Merkblatt für die Praxis

ISSN 2296-4428

Eidg. Forschungsanstalt WSL
CH-8903 Birmensdorf

© WSL Birmensdorf, 2014

WSL, Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
www.wsl.ch/publikationen

54
Oktober
2014

Der Kastanienrindenkrebs

Schadsymptome, Biologie und Gegenmassnahmen

Daniel Rigling, Sarah Schütz-Bryner, Ursula Heiniger und Simone Prospero

Der Kastanienrindenkrebs ist eine gefährliche Rindenkrankheit der Edelkastanie, die durch den Pilz *Cryphonectria parasitica* verursacht wird. Die Krankheit wurde weltweit verschleppt und führte in den USA fast zur Ausrottung der Amerikanischen Kastanie. Auch in Europa ist sie heute in fast allen Kastanienbeständen vorhanden. Das Auftreten von Pilzstämmen mit geschwächter Virulenz führt allerdings zu einem deutlich milderen Krankheitsverlauf in den europäischen Beständen. Diese sogenannte Hypovirulenz wird durch eine Infektion des Pilzes mit einem Virus verursacht. Das Virus kann von Pilz zu Pilz übertragen werden und wird so in der biologischen Bekämpfung des Kastanienrindenkrebses eingesetzt.

Vom Kastanienrindenkrebs befallene Edelkastanien auf der Alpennordseite. Ein Grossteil der Baumkronen ist nach langjährigem Befall abgestorben.

Geschichte

Der Kastanienrindenkrebs wird durch den Pilz *Cryphonectria parasitica* (früher *Endothia parasitica*), verursacht. Ursprünglich stammt der Erreger aus Ostasien, wo er als schwacher Parasit auf der resistenten Japanischen *(Castanea crenata)* und Chinesischen Kastanie *(Castanea mollissima)* vorkommt. Anfangs des 20. Jahrhunderts wurde der Pilz mit Pflanzenmaterial aus Asien in die USA eingeschleppt und führte dort zu einer dramatischen Epidemie. Innerhalb von 30 Jahren zerstörte er die ausgedehnten Kastanienwälder in den östlichen USA fast vollständig. 1938 wurde die gefährliche Baumkrankheit auch in Europa, im Hinterland von Genua (Italien), festgestellt. Darauf breitete sie sich schnell in Italien und den angrenzenden Ländern aus. In der Schweiz wurde der Kastanienrindenkrebs erstmals 1948 am Monte Ceneri (Tessin) gefunden. 1952 zählte man im Tessin bereits 41 Krankheitsherde (Bazzigher 1964). Weitere Einschleppungen, aus Asien oder aus den USA, fanden in Westfrankreich und im Kaukasus in Georgien statt (Dutech *et al.* 2012). Heute sind fast alle Kastanienbestände in Europa betroffen (Abb. 1). Im Unterschied zur Epidemie in den USA verlief die Krankheit in Europa allerdings weniger dramatisch. Einerseits scheint die Europäische Kastanie *(Castanea sativa)* etwas weniger anfällig zu sein als die Amerikanische Kastanie *(Castanea dentata)* andererseits tauchten Pilz-

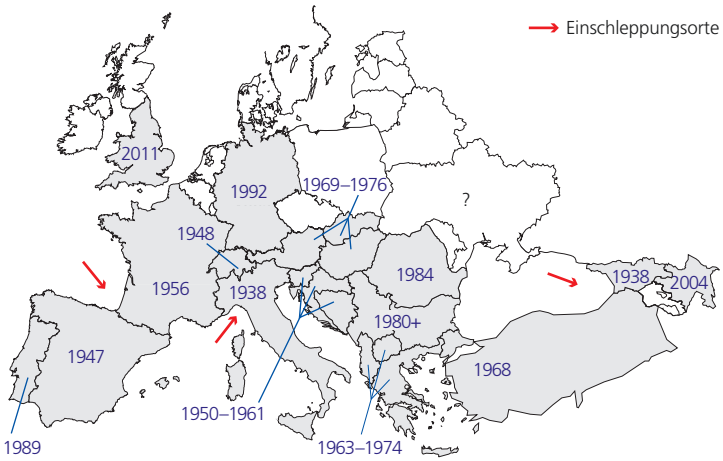

Abb. 1. Vorkommen des Kastanienrindenkrebses *(Cryphonectria parasitica)* im Verbreitungsgebiet der Europäischen Kastanie *(Castanea sativa)*. Jahreszahlen geben die Zeitperiode an, in der die Krankheit zum ersten Mal festgestellt wurde. Pfeile bezeichnen mutmassliche Einschleppungsorte.

