

4.10 Klimabedingte neue Risiken durch Schadorganismen im Weinbau

MICHAEL MAIXNER

Klimabedingte neue Risiken durch Schadorganismen im Weinbau: In den nördlichen Weinbauregionen Europas sind seit den 1990er Jahren deutliche Änderungen sowohl klimatischer Parameter als auch der Rebphänologie zu beobachten und es wird damit gerechnet, dass diese Entwicklung anhält. Zahlreiche Krankheitserreger und tierische Schaderreger im Weinbau sind thermophile Arten, die sowohl von zunehmenden Temperaturen als auch von der Verlängerung der Vegetationszeit profitieren können. Es ist daher zu erwarten, dass die Schadwirkung endemischer Schaderreger wie der Traubenwickler oder der Erreger von Traubenfäulen zunimmt und zudem südeuropäische Schadorganismen ihr Verbreitungsgebiet nach Norden ausdehnen können. Darüber hinaus steigt das Risiko, dass eingeschleppte Schaderreger sich in den nördlichen Weinbaugebieten erfolgreich ansiedeln können. Allerdings ist es notwendig, die spezifischen Wechselwirkungen der einzelnen Schadorganismen mit klimatischen Parametern genauer zu untersuchen, um zuverlässige Aussagen über die zukünftige Entwicklung treffen zu können.

Climate change related new risks by pests and diseases in viticulture: Considerable changes of both climate parameters and grapevine phenology are already detectable in cool climate viticultural regions and they are expected to continue. Many pests and diseases of grapevine are thermophile species that benefit from rising temperatures and an extended growing season. Expected changes of the phytosanitary situation in European cool climate viticulture include an increasing damage by endemic pests and diseases like Grape Berry Moths or sour rots, the range expansion of species from southern viticultural regions like disease vectors, and an increased risk of introduction of non-indigenous organisms. More information on the specific responses of pest species or disease agents to climate variables is necessary to make reliable predictions on future developments.

Weinbau, Klima und Rebschutz

Der Weinbau ist in Europa auf gemäßigte Regionen beschränkt. In Deutschland und anderen nördlichen Weinbauregionen können nur klimatisch bevorzugte Landstriche für den Anbau der Weinrebe genutzt werden. Klimatische Parameter beeinflussen als essentielle Elemente der Umwelt- und Anbaubedingungen nicht nur die Physiologie und Phänologie der Rebe, sondern sind auch wichtige Faktoren für das Auftreten, die Verbreitung und die Schadensintensität von Schadorganismen. Damit konfrontiert der Klimawandel den

Weinbau der nördlichen Regionen mit neuen phytopathologischen Problemen.

Die Zunahme der Temperatur in den nördlichen Weinbaugebieten seit den 1960er Jahren spiegelt sich in der Phänologie der Rebe wieder (Abb. 4.10-1) (HOFFMANN & MAIXNER 2012, JONES et al. 2005, LÜERS 2003, URHAUSEN et al. 2011). An der Mosel treibt der Riesling heute im Durchschnitt etwa 12 Tage eher aus als vor 50 Jahren und die Vollblüte tritt 15 Tage früher ein. Dies entspricht der Verfrühung der Frühlingsphänologie, wie sie auf der nördlichen Hemisphäre in vielen bio-

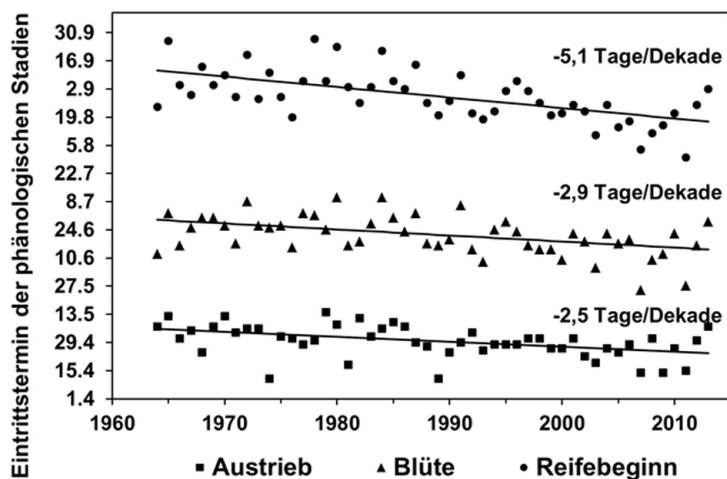


Abb. 4-10-1: Eintrittstermine phänologischer Stadien der Rebe an der Mittelmosel in den 50 Jahren von 1964 bis 2013. Austrieb, Blüte und Reifebeginn zeigen über diesen Zeitraum signifikante Trends zu früheren Terminen. In der Periode von 2000 bis 2013 ist jedoch keine Änderung zu beobachten.

