



## EINFLUSS DES KLIMAWANDELS AUF DIE VERBREITUNG VON SCHADINSEKTEN

Die Landwirtschaft soll die Ernährung für die wachsende Weltbevölkerung gewährleisten und gleichzeitig unerwünschte Auswirkungen auf die Umwelt minimieren. Der Klimawandel übt zusätzlichen Druck auf den Anbau von Kulturen aus, so werden gegenwärtige Herausforderungen verstärkt und gleichzeitig neue erzeugt. Im Rahmen einer Dissertation bei Agroscope und der ETH Zürich wurde deshalb der Einfluss des Klimawandels auf die Verbreitungsgebiete und die potenzielle Ausbreitung von in der Schweiz noch nicht vorkommenden Schadinsekten untersucht.

Einerseits haben abiotische Veränderungen, wie zum Beispiel erhöhter Hitzestress und veränderte Niederschlagsmuster, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden, einen direkten Einfluss auf Kulturpflanzen. Andererseits gefährden biotische Faktoren wie Schadinsekten den Pflanzenbau. Insekten sind als Kaltblüter besonders stark von Veränderungen der Umgebungstemperatur abhängig und reagieren deshalb empfindlich auf die durch den Klimawandel hervorgerufene Erhöhung der Durchschnittstemperaturen. Es wird erwartet, dass mit den steigenden Temperaturen die heimischen, etablierten Schadinsekten mehr Generationen entwickeln können, die Populationen schneller wachsen, der Stoffwechsel erhöht wird und neu auftretende, gebietsfremde Arten zusätzlichen Druck auf die Landwirtschaft ausüben. Des Weiteren unterstützt die Globalisierung durch zunehmenden Handels- und Reiseverkehr die Schadinsekten bei der Überwindung von natürlichen Grenzen und der Besiedlung neuer Gebiete. Dort finden sie

aufgrund des Klimawandels vermehrt geeignete klimatische Bedingungen. Insbesondere in höheren Breitengraden haben tiefe Wintertemperaturen bis anhin die Verbreitung vieler Schadinsekten eingeschränkt. In Zukunft wird sich durch die steigenden Temperaturen in diesen Regionen das Risiko erhöhen, dass sich invasive Arten etablieren. In der Schweiz traten in den letzten Jahren bereits Verbote solcher invasiver Arten auf. Die Kirschessefliege, die Marmorierete Baumwanze und der Japankäfer (Bild oben) wurden kürzlich eingeschleppt und trafen auf geeignete klimatische Bedingungen. So ist ihr Einfluss auf die Obstproduktion bereits erheblich und sie stellen die Produzenten landesweit vor grosse Herausforderungen. Um die landwirtschaftliche Nahrungsproduktion auf einen erhöhten Schädlingsdruck vorzubereiten und davor zu schützen, braucht es bessere Kenntnisse über die potenzielle Verschiebung der Verbreitungsgebiete von Schadinsekten im Klimawandel. Diese Informationen helfen bei der Überwachung und Früherken-



nung von neu auftretenden Schadinsekten und unterstützen die frühzeitige Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien.

### Räumliche Modellierung von Schadinsekten mit statistischen Modellen

In einem ersten Schritt wurden die klimatischen Nischen von 64 Schadinsekten untersucht, die bisher nicht in Europa etabliert sind und von Expertenorganisationen als besonders gefährlich eingestuft werden. Die klimatische Nische einer Art definiert unter welchen klimatischen Bedingungen sie vorkommt und kann mit sogenannten Artenverteilungsmodellen («Species Distribution Models», SDMs) erarbeitet werden. SDMs sind statistische Modelle, welche die aktuelle Verbreitung einer Art mit den dort herrschenden klimatischen Bedingungen in Verbindung setzen. Dadurch wird die Beziehung zwischen der Verbreitung einer Art und verschiedenen Umweltvariablen (z. B. Temperatur und Niederschlag) mathematisch beschrieben. Um ein solches Modell zu erstellen, werden Koordinaten von Orten, wo eine Art auftritt, sowie räumliche Daten zu Umweltvariablen benötigt. Das Modell lässt sich dann auf Regionen projizieren, in denen die Art nicht vorkommt. Mittels der dortigen klimatischen Bedingungen wird berechnet, ob eine Art ein geeignetes Klima vorfindet oder nicht. Wir projizierten die Modelle auf Europa in Zehnjahresschritten bis 2100, basierend auf unterschiedlichen Klima- und Emissionsszenarien. Die räumliche Darstellung der klimatischen Nischen der Schadinsekten mit SDMs lieferte neue Erkenntnisse über die potenzielle Verbreitung von Schadinsekten und deren Verschiebung durch den Klimawandel.

