

Pflanzenschutz

Folie 2

Der Klimawandel stellt den Gärtner auch im Hinblick auf den Pflanzenschutz vor neue Herausforderungen. Schließlich wirken sich klimatische Veränderungen wesentlich auf das Auftreten von Schaderregern und deren Interaktion mit der Pflanze aus. Insbesondere steigende Durchschnittstemperaturen und mildere Winter bedeuten für zahlreiche Schaderreger bessere Lebens- und Ausbreitungsbedingungen (HALLMANN & TIEDEMANN 2019). Warum das so ist und wie sich Pflanzen auf natürliche Weise für die Herausforderungen des Klimawandels wappnen lassen, wird das Hauptthema des heutigen Seminars sein.

1. Witterungsbedingte Schäden

Folie 4

Zu beachten ist, dass nicht nur Krankheitserreger und Schädlinge, sondern auch Extremwetterereignisse die Gesundheit unserer Kulturpflanzen maßgeblich beeinträchtigen können (HALLMANN & TIEDEMANN 2019). Den Schwerpunkt dieses Moduls sollen die biotischen, also belebten Schadursachen bilden, sodass potenzielle direkte witterungsbedingte Schäden mit Bezug zum Klimawandel ungeachtet ihrer großen Relevanz im Folgenden lediglich kurz angerissen werden.

1.1. Spätfröste

Folie 5

Ein nur allzu bekanntes Schreckensszenario im Garten stellen Spätfröste dar. Frühlingshafte Temperaturen veranlassen die Pflanzen dazu, ihren Stoffwechsel nach dem Winter wieder hochzufahren. Durch den Klimawandel ist immer früher im Jahr mit phasenweise äußerst milden Temperaturen zu rechnen, sodass die Pflanzen ihre Winterruhe zeitiger beenden und wieder aktiv werden. Diese frühzeitige, rasante Entwicklung macht sie besonders empfindlich gegenüber späteren Kälteeinbrüchen (SCHEU-HELGERT 2019). Spätfröste schädigen junge Triebe, Blätter und Blüten und können diese wenig abgehärteten Organe im schlimmsten Fall komplett zum Absterben bringen. Ein hohes Risiko besteht beispielsweise für den Obstbau: Trifft der Frost auf die geöffneten Blüten von Apfel, Birne und Co., so kann der Ertrag des gesamten Jahres auf einen Schlag zerstört werden.

Folie 6

Da Spätfröste in unseren Breiten nicht die Ausnahme, sondern eher die Regel sind, sollte rechtzeitig vorgebeugt werden. Am besten werden empfindliche Pflanzen an windgeschützten, südseitigen Plätzen bzw. direkt am Haus positioniert. Falls der Wetterbericht im April oder Mai vor Frösten warnt, sollten Topfpflanzen über Nacht ins Warme geholt werden. Weiterhin bieten sich Vliesabdeckungen an, um empfindliche Kulturen zu schützen (SCHEU-HELGERT 2019).

1.2. Intensive Einstrahlung

Folie 7

Neben Spätfrösten besteht für nicht abgehärtete Pflanzen im Frühjahr eine nicht zu unterschätzende Bedrohung durch übermäßige Sonneneinstrahlung. Besonders für Sämlinge und Jungpflanzen, die in der Wohnung vorgezogen wurden oder Kübelpflanzen, die den Winter in geschützten Räumlichkeiten verbracht haben, sind die ersten direkten Sonnenstrahlen ein Schock. Auf den abrupten Übergang vom

Innenraum ins Freiland reagieren die Pflanzen nur allzu oft mit Sonnenbrand. Die plötzlich einfallende, intensive Sonnenstrahlung kann das empfindliche Gewebe zerstören (SPERLI GMBH 2020). Um diese Reaktion zu verhindern oder zumindest abzumildern, sollten die Pflanzen bei der Umsiedlung ins Freie zunächst einige Tage an einem schattigen bis halbschattigen Ort an die Freilandbedingungen gewöhnt werden.

Folie 8

Auch an heißen, strahlungsreichen Sommertagen besteht erhöhte Gefahr für Sonnenbrand. An strahlungsreichen Tagen ist es daher ratsam, gefährdete Pflanzen mit Hilfe von Schattierleinen oder ähnlichen Materialien vor der einfallenden UV-Strahlung zu schützen (MARGRAF 2020).

1.3. Hagel

Folie 9

Meist nur lokal begrenzt, dafür umso unheilvoller treten Hagelereignisse auf. Starker Hagel kann komplette Pflanzenbestände innerhalb kürzester Zeit vollkommen zerstören (HALLMANN & TIEDEMANN 2019). Auch wenn die betroffenen Pflanzen überleben, erholen sie sich nur langsam von ihren Verletzungen. Die entstandenen Wunden dienen Pilzen und Bakterien als willkommene Eintrittspforten. Nicht selten sind es diese Folgeinfektionen, die die Pflanzen schließlich in die Knie zwingen (B+H SOLUTIONS GMBH 2020).

Folie 10

Überdachungssysteme und Netze helfen, die Pflanzen vor der starken Energie des auftreffenden Niederschlags zu schützen.

Nach diesem kurzen, anfänglichen Exkurs zu den abiotischen Schadursachen gehen wir nun zu den möglichen Reaktionen verschiedener Schaderregergruppen auf die erwarteten Klimaveränderungen über.

2. Unterschiedliche Erregergruppen

2.1. Viren

Folie 12

Wenden wir uns mit den Viren zuerst einer Erregergruppe zu, mit der Pflanzen infolge des Klimawandels häufiger zu kämpfen haben könnten (KRENGEL et al. 2019).

Da Viren keine Lebewesen sind, können sie sich weder eigenständig fortbewegen noch reproduzieren. Um in die Pflanze eindringen zu können, sind Viren zwingend auf offene Eintrittspforten wie Wunden oder aber auf sogenannte Vektoren angewiesen, die sie in intaktes Gewebe einschleusen. Als Vektoren werden Organismen bezeichnet, die einen Erreger von einem Wirt zum nächsten übertragen. Im Fall von Pflanzenviren sind es sehr häufig Blattläuse, Zikaden, Thripse oder Mottenschildläuse, die als Überträger fungieren (HALLMANN & TIEDEMANN 2019; MAIXNER et al. 2017). Ebendiese wärmeliebenden Tiere scheinen durch den Klimawandel im Aufschwung zu sein, sodass in der Folge auch die Übertragungsrate von Viruskrankheiten ansteigen könnte (KRENGEL et al. 2019).

2.2. Bakterien

Folie 13

Bakterien können sich nur in feuchtem Milieu ausbreiten. Deshalb stellt das Vorhandensein von tropfbarem Wasser neben den passenden Temperaturen die Grundvoraussetzung für eine Infektion dar (ZANGE 2020). Optimale Infektionsbedingungen herrschen bei warm-feuchter Witterung mit Temperaturen zwischen 15 und 20 °C (BERESFORD & MACKAY 2012). Da zahlreiche Bakteriosen sogar von Temperaturen über 25 °C profitieren, ist die Gefahr einer Hemmung durch zu hohe Temperaturen bei dieser Erregergruppe eher gering (WISSENSCHAFTSTAGUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU 2009). Im Gegenteil würde ein Anstieg der Durchschnittstemperatur die Infektionsgefahr besonders im Frühjahr, wenn die Temperaturen in hiesigen Klimaten noch unterhalb des Optimums liegen, erhöhen (BERESFORD & MACKAY 2012). Was die Ausbreitung von Bakteriosen in Zukunft beeinträchtigen könnte, sind anhaltende Trockenperioden, wie sie infolge des Klimawandel sowohl im Frühjahr, als auch im Sommer häufiger erwartet werden (JUROSZEK et al. 2009). Ob begünstigende oder einschränkende Aspekte künftig überwiegen, wird wohl je nach Witterung von Jahr zu Jahr schwanken.