logischen Systemen beobachtet wird (PARMESAN 2007). Das Stadium des Reifebeginns wird dagegen heute im Durchschnitt bereits vier Wochen früher erreicht als vor 50 Jahren. Auch der bioklimatische Wärmesummenindex nach HUGLIN zeigt im untersuchten Zeitraum mit +69/Dekade einen signifikanten Trend, der entsprechend auch in anderen Weinbaugebieten beobachtet wird (DUCHENE & SCHNEIDER 2005, JONES et al. 2005). Diese Entwicklung beeinflusst nicht nur die Anbaueignung von Rebsorten sowie die Qualität und Typizität der Weine (Kap. 4.5 - SCHULTZ & JONES - in diesem Band), sondern hat auch Konsequenzen für den Befall der Reben durch Schaderreger. Zudem wird damit gerechnet, dass direkte und indirekte Schäden durch abiotische Faktoren wie UV-Strahlung, Hitze und Wassermangel zunehmen. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich jedoch auf neue Risiken, die sich aus klimabedingten Änderungen der Biologie, Verbreitung, Epidemiologie und Abundanzdynamik von Rebkrankheiten und -schädlingen entwickeln können.

Auswirkungen des Klimawandels auf Rebkrankheiten und Schädlinge

Die Konsequenzen des Klimawandels sind unter weinbaulicher und önologischer Perspektive bereits Gegenstand eingehender Untersuchungen (STOCK et al. 2007, MORIONDO et al. 2013). Dagegen liegen zu den phytopathologischen Aspekten erst wenige Informationen vor. Zwar häufen sich empirische Beobachtungen, für wissenschaftlich gesicherte Korrelationen und Prognosen reichen die Informationen über die Wechselwirkung meteorologischer Parameter mit der Biologie der Schadorganismen aber vielfach nicht aus (PARMESAN et al. 2013). Zudem ergeben sich aus dem Wirkgefüge zwischen dem Klima und weiteren Anbaubedingungen einerseits und den Reben, den Schadorganismen und ihren Antagonisten auf der anderen Seite komplexe Interaktionen, die sich in Laborversuchen oder Modellen nur unzureichend analysieren lassen. Obwohl klimatische Faktoren wie Temperatur, Niederschlag und Luftfeuchte sowie der CO₂-Gehalt der Atmosphäre nur einen Teil der Einflussgrößen im Wirkkomplex des Agrarökosystems Weinberg darstellen, müssen sie, gerade in den kühleren Weinbauregionen, als Schlüsselfaktoren für viele phytopathologische Probleme gesehen werden. Andererseits muss sorgfältig geprüft werden, ob neue phytopathologische Probleme tatsächlich mit dem Klimawandel in Verbindung stehen, oder auf andere Ursachen wie die Verschleppung von Schadernregern oder die Änderung der Bewirtschaftungsbedingungen zurückzuführen sind.

Temperatur

In den gemäßigten Zonen ist die Temperatur für viele Insekten der wichtigste Begrenzungsfaktor, der sich unmittelbar auf ihre Mortalität, Entwicklungsgeschwindigkeit und Populationsdynamik auswirkt und ihre geographische Verbreitung beeinflusst (CANNON 1998, PARMESAN 2006). Bei phytophagen Arten ergeben sich indirekte Effekte über die Verfügbarkeit und Qualität der pflanzlichen Nahrung oder über die Synchronisation ihrer Lebenszyklen mit der Phänologie der Wirtspflanzen (CAFFARRA et al. 2012). Das Wachstum phytopathogener Pilze wird bis zu artspezifischen Temperaturoptima durch steigende Temperaturen gefördert und die Generationszyklen werden verkürzt. Zur Beurteilung der biologischen Wirkungen reichen jedoch Temperaturmittelwerte nicht aus, denn durch den überproportionalen Anstieg der Winter- und Nachttemperaturminima ändern sich z.B. die Wintermortalität oder Wachstums- und Infektionsprozesse stärker, als auf der Grundlage der Temperaturmittel zu erwarten wäre (COAKLEY et al. 1999).

Niederschlag und Luftfeuchte

Pilzliche Pathogene benötigen in bestimmten Entwicklungsphasen Blattnässe oder zumindest hohe Luftfeuchte, die wiederum durch die Niederschlagshäufigkeit beeinflusst werden. Daher basieren Prognosemodelle, die im Weinbau als Entscheidungshilfen für den Pflanzenschutz genutzt werden, neben der Temperatur auf diesen Parametern. Aussagen über die zukünftige Niederschlagsintensität, besonders aber über die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge, sind mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Eine – bislang unsichere – Tendenz zu geringeren Niederschlägen in den Sommermonaten könnte sich hemmend auf den Epidemieverlauf von Schadpilzen auswirken, während die z.B. im Weinbaugebiet Mosel beobachtete signifikante Zunahme des Niederschlags in den Herbstmonaten einen höheren Befallsdruck durch Fäulniserreger induzieren kann.