### Invasive Schadinsekten finden vermehrt geeignete klimatische Bedingungen vor

Unsere Analyse zeigte, dass durch den Klimawandel in grösseren Gebieten Europas ein geeignetes Klima für potenziell invasive Schadinsektenarten herrschen wird. Demzufolge ist bis zum Ende

des 21. Jahrhunderts eine Erhöhung des Drucks auf den Pflanzenbau zu erwarten. Besonders alarmierend sind die Ergebnisse für Südeuropa (Mittelmeerraum), wo bereits heute die Mehrheit der untersuchten Arten überleben kann. Auch weiter nördlich in Europa steigt die Anzahl der Arten, die ein geeignetes Klima vorfinden, stark an (Abb. 1). Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass sich Arten mit steigenden Temperaturen nach ihrer Einwanderung oder Einschleppung aus Südeuropa in nördliche und nordöstliche Richtung ausbreiten können. Für die Schweiz bedeutet das, dass heute bereits 30 der insgesamt 64 untersuchten Arten geeignetes Klima vorfinden und es bis im Jahr 2100 42 Arten sein könnten.

### Invasive Schadinsekten können vermehrt auf geeignete Wirtspflanzen stossen

Das Auftreten von neuen Schadinsekten hängt nicht allein vom Klima ab, sondern auch von der Verfügbarkeit geeigneter Wirtspflanzen. Daher untersuchten wir auch die zukünftige Verbreitung von 96 Nutzpflanzen, die als Wirtspflanzen für die 64 berücksichtigten Schadinsekten bekannt sind. Die Resultate zeigten, dass die Landwirtschaft insbesondere im Norden Europas von den verbesserten klimatischen Bedingungen für Nutzpflanzen profitieren könnte (Abb. 2). Mit längeren Wachstumsperioden und wärmeren Temperaturen öffnen sich in vielen Regionen neue Möglichkeiten für den Anbau von Nutzpflanzen und somit für eine Diversifizierung des Pflanzenbaus.

Diese neuen Nutzpflanzen werden jedoch von den neu auftretenden Schadinsekten bedroht, die sich durch die wärmeren Temperaturen etablieren können. Um zu zeigen, wie sich die Überlappung der Verbreitungsgebiete von Schadinsekten und ihren Wirtspflanzen verändert, nutzten wir eine Methode, die es ermöglicht, den Einfluss des Klimawandels auf Interaktionen zwischen Schadinsekten und ihren Wirtspflanzen in einem räumlichen und zeitlichen Kontext zu untersuchen. Die Resultate zeigten, dass sowohl die Anzahl von Wirtspflanzen, auf welche die Schadinsekten treffen können, als auch die