2.3. Pilze

Folie 14

Die Verbreitungseinheiten von pflanzenschädigenden Pilzen werden oft von Regen oder Wind in Umlauf gebracht. Trifft eine Pilzspore auf das pflanzliche Gewebe, so muss diese zunächst keimen, um die Pflanze infizieren zu können. Für diesen Vorgang ist bei den meisten Pilzen zwingend Feuchtigkeit notwendig. Der Großteil pilzlicher Krankheitserreger breitet sich daher bevorzugt in feuchtem Milieu aus. In der Regel besitzen pflanzenschädigende Pilze eine ausgesprochen hohe Toleranz gegenüber der Temperatur, wobei das Optimum der meisten Arten zwischen 15 und 20 °C liegt (BERESFORD & MACKAY 2012; ZANGE 2020). Auch für Pilzkrankheiten gilt daher, dass steigende Durchschnittstemperaturen im noch kühlen Frühjahr das Infektionsrisiko erhöhen würden (BERESFORD & MACKAY 2012). Ganz generell werden die meisten Pilzkrankheiten durch steigende Temperaturen, zumindest bis zu deren artspezifischem Optimum, gefördert und ihre Entwicklung beschleunigt. Wärmere, feuchtere Winter dürften pilzlichen Erregern besonders zuträglich sein (JUROSZEK et al. 2009), ebenso wie feuchtwarme Witterung im Sommer (WISSENSCHAFTSTAGUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU 2009). Da die meisten pflanzenpathogenen Pilze zumindest in bestimmten Entwicklungsphasen auf Blattnässe oder hohe Luftfeuchtigkeit angewiesen sind, könnte anhaltende Trockenheit im Frühjahr oder Sommer diese Erregergruppe einbremsen (RIEDLE-BAUER 2017).

Folie 15

Dennoch ist die Lage differenziert zu betrachten. Beispielsweise deuten aktuelle Studien darauf hin, dass künftig erhöhte Gefahr von bodenbürtigen Pilzkrankheiten ausgehen könnte. Üblicherweise werden diese durch natürliche Gegenspieler im Boden effektiv in Schach gehalten, doch scheinen derartige schützende Mikroorganismen durch Hitze und Trockenheit beeinträchtigt zu werden. In heißen, trockenen Jahren könnten bodenbürtige Pilzkrankheiten demzufolge zunehmenden Schaden anrichten (DÖRING et al. 2020).

Weiterhin ist das Anpassungspotenzial der Pilze an veränderte Umweltbedingungen nicht zu vernachlässigen. Obwohl es sich zum Beispiel bei Falschem Mehltau oder Kraut- und Braunfäule (*Phytophthora infestans*) naturgemäß um „Schlechtwetterpilze“ handelt, berichten zahlreiche Quellen in den letzten Jahren von steigendem Infektionsdruck bzw. vom Aufkommen besonders aggressiver Stämme (AOUN et al. 2017; RIEDLE-BAUER 2017; SEIDEL 2017).

Schließlich gibt es Vertreter wie den Echten Mehltau, die im Gegensatz zu den meisten anderen Pilzkrankheiten für die Infektion nicht auf das Vorhandensein von tropfbarem Wasser angewiesen sind, sondern im Gegenteil von trockenen, warmen Bedingungen profitieren (ZANGE 2020). Somit sollte die Gefahr, die von pilzlichen Krankheitserregern ausgeht, weiterhin nicht unterschätzt werden (AOUN et al. 2017; JUROSZEK et al. 2009).

2.4. Tierische Schaderreger

2.4.1. Allgemeine Trends

Folie 16

Der Großteil tierischer Pflanzenschädlinge ist wärmeliebend und dürfte daher von der erwarteten Klimaerwärmung profitieren. Folgende Trends zeichnen sich für die Mehrheit der tierischen Schaderreger ab:

Zunächst dürften die Schädlinge im Zuge der milder werdenden Winter häufiger zur erfolgreichen Überwinterung in der Lage sein. Im Zusammenspiel mit warmen Frühjahren sollte die größere Ausgangspopulation früher als gewohnt aktiv werden und auf Pflanzen übergehen (KRENGEL et al. 2019). Außerdem haben höhere Durchschnittstemperaturen eine beschleunigte Entwicklung der Tiere zur Folge, sodass einzelne Entwicklungsstadien schneller ablaufen können (LANDSBERG & SMITH 1992). Einigen Schaderregern wird dieser Umstand in Kombination mit der Ausdehnung ihrer aktiven Phase am Ende der Vegetationsperiode zusätzliche Generationen in derselben Saison ermöglichen (STÖCKLI et al. 2012; SAUER 2018). Weiterhin könnte sich die Tatsache, dass Pflanzen, die durch Hitze und Trockenheit geschwächt sind, den Schädlingen weniger Abwehrkraft entgegensetzen können, befallsfördernd auswirken (WISSENSCHAFTSTAGUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU 2009; HALLMANN & TIEDEMANN 2019).

Folie 17

Generell können sich Bakterien, Pilze und tierische Schädlinge bei höheren Temperaturen schneller entwickeln. Wie aus der Grafik hervorgeht, trifft dies aber nur bis zum individuellen Temperaturoptimum zu. Steigen die Temperaturen weiter, so werden die Schaderreger eingebremst.

Folie 18

Gerade bei tierischen Schädlingen kann es bei zu hohen Temperaturen zu einem vorübergehenden Entwicklungsstopp, verringerter Reproduktion und verminderter Aktivität kommen (KRENGEL et al. 2019). Anhand von zwei konkreten Beispielen sollen die Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzenschädlinge verdeutlicht werden:

2.4.2. Beispiel Apfelwickler

Folie 19

Über einen wurmigen Apfel hat sich bestimmt jeder schon mal geärgert. Der dafür verantwortliche Schädling ist der Apfelwickler (*Cydia pomonella*), genauer: dessen Larven (THÜRINGER LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHEN RAUM 2019). Der Apfelwickler tritt hierzulande mit 1-2 Generationen pro Jahr auf (INFORMATIONSSYSTEM INTEGRIERTE PFLANZENPRODUKTION E.V.) und scheint durch den Klimawandel im Aufschwung zu sein (STÖCKLI et al. 2012). Da seine Entwicklung stark temperatur- und witterungsabhängig ist, kann die Befallsstärke von Jahr zu Jahr je nach Witterung variieren (INFORMATIONSSYSTEM INTEGRIERTE PFLANZENPRODUKTION E.V.). Tendenziell ist infolge der höheren Durchschnittstemperaturen von einer zunehmenden Gefährdung der Ernte durch den Apfelwickler auszugehen (STÖCKLI et al. 2012).

Folie 20

Ausgangspunkt für die neue Apfelwickler-Generation sind die Larven, die in den Borkenschuppen der Obstbäume überwintern (ZANGE 2020). Diese werden aktiv, sobald die Temperaturen einen Schwellenwert von ca. 10 °C erreichen. Auch die darauffolgende Entwicklung hängt im Wesentlichen von der Temperatur ab. Je wärmer das Jahr, desto schneller durchläuft der Apfelwickler seine verschiedenen Entwicklungsstadien von der verpuppten Larve zum Falter und über die Eiablage zur neuen Larvengeneration (WEBER 2020). Unter 15 bzw. über 31 °C erfolgt keine Eiablage und auch Niederschlag oder starker Wind beeinträchtigen diese (FRUITWEB GMBH). Aus den Eiern schlüpfen die Larven, die das typische Schadbild verursachen. Sie fressen sich in das Innere der jungen Früchte und hinterlassen dort feuchte, mit Kot gefüllte Hohlräume. Nach 3-4 wöchigem Fraß verlassen die Larven die geschädigten Früchte wieder (ZANGE 2020). Für deren weitere Entwicklung ist die vorhandene Tageslänge verantwortlich. Nur wenn die vorangegangene Entwicklung schnell genug abgelaufen ist, sind die Larven in der Lage sich zu verpuppen und eine zweite Generation auszubilden. Ist bis zum 1. August keine Verpuppung erfolgt, so überwintern die Larven und bilden im selben Jahr keine 2. Faltergeneration mehr aus. Unter günstigen Bedingungen verpuppt sich ein Teil der Raupen bereits im Juli und sorgt für eine 2. Faltergeneration, die ihre Eier erneut an den reifenden Früchten ablegt (WEBER 2020; THÜRINGER LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHEN RAUM 2019). Im September schlüpfen die Larven der zweiten Generation und bohren sich in die Apfelfrüchte, wo sie unter Umständen noch zur Erntezeit zu finden sind (GARTENAKADEMIE RHEINLAND-PFALZ). Gegebenenfalls treten die Larven aber noch vor Ernte aus, verpuppen sich unter der Borke und überwintern dort (ZANGE 2020).

