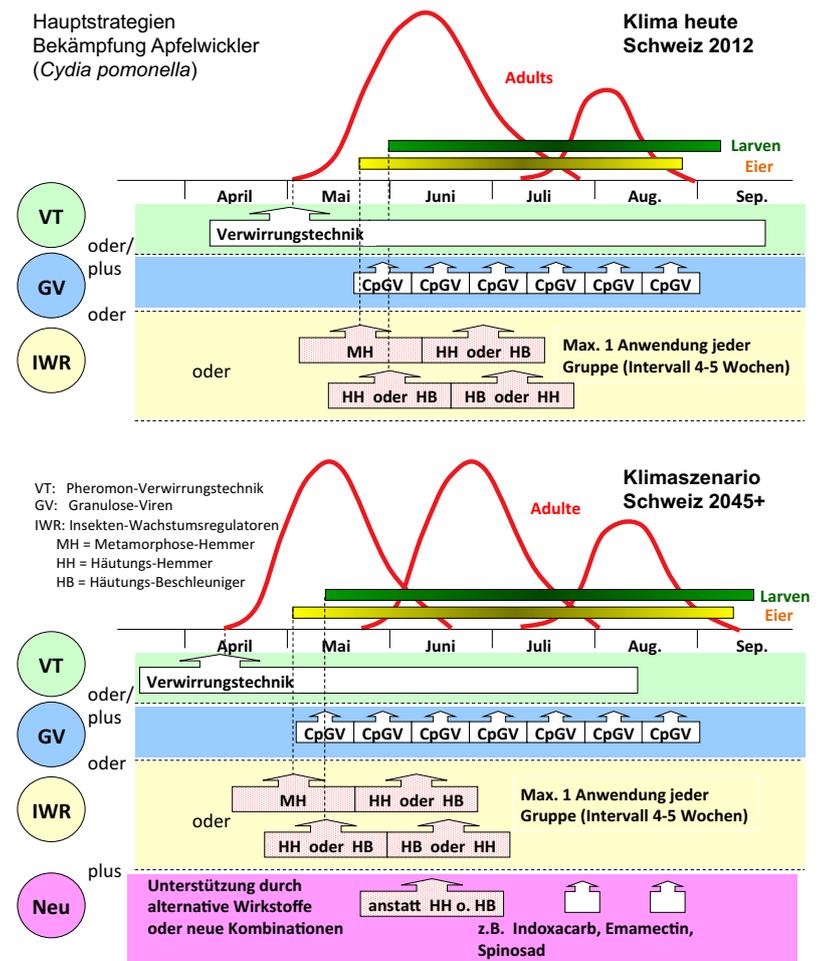


Abb. 5: Strategien zur Bekämpfung des Apfelwicklers heute und mögliche Anpassungen an zukünftiges Klima. Die Strategien basieren auf Pheromon-Verwirrung mit/ohne Granuloseviren, Granuloseviren als einzige Strategie für kleine Anlagen im biologischen Anbau und Insekten-Wachstumsregulatoren.

In der Integrierten Produktion soll der höhere Schädlingsdruck bei einer auf Insekten-Wachstumsregulatoren basierenden Strategie keinesfalls dazu führen, dass die verfügbaren Pflanzenschutzmittel häufiger eingesetzt werden. Dies könnte nämlich zu resistenten Populationen oder anderen unerwünschten Nebenwirkungen führen. Noch konsequenter müssen deshalb in Zukunft Anti-Resistenz-Strategien entwickelt und angewendet werden. Bereits heute stehen entsprechende alternative Mittel zur Ergänzung einer auf Insekten-Wachstumsregulatoren basierenden Strategie zur Verfügung. Schon damit könnte in Zukunft der Apfelwickler bis zum Saisonende unter Kontrolle gehalten werden – allerdings nur in durchschnittlichen Jahren der Klimaprojektion. Daneben könnte die Entwicklung von Produkten mit neuen Wirkmechanismen die möglichen Anti-Resistenz-Strategien deutlich erweitern und auch unter hohem Populationsdruck Handlungsspielräume offen halten.

Dank

Das Projekt wurde durch das Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF im Rahmen der COST Aktion 734 (Beitrag C09.0052) und durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Nationaler Forschungsschwerpunkt NFS Klima) finanziert. Wir danken dem EU-FP6 ENSEMBLES Projektteam für die Verwendung der regionalen Klimamodelle, den CH2011 Klimaforschern für die Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz (www.CH2011.ch)

und Martin Dubrovsky (Institut für Atmosphärische Physik, Prag, Tschechische Republik) für die Entwicklung des Wetter-Generators. Ein spezielles Dankeschön geht an Christina Marazzi (Kantonale Fachstelle Landwirtschaft, Tessin) und Heinrich Höhn (Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW) für die langjährige Datenreihe zum Flugbeginn des Apfelwicklers. ■

Literatur

Fischer A.M., Weigel A.P., Schär C., Buser C., Künsch H.R., Liniger M.A. und Appenzeller C.: Climate change projections for Switzerland based on a Bayesian multi-model approach. *Int. J. Climatology*, DOI: 10.1102/JOC.3396, 2011.

Hirschi M., Stoeckli S., Dubrovsky M., Spirig C., Calanca P., Rotach M.W., Fischer A.M., Duffy B. und Samietz J.: Downscaling climate change scenarios for apple pest and disease modeling in Switzerland. *Earth Syst. Dynam.* 3, 33–47, 2012.

Nakicenovic N., Alcamo J., Davis G. et al.: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2000.

Samietz J., Graf B., Höhn H., Schaub L. und Höpli H.U.: Phenology modelling of major insect pests in fruit orchards from biological basics to decision support. *OEPP/EPPO Bulletin* 37, 255–260, 2007.

Stoeckli S., Hirschi M., Spirig C., Calanca P., Rotach M.W. und Samietz J.: Impact of Climate Change on Voltinism and prospective Diapause Induction of a Global Pest Insect – *Cydia pomonella* (L.). *PLoS ONE* 7 (4), e35723, doi:10.1371/journal.pone.0035723, 2012.

Influence de l'effet de serre sur le carpocapse

R É S U M É

Sous l'effet des changements climatiques, de nouveaux ravageurs vont apparaître ou proliférer davantage dans l'agriculture suisse. Certains ravageurs domestiques vont aussi se multiplier et il deviendra plus difficile de les combattre durablement. Dans l'étude discutée, les dégâts que peut occasionner le carpocapse du pommier dans les conditions climatiques futures (après 2045) ont été étudiés sur la base de simulations par ordinateur. Il apparaît qu'à l'avenir, le ravageur le plus menaçant pour les pommiers sera présent

dans les installations de production sur une plus longue période de l'année et en plus grandes quantités. Les insectes commenceront à essaimer environ deux semaines plus tôt qu'aujourd'hui et en Suisse septentrionale, il faudra s'attendre partout à une génération supplémentaire. C'est pourquoi il est important de développer dès à présent des stratégies durables de lutte phytosanitaire pour les scénarios climatiques futurs et se préparer à adapter les stratégies existantes.