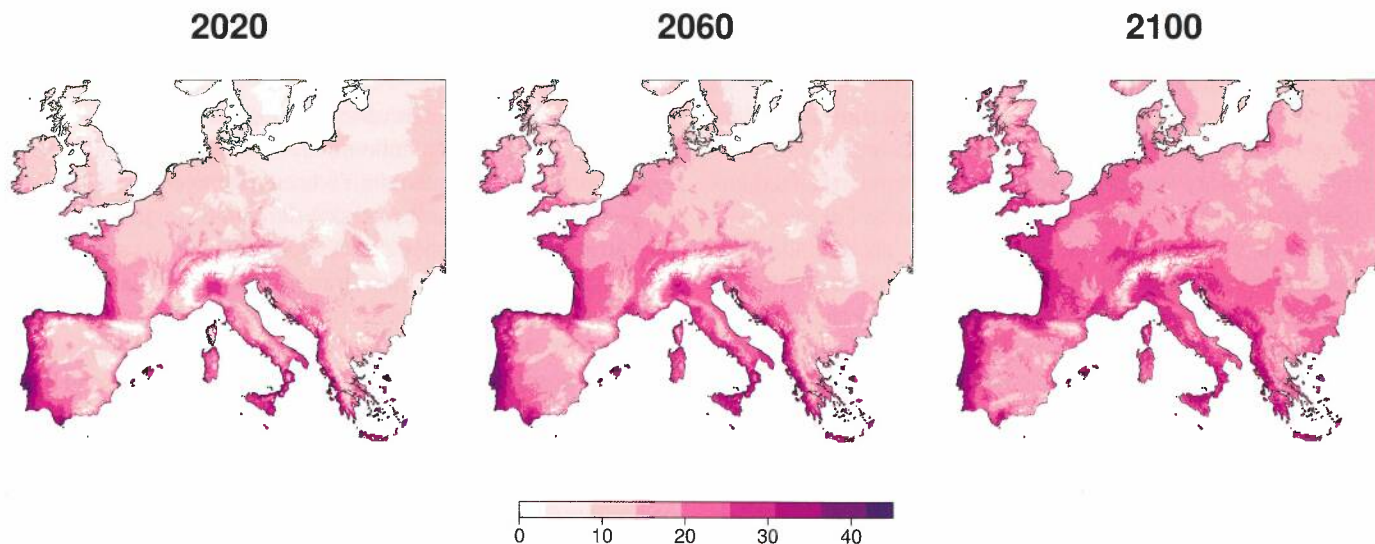


Abb. 1: Anzahl Schadinsekten von insgesamt 64 Arten mit geeigneten klimatischen Bedingungen innerhalb von Europa. Je dunkler die Färbung, desto mehr Arten finden ein geeignetes Klima.