CO₂-Gehalt der Atmosphäre

Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre ist bereits deutlich gestiegen und ein weiterer Anstieg wird erwartet. Dadurch wird auch bei der Rebe das vegetative Wachstum gefördert (BINDI et al. 2001). Längere Blattnässephasen infolge dichter Laubwände erhöhen den Befallsdruck durch Schadpilze, deren Wachstum durch höhere CO₂-Konzentrationen auch direkt stimuliert werden kann (COAKLEY et al. 1999). Andererseits wurde bei Kulturpflanzen auch eine höhere Krankheitsresistenz bei erhöhten CO₂-Konzentrationen beobachtet. Mit einem durch den CO₂-Anstieg zunehmenden C/N-

Verhältnis des Pflanzengewebes wird der mikrobielle Abbau verzögert, wodurch sich der Infektionsdruck durch im Falllaub oder an abgefallenen Traubenmumien überwinternde Pathogene wie den Roten Brenner (*Pseudopezicula tracheiphila*) oder die Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) erhöhen kann. Die abnehmende Nahrungsqualität bei höherem C/N-Verhältnis kompensieren viele phytophage Insekten durch höhere Fraßaktivität oder längere Fraßdauer. Spezifische Untersuchungen dazu sowie zu CO₂-induzierten Effekten auf höhere trophische Ebenen fehlen für den Weinbau.

Konsequenzen für den Rebschutz

Durch die Klimaänderung können sich neue Probleme für den Rebschutz durch Änderungen der Epidemiologie und Populationsdynamik endemischer Schadorganismen sowie durch die Ausdehnung des Verbreitungsgebiets südeuropäischer Arten entwickeln. Zudem steigt das Risiko, dass sich eingeschleppte Schädlinge in den nördlichen Weinbaugebieten erfolgreich etablieren (PARMESAN 2006). Infolge kürzerer Infektionszyklen und damit höherer Generationszahlen steigen die Chancen von Pathogenen, durch evolutive Prozesse die Wirtsresistenz zu überwinden (CHAKRABORTY 2005).

Prognosemodelle als Entscheidungshilfen für Pflanzenschutzmaßnahmen bedürfen der Anpassung an geänderte Klimabedingungen. Dennoch könnten sie aufgrund der höheren Variabilität der meteorologischen Parameter an Zuverlässigkeit verlieren. Mit steigenden Niederschlagsintensitäten nimmt die Gefahr der Abwaschung von Pflanzenschutzmittelbelägen auf den Zielorganen zu (COAKLEY et al. 1999). Infolge der verlängerten Vegetationsperiode, höheren Schädlingsabundanz und steigendem Infektionsdruck ist es nicht auszuschließen, dass die Zahl der notwendigen Pflanzenschutzmittelanwendungen im Weinbau trotz optimierter Prognoseverfahren steigen wird.

Wie sich der Klimawandel auf höhere trophische Ebenen und damit auf die Effizienz biologischer Regulationsverfahren auswirkt, hängt von der Biologie und Ökologie der beteiligten Organismen ab. Aus anderen Kulturen gibt es sowohl Beispiele für eine zunehmende antagonistische Effizienz von Nützlingen als auch Beobachtungen, dass sie ihre regulatorische Funktion verlieren, indem die Synchronisation der Entwicklungszyklen von Schädlingen und Antagonisten verloren geht (CANNON 1998).

Neue Risiken durch Schaderreger im Weinbau

Die nachfolgenden Fallbeispiele illustrieren, wie sich die phytosanitäre Situation im Weinbau durch den

Klimawandel ändern kann. Da die Wechselwirkungen klimatischer Parameter mit der Biologie der Rebschädlinge oft nur unzureichend bekannt sind, ist sowohl die Interpretation aktueller Änderungen als auch die Prognose zukünftiger Entwicklungen mit Unsicherheit behaftet. Viele Schaderreger verfügen über eine hohe Adaptationsfähigkeit. So wurde etwa die Reblaus (*Dactyloshaphira vitifoliae*) mit Reben weltweit verbreitet und konnte sich in den meisten Weinbaugebieten etablieren. Ein Zusammenhang der Verbreitung dieses wohl bekanntesten Weinbauschädlings mit der Änderung klimatischer Bedingungen lässt sich nicht beobachten.