Folie 21

Es zeichnet sich ab, dass sich der Beginn des Falterflugs in den letzten Jahrzehnten nach vorne verschiebt. Konkret lassen sich die ersten Falter heute ca. 10 Tage früher beobachten, als dies noch vor 40 Jahren der Fall war (STÖCKLI et al. 2012). Auch die darauffolgende Entwicklung des Schädlings scheint sich durch die höheren Durchschnittstemperaturen merklich zu beschleunigen. Das Auftreten einer zweiten Apfelwicklergeneration wird dadurch immer wahrscheinlicher. Zusätzlich scheint der Apfelwickler seine Saison auch nach hinten auszudehnen, da die Larven aufgrund der wärmeren Temperaturen später in Winterruhe gehen. In Summe ist eine stärkere Vermehrung und längere Aktivität des Apfelwicklers, eventuell mit zusätzlichen Generationen pro Jahr abzusehen, was sein Schadpotenzial verstärken dürfte (STÖCKLI et al. 2012).

Folie 22

Wie gut, dass für diesen Schädling eine Reihe von wirksamen Bekämpfungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Werden diese konsequent und zum richtigen Zeitpunkt angewendet, so lässt sich der Befallsdruck deutlich reduzieren.

Die Prävention beginnt bereits im Winter. Spätestens bis April sollten die Baumstämme auf überwinternde Larven geprüft werden, um die Ausgangspopulation möglichst klein zu halten (THÜRINGER LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHEN RAUM 2019). Falls Larven aufgefunden werden, können diese beispielsweise mit einer Drahtbürste mechanisch entfernt werden (LOHRER 2020b).

Die Verpuppung der diesjährigen Larven an den Bäumen kann verhindert werden, indem ab Ende Juni mindestens 10 cm breite Wellpappe-Fanggürtel am Stamm angebracht werden. Diese sollten wöchentlich kontrolliert und bei Besatz entsorgt und erneuert werden.

Findet man Früchte mit Einbohrlöchern auf, so sollten diese umgehend entfernt und entsorgt werden.

Zur biologischen Bekämpfung bieten sich Nematoden und Schlupfwespen an. Entscheidend für den erfolgreichen Nützlingseinsatz sind die passenden Witterungsbedingungen und der richtige Einsatztermin. Während die Nematoden ab Ende September im Stammbereich der Bäume aufgesprüht werden, um die Raupen abzutöten, werden die Schlupfwespen jeweils im Zeitraum der Eiablage ausgebracht, um die Eier des Wicklers zu parasitieren.

Gängiger als die biologische Bekämpfung mit Nützlingen ist der Einsatz spezieller Granuloseviren – eine Maßnahme, die ebenfalls im ökologischen Anbau zugelassen ist. Die Granuloseviren werden mehrmals zum Zeitpunkt des Larvenschlupfs ausgebracht. Nachdem die jungen Larven die Viren beim Fressen aufgenommen haben, vermehren sich diese im Darmtrakt der Larven und töten die Larven schließlich ab.

Da der Eintritt des Apfelwicklers in die jeweiligen Entwicklungsstadien stark witterungsabhängig ist, empfiehlt es sich den Schädling mit speziellen Pheromonfallen zu überwachen, um die Bekämpfungsmaßnahmen exakt terminieren zu können (THÜRINGER LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHEN RAUM 2019).

2.4.3. Beispiel Gemüsefliegen

Folie 24

Eher negativ dürfte sich der Klimawandel auf heimische Gemüsefliegen auswirken (HOMMES 2007; GEBELEIN et al.).

Wie schon beim Apfelwickler geht die Schadwirkung auch bei Gemüsefliegen von den Larvenstadien aus (SAUER 2018). Diese leben im Boden und schädigen im Falle der Kleinen Kohlflye vor allem die Wurzeln der Kulturpflanzen, seltener auch die oberirdischen Pflanzenteile. Die kleine Möhrenflye frisst sich stattdessen von den Seitenwurzeln aus direkt durch den Möhrenkörper, wobei die Fraßgänge in der Folge willkommene Eintrittspforten für Fäulniserreger darstellen (GEBELEIN et al.).

Folie 25

Da sich insbesondere die Eier bzw. die jungen Larvenstadien sehr feuchtigkeitsbedürftig und empfindlich gegenüber hohen Temperaturen zeigen, könnten Gemüsefliegen zu den Verlierern des Klimawandels zählen (GEBELEIN et al.).

Beobachtungen aus der Deutschschweiz zufolge erweist sich die Kleine Kohlflye gegenüber den Klimaveränderungen bisher als sehr robust. Sogar von einer zusätzlichen, schwach ausgeprägten Generation infolge der längeren Vegetationsperiode wird berichtet (SAUER 2018). Andere Quellen weisen jedoch darauf hin, dass zu hohe Temperaturen im Sommer die weitere Entwicklung der Kleinen Kohlflye beeinträchtigen und zu einem vorübergehenden Entwicklungsstopp führen können (SEIDEL 2017; GEBELEIN et al.).

Einigkeit besteht hinsichtlich der Kleinen Möhrenflye. Dieser besonders trockenheits- und hitzeempfindliche Schaderreger sollte durch die erwarteten Klimaveränderungen deutlich zurückgedrängt werden.

3. Etablierung neuer Schaderreger

Folie 27

Ist infolge des Klimawandels auch mit der Etablierung neuer Schaderreger zu rechnen? Die Antwort auf diese Frage ist ein klares Ja.

Das natürliche Verbreitungsgebiet von Schaderregern dürfte sich tendenziell nordwärts verschieben. Wurde deren Ansiedlung dort bisher durch strenge Winter oder zu niedrige Temperaturen im Frühling und Sommer verhindert, so sollten diese Barrieren infolge des Klimawandels ihre Wirksamkeit verlieren (SCHRADER & KEHLENBECK 2011). Außerdem schmilzt der Alpenhauptkamm, eine für Schädlinge bisher nahezu unüberwindbare, bis zu 50 km breite Eisbarriere immer weiter ab. In manchen Jahren wird nur noch eine Breite von etwa 15 km gemessen. Dies hat zur Folge, dass Schadinsekten immer häufiger durch günstige Winde über den Alpenhauptkamm geweht werden und sich in unseren Gefilden ansiedeln können (BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT). Insgesamt dürften in unseren Breiten somit künftig verstärkt hitze- und trockenheitsadaptierte Schaderreger aus südlicheren Regionen Fuß fassen können (SCHMIDT 2009). Dazu zählen beispielsweise das Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*) und die Rußrindenkrankheit an Ahorn (*Cryptostroma corticale*) (MÜLLER et al. 2020; BURGDORF & STRAßER 2019).