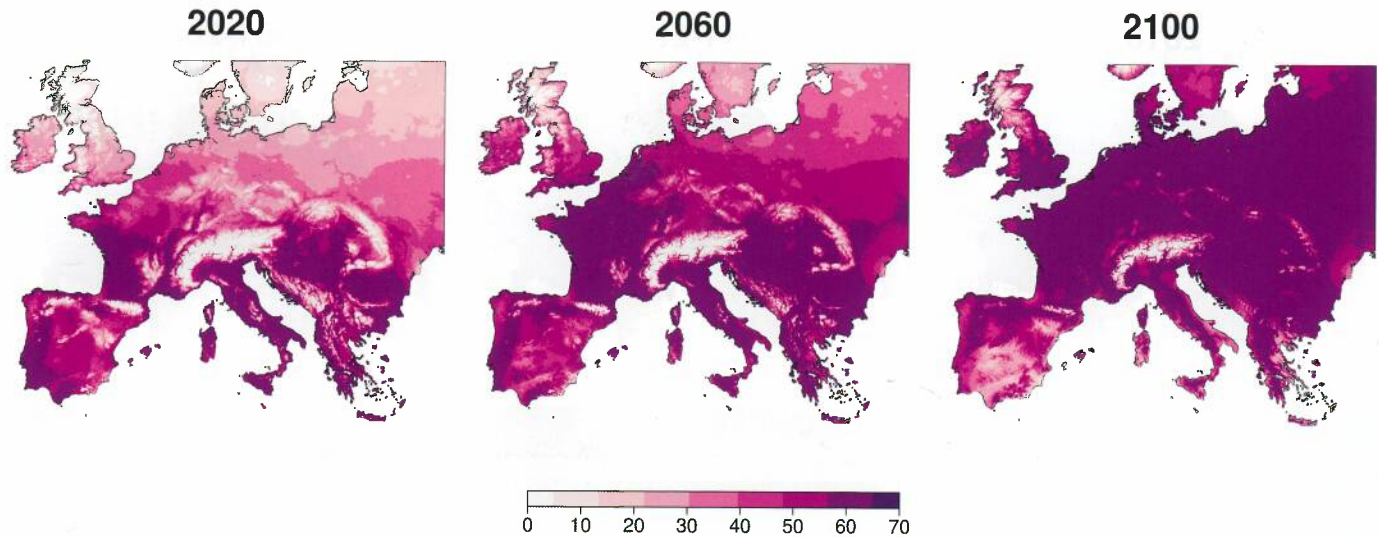


Abb. 2: Anzahl Nutzpflanzen (von 96 untersuchten Arten) mit geeigneten klimatischen Bedingungen innerhalb von Europa. Je dunkler, desto mehr Arten finden ein geeignetes Klima.

Gebiete, in denen dies möglich ist, sich in Zukunft vergrössern werden (Abb. 3). Überall dort, wo eine Schadinsektenart und mindestens eine ihrer Wirtspflanzenarten gleichzeitig vorkommen können, besteht ein Invasionsrisiko. Dabei geht die grösste Bedrohung von Arten aus, die viele Wirtspflanzen nutzen können, da diese auf mehr potenzielle Wirtspflanzen treffen können. Tatsächlich ist der Erfolg vieler in der Schweiz neu auftretenden Schadinsektenarten unter anderem auf ihr breites Wirtsspektrum zurückzuführen, da in der kleinräumigen Schweizer Landwirtschaft eine fast kontinuierliche Nahrungsverfügbarkeit während des ganzen Jahres gewährleistet ist. Der Anbau von neuen Nutzpflanzen birgt somit das Risiko, die Etablierung von neu auftretenden Schadinsekten zu fördern, die auch einheimische Nutzpflanzen in ihr Wirtsspektrum aufnehmen können.

### Zunahme des Schadinsektenendrucks nach überschreiten eines Temperaturschwellenwerts

Im Weiteren untersuchten wir die klimatischen Nischen von gebietsfremden, invasiven und von lokal bereits etablierten Schadinsekten. Dabei stellten wir fest, dass die Nischen entlang eines Temperaturgradienten nicht gleichmässig verteilt sind. Das bedeutet, dass nach dem Überschreiten eines gewissen Temperaturschwellenwerts die Anzahl Arten, die geeignete klimatische Bedingungen vorfinden, stark ansteigt. Die Ursache für die ungleichmässige Verteilung der Nischen liegt darin, dass die Schadinsekten aufgrund ihrer klimatischen Anforderungen in zwei Gruppen eingeteilt werden können. Einerseits gibt es «kalt-adaptierte» Arten, die an eher kühlere Bedingungen angepasst sind und über eine winterliche Ruhephase