Etablierte Schaderreger

Der im 19. Jahrhundert aus Nordamerika eingeschleppte Falsche Mehltau (*Plasmopara viticola*) ist der wichtigste Schadpilz im europäischen Weinbau. Bei ausreichender Bodenfeuchte und Temperatur wird der Befall im Frühjahr durch bodenbürtige Infektionen initiiert, indem infektionsfähige Zoosporen bei Niederschlag auf die Reblätter gelangen. Ausgehend von diesen Primärinfektionen entwickeln sich bei günstigen Witterungsbedingungen Epidemien aus aufeinander folgenden und zunehmend überlappenden Infektionszyklen. Mit steigender Temperatur nehmen die Generationszeiten ab, für das Fortschreiten der Epidemie sind jedoch Blattnässephasen erforderlich. Extreme Hitze und Trockenheit hemmen den Krankheitsverlauf. Studien in Norditalien ergaben, dass das jährliche Schadenspotenzial des Falschen Mehltaus durch die Witterungsbedingungen im Frühjahr determiniert wird. Aus der Kombination von Prognose- und Klimamodellen wird gefolgert, dass sich die Infektionsbedingungen in dieser kritischen Frühphase in der Zukunft so sehr verbessern werden, dass die den Epidemieverlauf abschwächende Wirkung geringerer Sommerniederschläge kompensiert werden könnte (SALINARI et al. 2006). In dieser Region wird daher mit einer Zunahme der Notwendigkeit von Fungizidanwendungen gegen den Falschen Mehltau gerechnet. Andererseits deuten Modelle darauf hin, dass sich in Norditalien Epidemien des Echten Mehltaus aufgrund der beschleunigten Rebentwicklung abschwächen könnten (CAFFARRA et al., 2012).

Wie sich der Fäulnisbefall an reifenden Trauben auf die Qualität des Lesegutes auswirkt, hängt von der Art der vorherrschenden Pathogene und vom Befallszeitpunkt ab. So schädigt die Graufäule (*Botrytis cinerea*) zu Beginn der Reifphase das Lesegut, ermöglicht aber als Edelfäule an vollreifen Trauben die Erzeugung hochwertiger Weinspezialitäten. Dagegen werden durch höhere Temperaturen sekundäre Fäulniserreger wie Essigsäurebakterien oder die Grünfäule (*Penicillium expansum*) gefördert, die sich an geschädigten

Trauben entwickeln und das Erntegut verderben. Aufgrund des früheren Vegetationsbeginns und der temperaturrelevanten Beschleunigung der Rebenentwicklung beginnt die Reife immer zeitiger – an der Mosel ca. vier Wochen früher als vor 50 Jahren – und damit bei höheren Temperaturen. So stieg an der Mittelmosel die Durchschnittstemperatur während der Reifephase der Trauben (60 Tage ab Reifebeginn) im Verlauf der letzten 50 Jahre um 0,8 °C/Dekade. Wie im Elsass (DUCHÊNE & SCHNEIDER 2005) ist dieses Phänomen weniger auf die Erwärmung in den Herbstmonaten als auf den zunehmend früheren Reifebeginn zurückzuführen. In Verbindung mit der Zunahme der Niederschläge in den Herbstmonaten werden sich bei höheren Temperaturen Sekundärfäulniserreger leichter gegen die Botrytis durchsetzen können. Toxikologisch bedenkliche, mykotoxinbildende Fäulniserreger sind bislang auf die Küstenregionen des Mittelmeerraumes beschränkt. Mit fortschreitender Klimaerwärmung könnten diese in Zukunft auch in den mitteleuropäischen Weinbaugebieten eine Rolle spielen.

Die Populationsdynamik besonders der polyvoltinen Schadinsekten und -milben mit mehreren Reproduktionszyklen im Jahr wird durch die Temperatur wesentlich beeinflusst (HOFFMANN et al. 2007). Die beiden Traubenwicklerarten *Eupoecilia ambiguella* und *Lobesia botrana* treten in den nördlichen Weinbaugebieten in der Regel in zwei Generationen (Heu- und Sauerwurm) auf. Da der Frühjahrsschlupf der adulten Falter ebenso wie die Larvalentwicklung durch die Temperatur beeinflusst wird, sind beide Arten bei günstigen Witterungsbedingungen in der Lage, eine dritte Generation zu entwickeln. Dies war in den deutschen Weinbaugebieten bei *L. botrana* in der letzten Dekade auffallend häufig der Fall. Derzeit werden zwar noch keine gravierenden Schäden durch die dritte Generation beobachtet, die langfristigen Auswirkungen auf die Populationsdichte und der Einfluss der Larven der dritten Generation auf den Fäulnisbefall der Trauben sind jedoch noch unklar.

Im Weinbau haben Raubmilben als Antagonisten phytophager Milben große praktische Bedeutung. Die im mitteleuropäischen Weinbau wichtigste Raubmilbenart, *Typhlodromus pyri*, ist gegenüber hohen Temperaturen und niedriger Luftfeuchte empfindlicher als Spinnmilben und andere Raubmilbenarten (DUSSO & PASQUALETTO 1993). Sommerliche Hitzeperioden können daher zur beschleunigten Populationsentwicklung der Schadmilben bei gleichzeitigem Ausfall eines wichtigen Begrenzungsfaktors führen. In Südeuropa nehmen andere Raubmilbenarten die Rolle von *T. pyri* ein. Ob sie bei fortschreitendem Klimawandel diesen Nützlichling auch in Mitteleuropa ersetzen werden und

welche Konsequenzen eine solche Entwicklung für die Nutzung und Effizienz des biologischen Spinnmilbensschutzes im Weinbau haben könnte, ist zurzeit noch nicht abzuschätzen.