Folie 28

Zusätzlich besteht die Gefahr, dass sich bisher nur im Gewächshaus auftretende, wärmeliebende Schaderreger zunehmend auch im Freiland festsetzen. Typischen Gewächshaus-Schädlingen wie der Baumwoll-Weißen Fliege (*Bemisia tabaci*) oder dem Palmen-Thrips (*Thrips palmi*) (KEHLENBECK et al. 2009) könnte vor allem durch mildere Winter und steigende Durchschnittstemperaturen der Übertritt ins Freiland ermöglicht werden (MAIXNER et al. 2017).

Folie 29

Auch die dauerhafte Etablierung von fremdländischen Schaderregern, die infolge globalisierter Handelsströme immer häufiger unbemerkt eingeschleppt werden, wird durch steigende Durchschnittstemperaturen gefördert (SCHMIDT 2009; BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT). Beispielhaft stehen die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*), die Tomatenminiermotte (*Tuta absoluta*), die Marmorierte Baumwanze (*Halyomorpha halys*), der Japankäfer (*Popillia japonica*) oder der Asiatische Laubholz-Bockkäfer (*Anoplophora glabripennis*) für invasive Schädlinge mit besonders hohem Schadpotenzial (PFLANZENSCHUTZAMT BERLIN 2017; ENGELHARDT 2020; ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT GMBH 2020; HÖLLING 2018; WERMELINGER et al.). Nähere Informationen zu den einzelnen Erregern finden sich in den Steckbriefen im Zusatzmaterial.

Folie 30

Von welchen neuen Schaderregern in Zukunft erhöhte Gefahr ausgehen wird, lässt sich nicht sicher prognostizieren. Das Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren ist dafür schlicht zu komplex. Neben der unsicheren Datenlage über das generelle Anpassungsvermögen der jeweiligen Schädlinge und den konkreten Veränderungen der Umweltbedingungen machen auch anthropogene Einflüsse längerfristige Prognosen schwierig. Beispielsweise kann der Mensch das Schaderregeraufkommen an einem Ort durch die Einschleppung neuer Schaderreger infolge von Reisen und globalen Handelsströmen, Veränderungen in der Anbaupraxis von Kulturpflanzen oder die Zerstörung von Lebensräumen beeinflussen. Zudem können unvorhersehbare Wetterereignisse wie starke Winde oder Stürme dafür sorgen, dass Krankheitserreger und Schädlinge über weite Distanzen hinweg in Gebiete verbreitet werden, die zuvor nicht absehbar waren (JUROSZEK & TIEDEMANN 2011).

4. Nützlinge

Folie 32

Für den Pflanzenschutz im Hausgarten ist aber nicht nur wichtig, welche Konsequenzen der Klimawandel für das Schaderregeraufkommen hat. Mindestens ebenso interessant ist die Frage, in wie

weit natürliche Gegenspieler von den Klimaveränderungen betroffen sind. Als natürliche Gegenspieler oder Nützlinge bezeichnet man jegliche Räuber, Parasiten oder Krankheitserreger, die dem Schädlingsaufkommen entgegenwirken können (STACEY 2003). Bei Räubern handelt es sich um Organismen, die ihre Beute töten und fressen (SPEKTRUM.DE 1999). Parasiten hingegen leben in oder an einem anderen Lebewesen, ihrem Wirt, und zehren diesen aus. Der Wirt wird dabei geschwächt und im schlimmsten Fall getötet (INSTITUT FÜR DEUTSCHE GEBÄRDENSPRACHE UND KOMMUNIKATION GEHÖRLOSER DER UNIVERSITÄT HAMBURG). Die erfolgreiche Arbeit der Nützlinge hängt ganz wesentlich von den passenden Umweltbedingungen ab. Sind die Ansprüche der Nützlinge hinsichtlich Temperatur, (Luft-) Feuchtigkeit, Tageslänge und Nahrungsangebot erfüllt, so stehen die Chancen für eine zufriedenstellende Regulierung des Schaderregerdrucks gut. Leiden die Nützlinge stattdessen unter ungünstigen Umwelteinflüssen, so ist die Schädlingsregulierung selten von Erfolg gekrönt (JUROSZEK & TIEDEMANN 2011).

4.1. Veränderungen infolge des Klimawandels

Folie 33

Da es sich auch bei Nützlingen um wärmeliebende Tiere handelt, dürfte der Klimawandel auf sie ähnliche Auswirkungen haben, wie auf tierische Schaderreger. Steigende Durchschnittstemperaturen führen dazu, dass Stoffwechselprozesse effizienter ablaufen können und die Tiere aktiver werden (KRENGEL et al. 2014). Durch die erhöhte Aktivität könnte auch die Beutesuche erfolgreicher ablaufen. Auch mildere Winter dürften den Nützlingen zu Gute kommen, während sie auf der anderen Seite durch heiße, trockene Sommer, sowie starke Temperaturschwankungen und Wetterextreme beeinträchtigt werden könnten (STACEY 2003).

Insbesondere wenn Pflanzenschädlinge und ihre natürlichen Gegenspieler unterschiedlich stark auf die wärmeren Bedingungen reagieren, könnte die eingespielte Beziehung zwischen Räuber und Beute bzw. Parasit und Wirt gestört werden (THURMAN et al. 2017). Beispielsweise befallen einige Parasiten nur ein bestimmtes Entwicklungsstadium ihres Wirts. Ist das zeitliche Aufeinandertreffen dieser sensiblen Phasen infolge der schnelleren Entwicklung eines Partners nicht mehr gewährleistet, so kommt die parasitische Beziehung zum Erliegen (STACEY 2003).

In der Folge könnten sich jedoch andere Arten der auf den neuerdings verfügbaren Wirt einschließen und den Schädling ihrerseits in Schach halten. Das Beispiel verdeutlicht wie komplex die Vernetzungen und Zusammenhänge innerhalb eines Ökosystems sind. Eine Vorhersage der Auswirkungen von Veränderungen im Gefüge ist daher nahezu unmöglich (STACEY 2003).

4.2. Reaktionen ausgewählter Nützlinge

Wie könnten einzelne Nützlinge auf die Klimaveränderungen reagieren? Als Beispiele werden die Florfliege und der Marienkäfer betrachtet.

4.2.1. Florfliege

Folie 34

Die Florfliege (*Chrysoperla carnea*) zählt zu den effektivsten räuberischen Nützlingen. Neben Blattläusen stehen verschiedene weitere Schädlinge wie Wollläuse, Thripse und Spinnmilben auf dem Speiseplan der gefräßigen Florfliegen-Larven. Ausgewachsene Florfliegen ernähren sich ausschließlich von Nektar, Pollen und Honigtau (YANNAV & PATHAK 2010; SAUTTER & STEPPER GMBH 2020). Hinsichtlich ihres Temperaturanspruchs erweist sich die Florfliege als relativ genügsam: Bereits ab etwa 12 °C wird dieser heimische Nützling aktiv (SAUTTER & STEPPER GMBH 2020).

In Laborversuchen wurde festgestellt, dass die Fraßleistung der Florfliegen-Larven wesentlich von der Temperatur beeinflusst wird. Als optimal stellten sich Temperaturen um 15 °C heraus. Ein weiterer Anstieg der Temperatur hatte eine Minderung der Fraßleistung zur Folge. Grund dafür ist die längere Entwicklungsdauer der Larven bei kühleren Temperaturen. Die Florfliege verweilt dadurch länger in dem für die Bekämpfung wirksamen Entwicklungsstadium. Bei Temperaturen um 10 °C waren die Larven jedoch nicht in der Lage zu schlüpfen, sodass keine Schädlingsbekämpfung stattfand. Zusammenfassend stellen die Autoren fest, dass sich der Einsatz von Florfliegen zur biologischen Schädlingsbekämpfung vor allem in kühleren Monaten mit Temperaturen zwischen 15 und 25 °C lohnt (YANNAV & PATHAK 2010). Diese Eigenschaft unterscheidet die Florfliege von den meisten anderen Nützlingsarten, die stattdessen durch wärmere Temperaturen begünstigt werden (SOUZA & CARVALHO C. F. 2002).