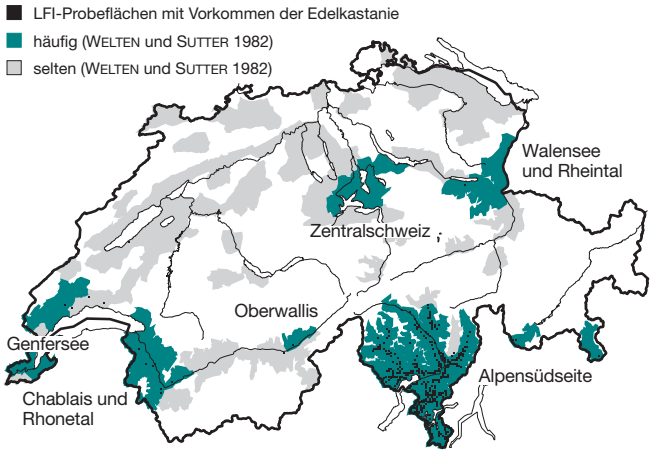

Abb. 2. Verbreitung der Edelkastanie und des Kastanienrindenkrebses in der Schweiz. Der Kastanienrindenkrebs ist heutzutage in allen Hauptverbreitungsgebieten der Edelkastanie vorhanden.
Quelle: BRÄNDLI 1996.