Neue aufgetretene Schaderreger

Mit der Esca-Krankheit ist ein Komplex holzbesiedelnder und -zerstörender Pilze assoziiert, die den Rebstamm befallen. Die Krankheit ist in Südeuropa weit verbreitet und häufig, sie hat aber auch in den deutschen Weinbaugebieten erheblich zugenommen und verursacht gravierende Schäden. Diese Entwicklung wird mit der Klimaänderung in Beziehung gebracht, da einige Pathogene des mit der Esca assoziierten Erregerkomplexes offenbar mediterranen Ursprungs sind und ein hohes Temperaturoptimum besitzen (FISCHER 2006). Da die Erreger durch die beim winterlichen Rebschnitt entstandenen frischen Wunden in den Rebstock eindringen, könnte die in den Wintermonaten besonders deutliche Erwärmung die Befallsentwicklung fördern.

Obwohl der Erreger der Schwarzfäule, *Guignardia bidwellii*, bereits im 19ten Jahrhundert nach Europa eingeschleppt wurde, blieb er, abgesehen von kurzzeitigen und lokal begrenzten Ausbrüchen in Mitteleuropa, auf südliche Weinbaugebiete mit feuchtwarmen Klimabedingungen beschränkt. Seit wenigen Jahren verursacht die Krankheit Schäden an Mosel und Mittelrhein. Die Schwarzfäule ist ein Beispiel dafür, wie ein Schaderreger durch das Zusammenwirken klimatischer Faktoren mit anderen Anbaubedingungen gefördert wird. Der Pilz wurde seit der Jahrtausendwende durch Witterungsbedingungen mit überdurchschnittlichen Temperaturen und ausreichenden Niederschlägen begünstigt. Aber nur in den Steillagen der besonders betroffenen Gebiete fand er aufgegebene Weinbergspazellen, wo er ein hohes Infektionspotenzial aufbauen konnte. Die Schwarzfäule hat sich inzwischen im deutschen Weinbau etabliert und dürfte unter den für die Zukunft prognostizierten Klimabedingungen als bekämpfungswürdiger Schaderreger erhalten bleiben.

Risiken durch vektorübertragbare Rebkrankheiten

Bakterien und Viren verursachen wichtige Rebkrankheiten. Zwar sind sie pflanzübertragbar und wurden mit Rebmateriale weltweit verbreitet, in der Natur sind die meisten dieser Pathogenen jedoch auf Überträger angewiesen. Viele dieser Vektoren sind wärmeliebende Insekten, die bisher auf südliche Weinbauregionen beschränkt waren. Mit zunehmender Temperatur steigen ihre Chancen, sich in den kühleren Weinbaugebieten anzusiedeln. Klimatische Faktoren können aber auch auf die tritrophischen Interaktionen zwischen Vektoren, Wirtspflanzen und Pathogenen einwirken und damit indirekt den Infektionsdruck modifizieren.

Schmierläuse und die Blattrollkrankheit der Rebe

Die von Ampeloviren verursachte Blattrollkrankheit ist eine der wichtigsten Viruskrankheiten der Rebe. Mehrere der mit der Krankheit assoziierten Erregertypen werden von Schild- und Schmierläusen übertragen. Bis heute ist die intensive Ausbreitung der Virose weitgehend auf Weinbaugebiete mit mediterranem Klima beschränkt, obwohl in Laborversuchen auch Arten der kühleren Weinbauzonen wie *Phenacoccus aceris* oder *Heliococcus bohemicus* ihre Fähigkeit zur Übertragung der Viren bewiesen. Diese endemischen Schmierlausarten werden von höheren Sommertemperaturen profitieren und könnten bei höherer Abundanz in Zukunft mehr zur Ausbreitung der Blattrollkrankheit beitragen. Untersuchungen im Burgund belegen die Rolle von *P. aceris* als effektiver Vektor bei der Ausbreitung der Blattrollkrankheit im Feld in einem nördlichen Weinbaugebiet (LE MAGUET et al. 2013). Hoch einzuschätzen ist auch das Risiko durch Schmierläuse der Gattungen *Pseudococcus* und *Planococcus*. Diese sehr effektiven Vektoren sind in Mitteleuropa in Gewächshäusern weit verbreitet, tiefe Wintertemperaturen verhindern bisher jedoch die Entwicklung stabiler Freilandpopulationen. Mit der überdurchschnittlichen Erwärmung gerade in den Wintermonaten nimmt das Risiko zu, dass sie sich dauerhaft im Freiland etablieren.