4.2.2. Marienkäfer

Folie 35

Marienkäfer treten weltweit in rund 4500 verschiedenen Arten auf, wobei sich etwa die Hälfte davon von Blattläusen ernährt. Sowohl die Larven, als auch die adulten Marienkäfer leben räuberisch und tragen somit zur Schädlingsbekämpfung bei (SAUTTER & STEPPER GMBH).

Eine Studie aus England zeigt, dass sich heiße Sommer förderlich auf die Blattlausregulierung durch Marienkäfer auswirken (SKIRVIN et al. 2003). Zahlreiche weitere Untersuchungen belegen, dass Marienkäfer bei erhöhten Temperaturen effektiver in der Lage sind, einen Blattlausbefall zu begrenzen. Dies liegt einerseits an der schnelleren Entwicklung und stärkeren Ernährung der Tiere. Andererseits benötigen die Tiere auch mehr Nahrung, um den erhöhten Energiebedarf bei steigender Stoffwechselaktivität zu decken, sodass mehr Blattläuse gefressen werden (FREIER et al. 1996; TRILTSCH 1996; KRENGEL et al. 2013).

4.3. Anpassungsstrategien für den Nützlingseinsatz

Folie 36

Für eine erfolgreiche biologische Schädlingsregulierung wird es angesichts des veränderten Schaderregeraufkommens in Zukunft entscheidend sein, dass sich auch das heute bewährte Nützlingsspektrum anpasst (THURMAN et al. 2017). Beispielsweise könnten eingeschleppte, hitze- und trockenheitstolerante Arten infolge des Klimawandels an Bedeutung gewinnen (AGUILAR-FENOLLOSA & JACAS 2014). Damit das ökologische Gleichgewicht bei Verlust oder Abwanderung einer Art nicht kippt, ist es entscheidend, dass andere Arten im Ökosystem existieren, die in die Rolle der scheidenden Art schlüpfen. Um diese Pufferfunktion zu gewährleisten, ist eine möglichst große Artenvielfalt entscheidend (THURMAN et al. 2017).

Um Nützlinge in den Garten zu locken, sollte dieser möglichst naturnah gestaltet werden und ein reiches Angebot an Nahrung, Aufenthalts- und Überwinterungsquartieren bieten. Vielfältige und blütenreiche Pflanzungen, Totholz- und Blätterhaufen, gemischte Blüten- und Wildobsthecken, eine Trockenmauer oder ein kleiner Teich liefern den Nützlingen Nahrung und Unterschlupf. Insektenhotels oder Stauden, die erst im Frühjahr zurückgeschnitten werden, unterstützen sie bei der Überwinterung (UMWELTBUNDESAMT 2017). Dies ermöglicht wiederum, dass schon im Frühjahr, wenn zahlreiche Schaderreger in die Befallssaison starten, möglichst viele Gegenspieler zu deren Bekämpfung bereit stehen (GILLESPIE et al. 2016). Da sich Pflanzenschutzmittel unter Umständen nicht nur auf die zu bekämpfenden Schädlinge, sondern auch auf Nützlinge im Garten negativ auswirken, sollte auf deren Einsatz im Hausgarten weitestgehend verzichtet werden (UMWELTBUNDESAMT 2017).

Folie 37

Dennoch sollte man sich bewusst machen, dass durch die Förderung bzw. den Einsatz von Nützlingen nicht sofort und nachhaltig alle Schadinsekten vernichtet werden. Stattdessen soll ein Gleichgewicht zwischen Schädlingen und Nützlingen entstehen, bei dem sich die Pflanzenschäden in einem tolerierbaren Rahmen halten. Schließlich benötigen die Nützlinge für ihre dauerhafte Anwesenheit weiterhin Schädlinge, von denen sie sich ernähren können. Deshalb gilt es Geduld zu haben und den Nützlingen Zeit zu geben, um den Schaderregerbefall auf natürliche Art und Weise zu reduzieren (GARTENAKADEMIE RHEINLAND PFALZ).

5. Pflanzenschutz und Pflanzenstärkung

5.1. Wirkung von Pflanzenschutzmitteln

Folie 39

Keinesfalls sollte man stattdessen vorschnell zur chemischen Keule greifen, denn Pflanzenschutzmittel, selbst biologische, können unter Umständen nicht nur Schädlingen, sondern auch Nützlingen zum Verhängnis werden. Werden natürliche Gegenspieler wie Florfliegen, Schwebfliegen oder Marienkäfer durch den Pflanzenschutzmitteleinsatz geschädigt, so haben potenzielle Schädlinge in der Folge ein noch leichteres Spiel. Deshalb sollte der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln die absolut letzte Option sein (PFEIFFER & KSPERCZYK). Außerdem verlangt der Gärtnerstolz das gewisse Maß an Handarbeit, mit dem Schädlinge im kleinflächigen Anbau meist unter Kontrolle zu halten sind, wie zum Beispiel durch das wenig beliebte aber altbewährte Absammeln. Auch durch mechanische Maßnahmen wie das Einnetzen von Obst- und Gemüsekulturen lassen sich Schädlinge wirkungsvoll fernhalten (BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT).

Folie 40

Darüber hinaus ist infolge des Klimawandels mit erheblichen Wirkungseinschränkungen bzw. einer veränderten Wirkung von Pflanzenschutzmitteln zu rechnen. Beispielsweise kann die Aufnahme des Wirkstoffs durch die Pflanze bei Hitze und Trockenheit gehemmt werden. Weiterhin neigen die Wirkstoffe bei höheren Temperaturen zu rascherem Abbau und schnellerer Verflüchtigung (DELCOUR et al. 2015). Ebenso möglich ist, dass Schaderreger bei sehr hohen Temperaturen überhaupt keine Reaktionen mehr auf eine Pflanzenschutzmittelbehandlung zeigen und diese somit wirkungslos bleibt (MATZRAFI 2019). Diese Aufzählung ließe sich noch weiter fortführen, soll aber im Wesentlichen nur verdeutlichen, dass Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz in Zeiten des Klimawandels dringender denn je benötigt werden (TIEDEMANN & ULBER 2008).

5.2. Vorbeugende Maßnahmen und Pflanzenstärkung

Folie 41

Umweltfreundliche und gleichzeitig wirkungsvolle Maßnahmen, die einem Schädlingsbefall vorbeugen oder diesen auf ökologischem Wege bekämpfen können, stellen beispielsweise die Wahl angepasster Arten und Sorten, eine abwechslungsreiche Fruchtfolge, die richtige Standortwahl, eine ausgewogene Nährstoffversorgung und die konsequente Entsorgung von Ernterückständen, in denen Erreger überwintern können, dar. Außerdem kann die regelmäßige Kontrolle des Bestandes zur Früherkennung eines Befalls und damit zur rechtzeitigen Einleitung von Gegenmaßnahmen beitragen (KRENGEL et al. 2019; JUROSZEK & TIEDEMANN 2011). Durch die Förderung von Nützlingen im Garten kann die natürliche Schädlingsregulierung unterstützt werden (LAMICHHANE et al. 2015).