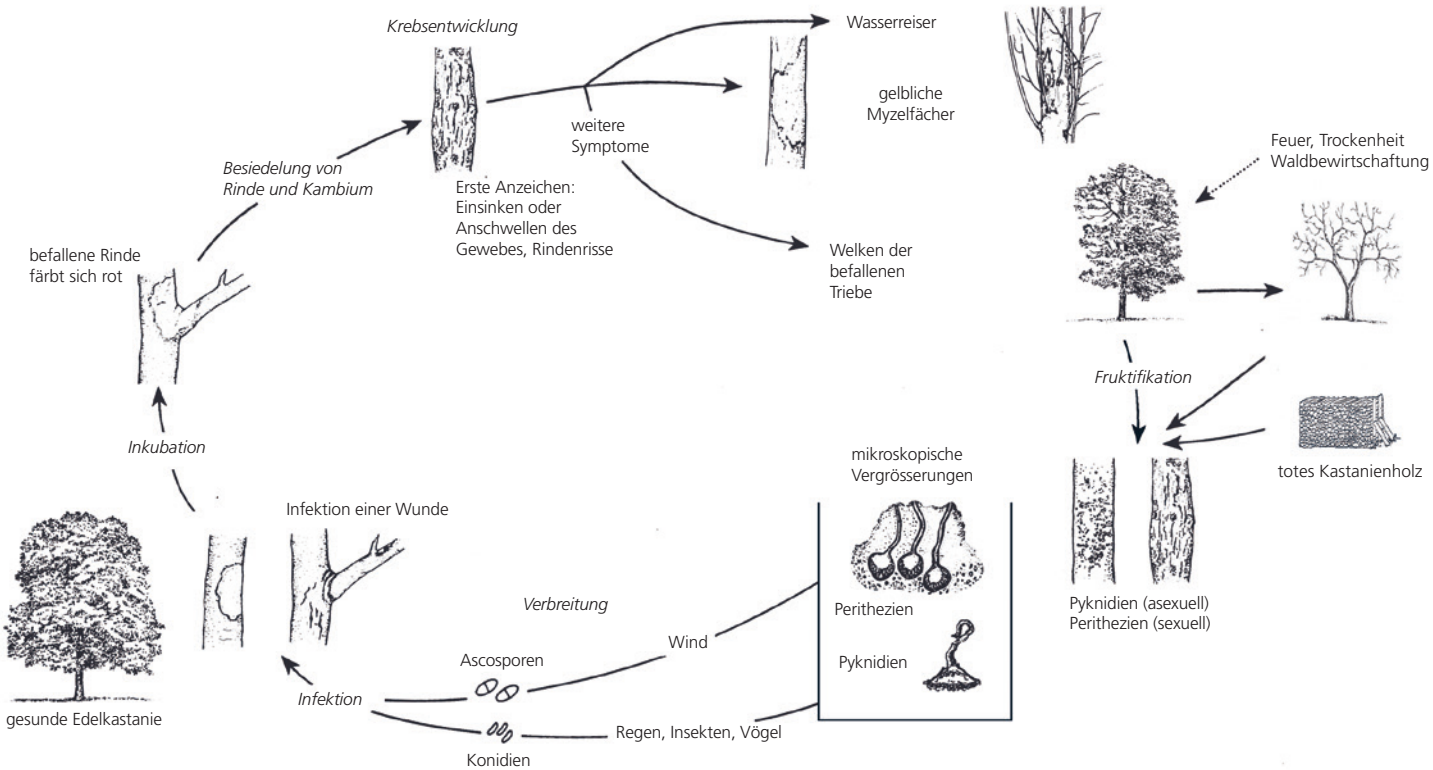

Abb. 3. Entwicklungszyklus von *C. parasitica*.

stämme mit abgeschwächter Virulenz (Hypovirulenz) auf (HEINIGER und RIGLING 1994). Diese hypovirulenten Pilzstämme verbreiteten sich südlich der Alpen entlang des nördlichen Mittelmeerraumes spontan und verhinderten so die Zerstörung der lokalen Kastanienwälder. Die Kastanie in der Südschweiz ist dank der Hypovirulenz nicht in ihrem Überleben bedroht.

Seit den 1980er Jahren wird der Kastanienrindenkrebs auch in Kastanienbeständen auf der Schweizer Alpennordseite festgestellt (Abb. 2). Genetische Analysen zeigen, dass der Erreger in den meisten Fällen von der Alpensüdseite (Tessin oder Italien) eingeschleppt wurde (PROSPERO und RIGLING 2012). In der Westschweiz wurden auch Erregertypen aus Westfrankreich nachgewiesen. Anders als auf der Alpensüdseite traten in den Befallsherden nördlich der Alpen spontan keine hypovirulenten Pilzstämme auf. Durch mehrjährige, gezielte Krankheitsbehandlungen (siehe biologische Bekämpfung) konnte die Hypovirulenz unterdessen aber auch in vielen Beständen auf der Alpennordseite etabliert werden (PROSPERO und RIGLING 2013).

Biologie von *Cryphonectria parasitica*

In Europa ist die Edelkastanie *(Castanea sativa)* der Hauptwirt von *Cryphonectria parasitica*, dem Erreger des Kastanienrindenkrebses. Der Pilz überlebt aber auch auf Eichen (*Quercus*-Arten), besonders auf Totholz. Dort kann er Sporen produzieren, verursacht aber nur geringe Schäden.

C. parasitica gehört zu den Schlauchpilzen (Ascomycota). Der Entwicklungszyklus des Pilzes ist in Abbildung 3 dargestellt. Auf der abgestorbenen Rinde des befallenen Baumes bildet der Pilz asexuelle und/oder sexuelle Fruchtkörper (Abb. 4). Die asexuellen Fruchtkörper (Pyknidien) entlassen bei feuchter Witterung die asexuellen Sporen (Konidien) in gelb-orangen Ranken (Abb. 5). Die Konidien werden über kurze Distanzen durch Regenspritzer verbreitet. Kommen Tiere (Insekten, Schnecken, Vögel) mit Fruchtkörpern in Kontakt, können diese Konidien passiv mittragen und so auch über grössere Distanzen verbreiten. In den sexuellen Fruchtkörpern (Perithezien) entwickeln sich in den Sporenschläuchen (Asci) die sexuellen Sporen (Ascosporen; Abb. 6). Die reifen Ascosporen werden ausgeschleudert und vor allem durch den Wind über Distanzen bis zu einigen hundert Metern verbreitet. Treffen Sporen auf frische Wunden einer Kastanie (Rindenrisse, Astabbrüche, Schnittwunden, Veredelungsstellen), können sie durch diese eindringen und den Baum infizieren. Nach dem Auskeimen der Sporen bildet der Pilz die charakteristischen Myzelfächer aus, welche in die Rinde und ins Kambium vordringen (siehe Abb. 11). Weil dabei das Transport- und Wachstumsgewebe zerstört wird, welken die Pflanzenteile oberhalb der Krebsstelle und sterben ab.