Zikaden als Vektoren von Phytoplasmosen

Phytoplasmen verursachen die Vergilbungskrankheiten der Rebe, unter denen in Europa der Flavescence dorée (FD) und der Schwarzholzkrankheit (Bois noir, BN) die größte Bedeutung zukommt. Sowohl das Verbreitungsgebiet als auch die Befallsintensität beider Krankheiten nahmen im letzten Jahrzehnt deutlich zu.

Die FD ist die gefährlichste Vergilbungskrankheit und in Europa als Quarantänekrankheit eingestuft. Ihr Vektor, die Kleinzikade *Scaphoideus titanus*, wurde aus Nordamerika nach Frankreich eingeschleppt und hat sich um den 45ten Breitengrad in solche Weinbaugebieten ausgebreitet, die genügend tiefe Wintertemperaturen zur Brechung der Diapause aber auch hinreichende Wärmesummen während der Vegetationsperiode zur Vollendung des Generationszyklus bieten. Deutschland ist bislang sowohl frei von der FD als auch von *S. titanus*. Der Vektor dehnt sein Verbreitungsgebiet seit einiger Zeit allerdings merklich nach Norden aus. Populationen des Vektors existieren inzwischen im Burgund und der Champagne, am Genfer See sowie in den südlichen Weinbaugebieten Österreichs und Ungarns. Die gegenwärtige Verbreitungsgrenze erstreckt sich somit in Breiten, in denen auch die deutschen Weinbaugebiete liegen. Aus dem Vergleich der Temperaturprofile von Standorten am Nordrand des jetzigen

Verbreitungsgebiets mit den süddeutschen Weinbaugebieten lässt sich schließen, dass sich *S. titanus* hier ansiedeln könnte. Die heutigen Rebschutzstrategien im deutschen Weinbau mit weitgehendem Verzicht auf Insektizide und Akarizide würden durch die dann erforderlichen Bekämpfungsmaßnahmen gegen *S. titanus* nachhaltig verändert.

Im Gegensatz zur FD ist die Schwarzholzkrankheit in allen europäischen Weinbaugebieten verbreitet. Wildpflanzen dienen als natürliche Reservoire der Erreger, von denen sie durch die Winden-Glasflügelzikade *Hyalesthes obsoletus* auf Reben übertragen werden. Die mediterrane Zikade war in Deutschland sehr selten, auf trockenwarme Weinbau-Steillagen beschränkt und lebte fast ausschließlich an Ackerwinden. Erst nach der Jahrtausendwende begann *H. obsoletus* auch in Deutschland zunehmend die in Südeuropa traditionell als Wirtspflanze genutzte Brennnessel zu besiedeln. Es entwickelte sich eine Wirtsrasse an Brennnesseln (IMO et al. 2013), durch die auch in mikroklimatisch weniger begünstigte Weinbergslagen und bislang nicht betroffenen Gebieten zu neuen Ausbrüchen der Schwarzholzkrankheit kam. Die Populationen an Brennnesseln verbreiten dabei einen an diese Wirtspflanze gebundenen Typ des Schwarzholzphytoplasmas. Somit wurde durch den Wirtswechsel der Zikade ein neues epidemiologisches System der Schwarzholzkrankheit etabliert. Zwar sind die Ursachen für die ursprüngliche Änderung der Wirtspräferenz von *H. obsoletus* noch nicht eindeutig geklärt, es ist aber zu vermuten, dass erst die Klimaänderung die Zikade befähigte, ihren Entwicklungszyklus an Brennnesseln zu vollenden, da die Vektorpopulationen an Brennnesseln zur Vollendung des Generationszyklus höhere Temperatursummen als an Winden benötigen. Dem widerspricht nur scheinbar die Ausbreitung der Brennnesselpopulationen in mikroklimatisch weniger begünstigte Regionen, denn niedrigere Temperaturen können durch die längere Fraßaktivität der Zikadenlarven infolge der ausgedehnten Vegetationszeit kompensiert werden. Damit wäre die zunehmende Verbreitung des neuen epidemiologischen Zyklus der Schwarzholzkrankheit ein indirekter Effekt des Klimawandels.

Potenzielle Risiken in der Zukunft

Mit zunehmenden Temperaturen steigt das Risiko, dass sich bisher auf wärmere Regionen beschränkte Schadereger in den nördlichen Weinbaugebieten etablieren. Für viele, auch außereuropäische Schädlinge, besonders phytophage Milben, Pflanzläuse und Zikaden ist nicht bekannt, unter welchen Bedingungen sie sich ansiedeln könnten. Unter den Klimafaktoren werden

jedoch die Temperaturbedingungen während des Winters und zu Beginn der Vegetationszeit als wichtigste Variablen für die Ansiedlung gebietsfremder Arten in gemäßigten Zonen angesehen (PEACOCK et al. 2006).