Folie 42

Darüber hinaus geraten Pflanzenstärkungsmittel und verwandte Gruppierungen wie Pflanzenhilfsmittel, Bodenhilfsstoffe, Biostimulanzien und Grundstoffe immer mehr in den Fokus vieler Hobby- und Profigärtner (LOHRER 2020a). Diese Substanzen sollen die Widerstandskraft der Pflanzen gegenüber witterungsbedingten Stresssituationen und Schädlingsbefall erhöhen und kräftiges Wachstum sowie reiche Erträge fördern (HACCIUS 1999). Im Gegensatz zu Pflanzenschutzmitteln geht von diesen Stoffgruppen keine direkte Wirkung auf Schaderreger aus (JAHN 2009). Sie dienen lediglich der Stärkung der Pflanze, wobei zur Inverkehrbringung eines Mittels kein Nachweis auf Wirksamkeit notwendig ist. Nicht immer sind einzelne Substanzen allein aufgrund ihrer Wirkungsweise klar zu einer der Gruppierungen zuzuordnen. Vielmehr richtet sich die jeweilige Bezeichnungen nach dem rechtlichen Rahmen, unter dem der Hersteller sein Produkt vermarktet (LOHRER 2020a).

Folie 43

Praxisgängige Mittel zur natürlichen Pflanzenstärkung sind beispielsweise Zubereitungen aus Pflanzen-, Algen- oder Humusextrakten, Präparate mit Aminosäuren, Gesteinsmehle, Homöopathika oder nützliche Mikroorganismen (FELDMANN & SMOLKA 2019; PLANTAN GMBH 2020; FEGER 2017).

6. Fazit

Folie 45

Unter den einzelnen Erregergruppen wird es Gewinner und Verlierer geben. Es ist davon auszugehen, dass tierische Schädlinge und in der Folge auch die von ihnen übertragenen Viren von den Auswirkungen des Klimawandels profitieren werden, während die Folgen für bakterielle und pilzliche Erreger nicht klar abzusehen sind.

Folie 46

Weiterhin ist mit dem Zuzug neuer Schadorganismen, aber auch mit der Abwanderung etablierter Erreger zu rechnen, sodass sich die Bedeutung einzelner Schaderreger innerhalb des bekannten Spektrums verschieben dürfte. Da es sich bei Nützlingen in aller Regel um wärmeliebende Organismen handelt, dürften viele von ihnen von der generellen Erwärmung profitieren. Allerdings werden sie durch klimatische Extreme, sowie die Notwendigkeit zur Anpassung an neue Schaderreger vor Herausforderungen gestellt. Zur erfolgreichen biologischen Schädlingsbekämpfung wird es notwendig sein, das bisher bewährte Nützlingsspektrum auf neue Arten auszuweiten und die Ansiedlung von Nützlingen im Garten gezielt zu fördern. Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln wird aufgrund der klimatischen Veränderungen schwerer vorhersehbar und in vielerlei Hinsicht beeinträchtigt. Folglich kommt der Befallsvermeidung künftig eine noch größere Bedeutung zu. Vorbeugende Maßnahmen wie eine weitgestellte Fruchtfolge, die Wahl robuster Sorten oder die Gewährleistung optimaler Kulturbedingungen stellen wirksame Instrumente dar, um einen Befall von vorne herein zu verhindern. Dem Gärtner steht insgesamt eine breite Palette natürlicher und gleichzeitig wirksamer Möglichkeiten zur Verfügung, um seine Schützlinge fit für die Herausforderungen des Klimawandels zu machen!

Literatur

- AGUILAR-FENOLLOSA, E. & J. A. JACAS, 2014: Can we forecast the effects of climate change on entomophagous biological control agents? *Pest management science* **70** (6), 853-859.
- AOUN, N., L. TAULEIGNE, F. LONJON, L. DESLANDES, F. VAILLEAU, F. ROUX & R. BERTHOMÉ, 2017: Quantitative Disease Resistance under Elevated Temperature: Genetic Basis of New Resistance Mechanisms to *Ralstonia solanacearum*. *Frontiers in plant science* **8**, 1387.
- B+H SOLUTIONS GMBH, 2020: Traurige Realität: Der Klimawandel kostet uns Milliarden. Beispiel Hagelschäden in der Landwirtschaft - und die Lösung. <https://www.presseportal.de/pm/134071/4688612>. Zugriff am 26.08.2020.
- BECK, E. & U. LÜTTGE, 1990: Streß bei Pflanzen. *Biologie in unserer Zeit* **20** (5), 237-244.
- BERESFORD, R. M. & A. H. MACKAY, 2012: Climate change impacts on plant diseases affecting New Zealand horticulture. Ministry for Primary Industries, Wellington.
- BIO-GÜV GMBH: Grundstoffe. Pflanzenschutzmittel selbst herstellen. <https://www.bio-guev.at/zulassungen-grundstoffe-downloads/grundstoffe/>. Zugriff am 25.08.2020.
- BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT: Neue Schädlinge im Garten. <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-erleben/garten-und-balkon/duengung-und-pflanzenschutz/neue-schaedlinge-im-garten>. Zugriff am 23.07.2020.
- BUNDESINFORMATIONSZENTRUM LANDWIRTSCHAFT: Pflanzenschutz im heimischen Garten. <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-erleben/garten-und-balkon/duengung-und-pflanzenschutz/pflanzenschutz-im-heimischen-garten>. Zugriff am 23.07.2020.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ, 2012: Pflanzenschutzgesetz. PflSchG. §2 Nr. 10.
- BURGDORF, N. & L. STRAßER, 2019: Rußrindenkrankheit an Ahorn in Bayern. *AFZ - Der Wald* (20), 36-39.
- CASTEX, V., M. BENISTON, P. CALANCA, D. FLEURY & J. MOREAU, 2018: Pest management under climate change. The importance of understanding tritrophic relations. *Science of the Total Environment*, 397-407.
- DELCOUR, I., P. SPANOGHE & M. UYTENDAELE, 2015: Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International* (68), 7-15.
- DÖRING, T. F., D. ROSSLENBROICH, C. GIESE, M. ATHMANN, C. WATSON, I. VÁGÓ, J. KÁTAI, M. TÁLLAI & C. BRUNS, 2020: Disease suppressive soils vary in resilience to stress. *Applied Soil Ecology* **149**, 103482.
- DÖRKEN, V. M., 2013: Winterhärte und Frostresistenz von Pflanzen. *Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins* 4, 308-319.
- ENGELHARDT, M., 2020: Tomatenminiermotte (*Tuta absoluta*). <https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de/regionales/thueringen/gartenbau/gemuesebau/tomatenminiermotte--tuta-absoluta---178028>. Zugriff am 13.07.2020.
- FEGER, G., 2017: Bodenhilfsstoffe, Pflanzenhilfsmittel. Bausteine einer verbesserten Nährstoffeffizienz?, Vereinigte Kreidewerke Dammann, Lägerdorf. Vortrag am 12.04.2017. https://www.iva.de/sites/default/files/pdfs/wuerzburg_tagung_2017_feger.pdf. Zugriff am 18.11.2020.
- FELDMANN, F. & S. SMOLKA, 2019: Grundstoffe, Low Risk Produkte, Pflanzenextrakte & Biostimulantien für den Pflanzenschutz im Gartenbau. Symposium zum nicht-chemischen Pflanzenschutz im Gartenbau des Julius Kühn-Instituts, Berlin.

FREIER, B., H. TRILTSCH & D. ROSSBERG, 1996: GTLAUS. A model of wheat - cereal aphid -predator interaction and its use in complex agroecological studies. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (103), 543-554.

FRUITWEB GMBH: Populationsmodell Apfelwickler.

<https://www.fruitweb.info/de/prognosemodelle/apfelwickler/>. Zugriff am 11.07.2020.

GARTENAKADEMIE RHEINLAND-PFALZ: Apfelwickler.

https://www.dlr.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=O5LIN15YP1&p1=title%3D%20Apfelwickler+%207E%7Eurl%3D%20Internet%20Fglobal%20Fthemen.nsf%20F%28Web_P_GA_KuS_XP%29%20F309F461E80A7FF91C1257A6800482E15%3FOpenDocument&p3=2S6048JTH4&p4=443H2B5YO1. Zugriff am 11.07.2020.

GARTENAKADEMIE RHEINLAND-PFALZ: Förderung von Nützlingen im Hausgarten. Flyer.