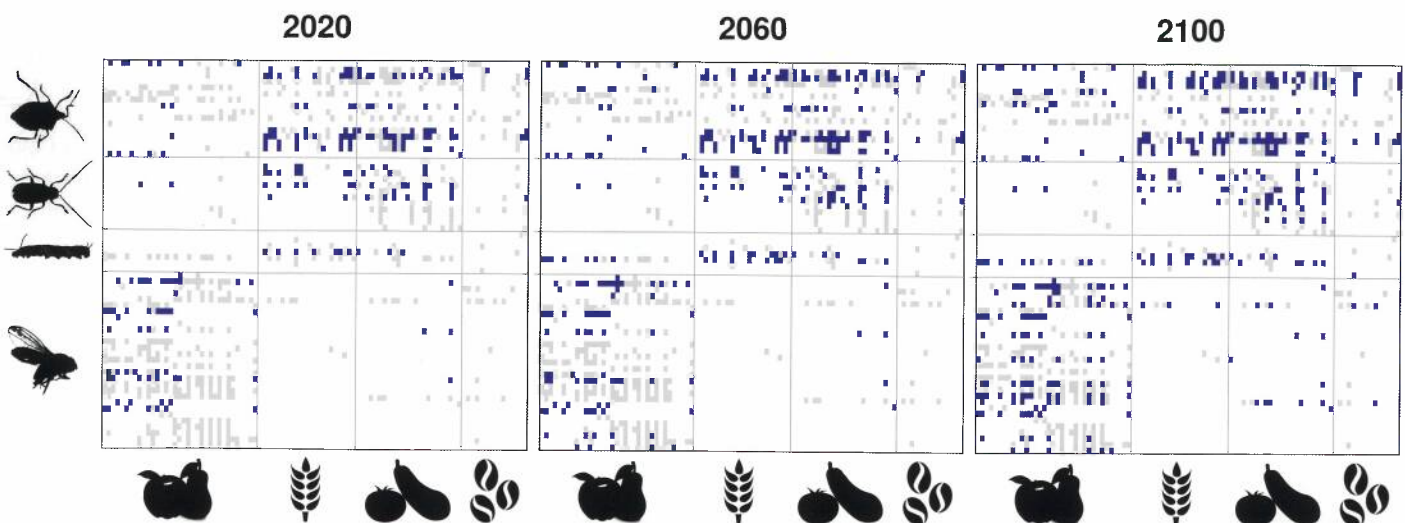


Abb. 3: Veränderung in der Anzahl Interaktionen mit dem Klimawandel in Westeuropa für verschiedene Gruppen von Schadinsekten und Nutzpflanzen. Schadinsekten wurden in verschiedene Gruppen kategorisiert (Piktogramme von unten nach oben: Obst-, Ackerbau-, Gemüse- und polyphage Schädlinge). Nutzpflanzen ebenso (v.l.: Obst, Getreide, Gemüse, verschiedene Nutzpflanzen). Die grauen Punkte zeigen Interaktionen, die gemäss Literatur möglich sind, während die blauen Punkte Interaktionen, die unsere Modelle als realisierbar einstufen, zeigen. Die Anzahl realisierbarer Interaktionen steigt mit dem Klimawandel stark an.

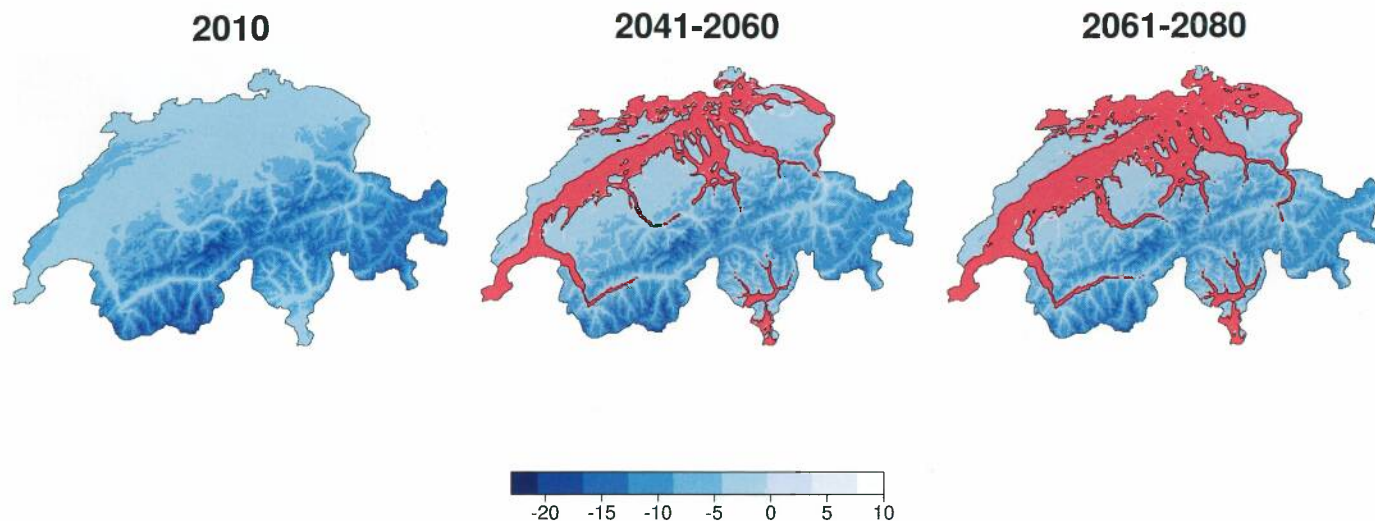


Abb. 4: Die Grafik zeigt die Minimumtemperatur des kältesten Monats für die Schweiz. Der rot eingefärbte Bereich gibt an, wo sich die «warm-adaptierten» Schadinsekten etablieren könnten.