Eine in Südeuropa verbreitete Quarantänekrankheit ist die durch *Xilophilus ampelinus* hervorgerufene Bakteriennekrose. Der Erreger besiedelt das Xylem der Reben und wird durch Schnittwerkzeuge, Blutungssaft oder Regentropfen übertragen. Ein besonderes Risiko besteht darin, dass die Krankheit auch durch infiziertes Rebholz verbreitet werden kann. Zwar ist *X. ampelinus* aufgrund seiner klimatischen Ansprüche bisher auf Weinbaugebiete südlich der Alpen beschränkt, mit zunehmender Klimaerwärmung steigt jedoch das Risiko, dass sich diese schwer zu bekämpfende Bakterienkrankheit auch in den nördlichen Weinbaugebieten ausbreitet.

Das Bakterium *Xylella fastidiosa*, der Erreger der nordamerikanischen Pierce's Disease, ist ein Quarantäneschaderreger, der 2013 erstmals in Europa – bisher jedoch nicht an Reben – nachgewiesen wurde (LOCONSOLE et al. 2014). Das Bakterium hat ein weites Spektrum an Wirtspflanzen und nutzt xylemsaugende Zikadenarten als Vektoren. Vertreter der wichtigsten Vektorgruppen (Cercopoidea und Cicadellinae) kommen auch in Europa in Weinbergen vor. Da Schäden durch *X. fastidiosa* im Weinbau auf in der Regel frostfreie Regionen beschränkt sind, besteht derzeit wahrscheinlich nur für mediterrane Weinbaugebiete ein hohes Risiko. Allerdings tritt das Bakterium in Nordamerika an Laubbäumen auch in nördlicheren Gebieten mit Winterfrost auf. Von Südeuropa aus könnte die Krankheit mit fortschreitender Klimaerwärmung sukzessive nach Norden vordringen. Die kühleren Weinbaugebiete dürften dennoch auf absehbare Zeit zu den weniger gefährdeten Regionen zählen.

Ausblick

Im Weinbau zeigen sich nicht nur signifikante Änderungen der Rebphänologie, sondern es sind auch Änderungen im Spektrum und der Schadenswirkung von Rebschädlingen und -krankheiten zu beobachten, die mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht werden. Die Wirkung einzelner klimatischer Faktoren auf die Biologie von Schadorganismen lässt sich zwar im Labor untersuchen und die Ausbreitung von Schaderregern im Freiland beobachten, fundierte Prognosen der weiteren Entwicklung bedürfen aber der Integration klimatischer und biologischer Modelle. Vordringlich gilt es, Faktoren zu identifizieren, die den derzeit zu beobachtenden Änderungen zugrunde liegen. Dabei ist stets auch zu prüfen, ob diese Effekte nicht mit dem Wandel anderer Anbau- und Kulturbedingungen in Verbindung

stehen. Untersuchungen zur Einwirkung klimatischer Parameter auf das Verhalten sowie die Biologie, Populationsdynamik und Epidemiologie der Schadorganismen sind dafür eine wichtige Voraussetzung. Besonders schwierig ist es, die Auswirkungen des Klimawandels auf die trophischen Wechselwirkungen im Agrarökosystem Weinberg zu analysieren und zu prognostizieren. Zudem ist das Raster der Klimamodelle zu grob, um die kleinräumige Variabilität innerhalb der Weinbaugebiete und selbst zwischen einzelnen Lagen abzubilden. Erste Ansätze zum Downscaling auf die für die Befallsprognose von Rebkrankheiten erforderliche hohe Auflösung gibt es bereits, z.B. für den Falschen Mehltau. Langfristige Zukunftsprognosen bleiben mit erheblicher Unsicherheit behaftet, nicht zuletzt wegen der Fähigkeit der Schadorganismen, sich je nach ihrer spezifischen genotypischen oder phänotypischen Flexibilität mehr oder weniger gut an sich ändernde Umweltverhältnisse zu adaptieren.

Literatur

- BINDI, M., FIBBI, L. & F. MIGLIETTA (2001): Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. *European Journal of Agronomy*, 14(2), 145-155.
- CAFFARRA, A., RINALDI, M., ECCEL, E., ROSSI, V. & I. PERTOT (2012): Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 148, 89-101.
- CANNON, R. J. C. (1998). The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biology*, 4, 785-796.
- CHAKRABORTY, S. (2005). Potential impact of climate change on plant pathogen interactions. *Australasian Plant Pathology*, 34(4), 443-448.
- COAKLEY, S. M., SCHERM, H. & S. CHAKRABORTY (1999): Climate change and plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 37, 399-426.
- DUCHÊNE, E. & C. SCHNEIDER (2005): Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 93-99.
- DUSO, C. & C. PASQUALETTO (1993): Factors affecting the potential of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) as biocontrol agents in North-Italian vineyards. *Experimental and Applied Acarology*, 17(4), 241-258.
- FISCHER, M. (2006): Biodiversity and geographic distribution of basidiomycetes causing esca-associated white rot in grapevine: a worldwide perspective. *Phytopathologia Mediterranea*, 45, s30-s40.
- HOFFMANN, C., SEIDEL, P., SILVANUS, W. & W. ZIPSE (2007): Traubenwickler vor dem Hintergrund von Klimawandel und verändertem Pflanzenschutz. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch*, 58, 79-91.