<https://www.wetter->

[bw.de/Internet/global/themen.nsf/0/DB17FCA666BCE51BC125805100259833/\\$FILE/Flyer_F%C3%BCB6rderung%20von%20N%C3%BCtzlingen_Cappel.pdf](https://www.wetter-bw.de/Internet/global/themen.nsf/0/DB17FCA666BCE51BC125805100259833/$FILE/Flyer_F%C3%BCB6rderung%20von%20N%C3%BCtzlingen_Cappel.pdf), Zugriff am 14.09.2021.

GARTENAKADEMIE RHEINLAND-PFALZ: Marienkäfer - der Blattlausfresser.

https://www.wetter.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=695UP61174&p1=title%3DMarienk%C3%A4fer+-+der+Blattlausfresser+%21%7E%7Eurl%3D%20Internet%20Fglobal%20Fthemen.nsf%20F%28Web_P_GA_XP_Kat_UKat%29%20F60D7C7CEAAA6313AC1256F38004E2F00%3FOpenDocument&p3=O861N09PV C&p4=443H2B5YO1. Zugriff am 11.07.2020.

GEBELEIN, D., M. HOMMES & M. OTTO: SWAT. Ein Simulationsmodell für Kleine Kohlflye, Möhrenfliege und Zwiebelfliege. <https://www.yumpu.com/de/document/read/9221368/swat-julius-kuhn-institut>. Zugriff am 13.07.2020

GILLESPIE, M. A., G. M. GURR & S. D. WRATTEN, 2016: Beyond nectar provision: the other resource requirements of parasitoid biological control agents. *Entomol Exp Appl* **159** (2), 207-221.

HACCIUS, M., 1999: Anforderungen an Pflanzenstärkungsmittel aus der Sicht des ökologischen Landbaus. In: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Pflanzenschutz im ökologischen Landbau. Probleme und Lösungsansätze. Erstes Fachgespräch, Kleinmachnow.

HALLMANN, J. & A. V. TIEDEMANN, 2019: Phytomedizin, 3., vollständig überarbeitete Auflage. UTB Uni-Taschenbücher, Stuttgart.

HÖLLING, D., 2018: Japankäfer - eine invasive Art vor der Schweizer Grenze.

https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/invasive/wsl_japankaefer/index_DE. Zugriff am 13.07.2020.

HOMMES, M., 2007: Klimaänderungen und deren wahrscheinliche Auswirkungen auf das Auftreten von Schädlingen im Gartenbau. In: Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft e. V. & Bundesverband der Hochschulabsolventen/Ingenieure Gartenbau und Landschaftsarchitektur e. V. (Hrsg.): Klimaveränderung und deren Auswirkungen auf den Gartenbau, S. 55.

INDUSTRIEVERBAND AGRAR E. V., 2019: Biostimulanzien. Zwischen Pflanzenschutz und Düngung.

<https://www.iva.de/iva-magazin/umwelt-verbraucher/biostimulanzien-zwischen-pflanzenschutz-und-duengung>. Zugriff am 25.08.2020.

INFORMATIONSSYSTEM INTEGRIERTE PFLANZENPRODUKTION E.V.: Apfelwickler.

<https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de/infothek/obstbau/kernobst/tierische-schadereger/apfelwickler>. Zugriff am 11.07.2020.

INSTITUT FÜR DEUTSCHE GEBÄRDENSPRACHE UND KOMMUNIKATION GEHÖRLOSER DER UNIVERSITÄT HAMBURG:
Fachgebärdenslexikon Gärtnerei und Landschaftsbau. Parasit. <https://www.sign-lang.uni-hamburg.de/galex/konzepte/l386.html>. Zugriff am 18.11.2020.

JAHN, M., 2009: Pflanzenstärkungsmittel. Was sie sind und was sie können. Julius Kühn-Archiv, 422.

JUROSZEK, P., M. SIEBOLD & A. V. TIEDEMANN, 2009: Klimafolgenforschung in der Pflanzenproduktion. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21, 169-170.

JUROSZEK, P. & A. von TIEDEMANN, 2011: Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate. *Plant Pathology* **60** (1), 100-112.

KEHLENBECK, H., G. SCHRADER & T. SCHRÖDER, 2009: Mehr neue Schadorganismen durch Klimawandel in Deutschland. Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzenschutz. In: FREIBAUER, A. & B. OSTERBURG (Hrsg.): Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel. Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft.

KRENGEL, S., B. KLOCKE & B. GOLLA, 2019: Anpassungsbedarf im Pflanzenschutz. Klimatrends und Handlungsoptionen. In: KTBL (Hrsg.): Kühlen Kopf bewahren. Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel, 115-135, Darmstadt.

KRENGEL, S., B. KLOCKE, P. SEIDEL & B. FREIER, 2014: Veränderung im Auftreten von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und deren natürlichen Gegenspielern. In: LOZÁN, J. L., H. GRASSL, L. KARBE & Jendritzky G. (Hrsg.): Warnsignal Klima. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen, Elektronische Veröffentlichung, 2. Aufl.

KRENGEL, S., C. RICHTER, B. FREIER, G. I. STANGL & C. BRANDSCH, 2013: The effect of elevated temperatures on food conversion efficiencies of *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* young adults feeding on *Sitobion avenae*. *J Plant Dis Prot* **120** (5-6), 218-226.

KÜHNE, S., 2009: Wie kann den Auswirkungen des Klimawandels auf den Pflanzenschutz begegnet werden? Ergebnisprotokoll des Workshops 3. In: Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (Hrsg.): Klimawandel und Ökolandbau. Anpassungsmaßnahmen für die Praxis.

KULLMANN, F., 2019: Hagelschäden auswachsen lassen. *Gartenpraxis* **2019** (07), 7.

LAMICHHANE, J. R., M. BARZMAN, K. BOOIJ, P. BOONEKAMP, N. DESNEUX, L. HUBER, P. KUDSK, S. R. H. LANGRELL, A. RATNADASS, P. RICCI, J.-L. SARAH & A. MESSÉAN, 2015: Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.* **35** (2), 443-459.

LANDSBERG, J. & M. S. SMITH, 1992: A functional scheme for predicting the outbreak potential of herbivorous insects under global atmospheric change. *Australian Journal of Botany* (40), 565-577.

LOHRER, T., 2020a: Pflanzenstärkung. E-Mail (18.08.2020).

LOHRER, T., 2020b: Mechanische Bekämpfung des Apfelwicklers. Persönliche Mitteilung (17.11.2020).

MAIXNER, M., M. HOMMES & P. ZWERGER, 2017: Klimawandel. Auswirkungen auf den Pflanzenschutz. *Journal für Kulturpflanzen* (69), 53-55.

MARGRAF, K., 2020: Hitzeschaden und Sonnenbrand. *Gartenpraxis* (07/2020), 28-29.

MATZRAFI, M., 2019: Climate change exacerbates pest damage through reduced pesticide efficacy. *Pest management science* **75** (1), 9-13.

MÜLLER, P., E. FOMEFELD & M. TEGETHOFF, 2020: *Xylella fastidiosa*. Ein Bakterium mit großem Schadpotenzial für viele Pflanzen, Informationsblatt des Julius Kühn-Instituts, 2. Aufl. <https://www.julius-kuehn.de/media/Veroeffentlichungen/Flyer/Xylella.pdf>. Zugriff am 23.08.2020.

ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT GMBH, 2020: Marmorierte Baumwanze. *Halyomorpha halys*. <https://www.ages.at/themen/schaderreger/marmorierte-baumwanze/>. Zugriff am 24.08.2020.

PFLANZENFORSCHUNG.DE: Nährstoff-/ Wasseraufnahme und -transport. <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/naehrstoff-wasseraufnahme-und-transport-347>. Zugriff am 23.07.2020.