(Diapause) tiefen Temperaturen trotzen können. Andererseits gibt es «warm-adaptierte» Arten, die keine Diapause durchlaufen und in ihrer Verbreitung durch tiefe Temperaturen eingeschränkt werden. Wir konnten den Temperaturschwellenwert bei einer durchschnittlichen Minimaltemperatur während des kältesten Monats von  $-3^{\circ}\text{C}$  identifizieren. Dieser Grenzwert wird nur erreicht, wenn lange Phasen mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt stattfinden. In Gebieten, in denen die Temperatur für längere Perioden unter dem Gefrierpunkt liegt, können deshalb viele Arten nicht überleben. Diese können aber kürzere Phasen mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt in geschützten Überwinterungsorten, z.B. unter einer Laubschicht, überstehen. Mit unserer Arbeit konnten wir aufzeigen, in welchen Gebieten die «warm-adaptierten» Arten überleben können und inwiefern der Klimawandel diese Gebiete ausdehnt (Abb. 4). Für die Schweiz beobachteten wir, dass sich unter den jetzigen Temperaturverhältnissen eine Vielzahl von «warm-adaptierten» Schadinsekten noch knapp nicht etablieren kann. In Zukunft werden die Temperaturschwellenwerte aber in grossen Teilen des Landes, insbesondere im Mittelland und im Tessin, überschritten, was ein vermehrtes Auftreten neuer Schadinsekten ermöglichen wird.

### Ausblick

Durch unsere Forschung konnten wir aufzeigen, dass es der Klimawandel vielen derzeit in der Schweiz noch nicht auftretenden Schadinsektenarten ermöglichen kann, sich in naher Zukunft zu etablieren. Die räumliche Modellierung der klimatischen Nischen von Schadinsekten zeigte auf, dass die Überwachung von solchen Schadinsekten weiter an Wichtigkeit gewinnen wird. Mit dem globalen Handel und Reiseverkehr werden vermehrt Schadinsekten in neue Regionen eingeschleppt. Um diese frühzeitig zu erkennen und zu überwachen, sind Informationen zur potenziellen Verbreitung gefragt. Die erarbeiteten Modelle unterstützen die Beratung und den Vollzug in der Gebietsüberwachung und Früherkennung und ermöglichen eine risikobasierte, kosteneffiziente Priorisierung

von Überwachungsmassnahmen sowie die frühzeitige Anpassung von Anbausystemen und Pflanzenschutzstrategien.

### Dank

Unser Dank gilt Prof. Dr. Loïc Pellissier für die Zusammenarbeit mit der ETH Zürich sowie Eduard Holliger, Agroscope, für seine Unterstützung. Die Dissertation wurde durch das National Centre for Climate Services ([www.nccs.ch](http://www.nccs.ch)) initiiert.

DIE LIZENZIERUNG DER PIKTOGRAMME IST ZU FINDEN UNTER [WWW.OBSTUNDWEINBAU.CH](http://WWW.OBSTUNDWEINBAU.CH)



### MARC GRÜNIG

Agroscope  
marc.gruenig@agroscope.admin.ch

### In Zusammenarbeit mit

Pierluigi Calanca und Dominique Mazzi, Agroscope

### LITERATUR

- Grünig M., Mazzi D., Calanca P., Karger D. N. and Pellissier L.: Crop and forest pest metawebs shift towards increased linkage and suitability overlap under climate change. *Communications biology*, 3(1), 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-0962-9>, 2020.
- Grünig M., Calanca P., Mazzi D. and Pellissier L.: Inflection point in climatic suitability of insect pest species in Europe suggests non-linear responses to climate change. *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.15313>, 2020.