- HOFFMANN, C. & M. MAIXNER (2012): Änderung klimatischer Bedingungen im Weinbaugebiet Mosel und mögliche Auswirkungen auf Schaderreger im Weinbau. *Julius Kühn-Archiv* 438, 365-366.
- IMO, M., MAIXNER, M. & J. JOHANNESSEN (2013): Sympatric diversification vs. immigration: deciphering host-plant specialization in a polyphagous insect, the stolbur phytoplasma vector *Hyalesthes obsoletus* (Cixiidae). *Molecular Ecology*, 22, 2188-2203.
- JONES, G. V., DUCHENE, E., TOMASI, D., YUSTE, J., BRASLAVSKA, O., SCHULTZ, H. R., MARTINEZ, C., BOSO, S., LANGELLIER, F., PERRUCHOT, C. & G. GUIMBERTEAU (2005): Changes in European Winegrape Phenology and Relationships with Climate. XIV International GESCO Viticulture Congress, Geisenheim, Germany, 23-27 August, 2005, 54-61.
- LE MAGUET, J., FUCHS, J. J., CHADOEUF, J., BEUVE, M., HERRBACH, E. & O. LEMAIRE (2013): The role of the mealybug *Phenacoccus aceris* in the spread of Grapevine leafroll-associated virus-1 (GLRaV-1) in two French vineyards. *European Journal of Plant Pathology*, 135(2), 415-427.
- LOCONSOLE, G., POTERE, O., BOSCIA, D., ALTAMURA, G., DJELOUAH, K., ELBEAINO, T., FRASHERI, D., LORUSSO, D., PALMISANO, F., POLLASTRO, P., SILLETTI, M. R., TRISCIUZZI, N., VALENTINI, F., SAVINO, V. & M. SAPONARI (2014): Detection of *Xylella fastidiosa* in olive trees by molecular and serological methods. *Journal of Plant Pathology*, 96(1), 1-8.
- LÜERS, J. (2003): Agrarklimatologische und phänologische Auswertungen für das mittlere Moseltal - Auswirkungen des Klimawandels auf die Weinrebe im Moselraum. Dissertation - Universität Trier, <http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2005/345/>, 1-144.
- MORIONDO, M., JONES, G. V., BOIS, B., DIBARI, C., FERRISE, R., TROMBI, G. & M. BINDI (2013): Projected shifts of wine regions in response to climate change. *Climatic Change*, 119(3-4), 825-839.
- PARMESAN, C. (2006): Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37(1), 637-669.
- PARMESAN, C. (2007): Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, 13(9), 1860-1872.
- PARMESAN, C., BURROWS, M. T., DUARTE, C. M., POLOCZANSKA, E. S., RICHARDSON, A. J., SCHOEMAN, D. S. & M. C. SINGER (2013): Beyond climate change attribution in conservation and ecological research. *Ecology Letters*, 16, 58-71.
- PEACOCK, L., WORNER, S. & R. SEDCOLE (2006): Climate variables and their role in site discrimination of invasive insect species distributions. *Environmental Entomology*, 35(4), 958-963.
- SALINARI, F., GIOSUE, S., TUBIELLO, F. N., RETTORI, A., ROSSI, V., SPANNA, F., ROSENZWEIG, C. & M. L. GULLINO (2006): Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. *Global Change Biology*, 12, 1299-1307.
- STOCK, M., BADECK, F., GERSTENGARBE, F.-W., HOPPMANN, D., KARTSCHALL, T., ÖSTERLE, H., WERNER, P. C. & M. WODINSKI (2007): Perspektiven der Klimaänderung bis 2050 für den Weinbau in Deutschland. PIK Report - Potsdam Institut für Klimafolgenforschung 106, 132 S.
- URHAUSEN, S., BRIENEN, S., KAPALA, A., & C. SIMMER (2011): Climatic conditions and their impact on viticulture in the Upper Moselle region. *Climatic Change*, 109(3-4), 349-373.

Kontakt:

Dr. Michael Maixner

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Siebeldingen
michael.maixner@jki.bund.de

Maixner, M. (2014): Klimabedingte neue Risiken durch Schadorganismen im Weinbau. In: Lozán, J.L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. 2. Auflage. Elektron. Veröffentlich. (Kap.4.10) - www.warnsignale.uni-hamburg.de.