PFLANZENSCHUTZAMT BERLIN, 2017: Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*). Eine Gefahr für unsere Obstkulturen und den Weinbau. Das Pflanzenschutzamt Berlin informiert, 12/17.

PLANTAN GMBH, 2020: Biostimulanzien. Eine sinnvolle Ergänzung?! <https://plantan.de/biostimulanzien-eine-sinnvolle-ergaenzung/>. Zugriff am 23.08.2020.

RIEDLE-BAUER, M., 2017: Bedeutung des Klimawandels für Krankheiten und Schädlingen im Weinbau. Vortrag an der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg.

RIEL, C., 2020: Der Asiatische Marienkäfer. Wie gefährlich ist er? <https://www.gartenjournal.net/asiatischer-marienkaefer>. Zugriff am 04.08.2020.

SAUER, C., 2018: In Zukunft weniger Gemüsefliegen dank Klimawandel? *Extension Gemüsebau* (04/2018), 4-6.

SAUTTER & STEPPER GMBH: Der Einsatz von Nützlingen im Gartenbau. <https://www.nuetzlinge.de/fileadmin/kundenbereich/dokumente/Infomaterial/IPR.pdf>. Zugriff am 24.08.2020.

SAUTTER & STEPPER GMBH, 2020: *Chrysoperla* - Florfliegen. Ein Nützling viele Einsatzgebiete. https://www.nuetzlinge.de/fileadmin/kundenbereich/dokumente/Infomaterial/florfliegen_chrysoperla_carnea.pdf. Zugriff am 24.08.2020.

SCHALLER, M. & H.-J. WEIGEL, 2007: Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 316*. Bundesanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.

SCHEU-HELGER, M., 2019: Der Gemüsegarten im Klimawandel. *Gartenpraxis* **2019** (09), 26-29.

SCHMIDT, O., 2009: Miniermotten, Citrusbock und Webebär ante portas. Neozoen an Gehölzen: Globalisierung und Klimawandel zeigen neue "Reisewege". In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft & Zentrum Wald-Forst-Holz Weißenstephan (Hrsg.): *Schöne fremde Welt? Neue Arten in Bayern*, 15-17.

SCHRADER, G. & H. KEHLENBECK, 2011: Landwirtschaft und Klimawandel. Begünstigt der Klimawandel das Vordringen neuer Schadorganismen? *Forschungsreport Ernährung Landwirtschaft Verbraucherschutz* 44, 14-17.

SEIDEL, P., 2017: Auswirkungen des Klimawandels auf Schaderreger. Teils widersprüchliche Hypothesen. http://klimaps.julius-kuehn.de/Ansicht.action?artikel_id=122&suchtext=hypothesen&autortexte=. Zugriff am 13.07.2020.

SEIDEL, P., 2018: Zur Möglichkeit der Vorhersage der Auswirkungen des Klimawandels auf Schadinsekten. http://klimaps.julius-kuehn.de/Ansicht.action?artikel_id=124&suchtext=Zur+M%F6glichkeit+der+Vorhersage+der+Auswirkungen+des+Klimawandels+auf+Schadinsekten&autortexte=. Zugriff am 13.07.2020.

SKIRVIN, D. J., J. N. PERRY & R. HARRINGTON, 2003: The effect of climate change on an aphid–coccinellid interaction. *Global Change Biology*, John Wiley & Sons.

- SOUZA, B. & CARVALHO C. F., 2002: Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* in a citrus orchard in southern Brazil. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* (48), 301-310.
- SPEKTRUM.DE, 1999: Räuber. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/raeuber/55762>. Zugriff am 04.11.2020.
- SPERLI GMBH, 2020: Sonnenschäden an Pflanzen. Wie Strahlung und Hitze deinen Pflanzen schaden kann. <https://www.sperli.de/wissensschatz/dumm-gelaufen/sonnenschaeden-an-pflanzen/>. Zugriff am 26.08.2020.
- STACEY, D. A., 2003: Climate and biological control in organic drops. *International Journal of Pest Management* (49), 205-214.
- STÖCKLI, S., J. SAMIETZ, M. HIRSCHI, C. SPIRIG, M. ROTACH & P. CALANCA, 2012: Einfluss der Klimaänderung auf den Apfelwickler. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **19/12**.
- THÜRINGER LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHEN RAUM, 2019: Apfelwickler. Haus- und Kleingarten. Informationsbroschüre des Thüringer Landesamts für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Jena.
- THURMAN, J. H., D. W. CROWDER & T. D. NORTHFIELD, 2017: Biological control agents in the Anthropocene: current risks and future options. *Current opinion in insect science* **23**, 59-64.
- TIEDEMANN, A. v., 1996: Globaler Wandel von Atmosphäre und Klima. Welche Folgen ergeben sich für den Pflanzenschutz? *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* (48), 73-79.
- TIEDEMANN, A. von & B. ULBER, 2008: Verändertes Auftreten von Krankheiten und Schädlingen durch Klimaschwankungen. In: TIEDEMANN, A. v. (Hrsg.): *Pflanzenproduktion im Wandel - Wandel im Pflanzenschutz*. Themenschwerpunkt der 56. Deutschen Pflanzenschutztagung 2008 in Kiel. DPG Selbstverl., Braunschweig.
- TOBIN, P. C., S. NAGARKATTI, G. LOEB & M. C. SAUNDERS, 2008: Historical and projected interactions between climate change and insect voltinism in a multivoltine species. *Global Change Biology* (14), 951-957.
- TRANSPARENZ GENTECHNIK, 2019: Trockenheit, neue Schädlinge Krankheiten. Was der Klimawandel für die Pflanzenzüchtung bedeutet. <https://www.transgen.de/aktuell/2759.klimawandel-pflanzen-genome-editing.html>. Zugriff am 23.08.2020.
- TRILTSCH, H., 1996: Untersuchungen zum Einfluss abiotischer und biotischer Umweltfaktoren auf den Marienkäfer *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae) in der Interaktion Winterweizen-Getreideblattlaus-Prädator. Freilanduntersuchungen, Klimakammerversuche und Computersimulationen. Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- UMWELTBUNDESAMT, 2017: Nützlinge im Garten. <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/nuetzlinge-im-garten>. Zugriff am 04.08.2020.
- WEBER, R. W. S., 2020: Der Apfelwickler (*Cydia pomonella*) an der Niederelbe in Zeiten des Klimawandels. Aktualisiert nach einem Vortrag anlässlich der Norddeutschen Obstbautage am 13.02.2019. *OVR* **75** (06/2020), 207-215.
- WERMELINGER, B., B. FORSTER, D. HÖLLING, T. PLÜSS, O. RAEMY & A. KLAY: Invasive Laubholz-Bockkäfer aus Asien. Ökologie und Management. Merkblatt für die Praxis 50. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landwirtschaft (WSL), Birmersdorf.

WINKLER, M.: Alle Jahre wieder. Der Spätfrost an unseren Bäumen.

<https://www.baumpflegeportal.de/baumpflege/spaetfrost-erkennen-behandeln-vorbeugen/>. Zugriff am 26.08.2020.

WINKLER, M.: Winterschäden. Frostrocknis bei Bäumen im Winter verhindern.

<https://www.baumpflegeportal.de/aktuell/frostrocknis-baeume-winter-verhindern/>. Zugriff am 26.08.2020.

WISSENSCHAFTSTAGUNG ÖKOLOGISCHER LANDBAU (Hrsg.), 2009: Klimawandel und Ökolandbau.

Anpassungsmaßnahmen für die Praxis. 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau am 11.02.2009, Zürich.

YANNAV, R. & P. H. PATHAK, 2010: Effect of temperature on the consumption capacity of *Chrysoperla carnea* reared on four aphid species. *The Bioscan* (5), 271-274.

ZANGE, B., 2020: Informationen zum Pflanzenschutz. Mündliche Mitteilungen.