Krankheitssymptome

Cryphonectria parasitica befällt die Rinde von Stamm und Ästen der Edelkastanie. Die befallene Rinde verfärbt sich rot (Abb. 7), sinkt ein und springt später auf (Abb. 8). Als Reaktion darauf versucht der Baum das zerstörte Gewebe zu überwallen und es entwickeln sich sogenannte Rindenkrebse.

Sobald ein Rindenkrebs den ganzen Ast oder Stamm umwachsen hat, stirbt die Pflanze oberhalb der Befallsstelle ab. Die Blätter welken, werden aber nicht abgeworfen. Welke Blätter während der Vegetationszeit (Abb. 9) oder braune, hängende Blätter im Winter sind ein typisches, von weitem sichtbares Verdachtssymptom für den Kastanienrindenkrebs. Unterhalb der Befallsstelle treiben meist Wasserreiser (Abb. 10). In der Rinde und im Kambium bildet der Pilz gelbliche Myzelfächer, welche ein zuverlässiges Befallsmerkmal sind (Abb. 11). Schliesslich entwickeln sich auf der abgestorbenen Rinde oder in Rindenrissen die gelb-orangen bis roten Fruchtkörperchen (Abb. 12).

Hypovirulente *C. parasitica*-Stämme (siehe Hypovirulenz) wachsen in den äusseren Rindenteilen und erzeugen nur oberflächliche Krebse (Abb. 13), welche rasch ausheilen. Viele der oberflächlichen, ausgeheilten Krebse weisen eine typische, schwärzliche Verfärbung auf (Abb. 14).

Seit sich die Edelkastaniengallwespe *(Dryocosmus kuriphilus)* in Europa ausbreitet, werden in den Baumkronen der Kastanien vermehrt kleine abgestorbene Äste oder Triebe beobachtet (Abb. 15). In den meisten Fällen verursacht ein Zusammenspiel zwischen der Gallwespe und dem Kastanienrindenkrebs dieses neuartige Befallssymptom: Der Krebs dringt häufig durch verlassene Gallen der Wespe in die Zweige ein (Abb. 16) und tötet diese ab (Prospero und Forster 2011).

Hypovirulenz

Wenige Jahre nach den ersten Krankheitsmeldungen fanden sich an einzelnen befallenen Kastanienpflanzen in

Abb. 4. Auf der abgestorbenen Rinde bildet *C. parasitica* zahlreiche rot-orange Fruchtkörper.

Abb. 5. Reife asexuelle Fruchtkörper (Pyknidien) entlassen bei feuchter Witterung die Sporen (Konidien) in langen gelblichen Ranken.

Abb. 6. Die sexuellen Fruchtkörper (Perithezien) sind unterhalb des gelblichen Pilzgewebes (Stroma) in der äusseren Rinde eingebettet.

Abb. 7. Kastanienrindenkrebs an einer jungen Kastanie. Die Infektion lässt sich an der rot verfärbten Rinde erkennen. Der Baum versucht, den Befall zu überwallen.

Abb. 8. Stammkrebs an einer Kastanie. Die Rinde ist eingesunken und aufgerissen.

Abb. 10. Der Kastanienrindenkrebs beeinträchtigt den Wasser- und Nährstofftransport. Dies führt unterhalb der Befallsstelle zum Austrieb von zahlreichen Wasserreisern.

Abb. 9. Dürre Blätter an frisch abgestorbenen Ästen sind ein von weitem sichtbares Verdachtssymptom für den Kastanienrindenkrebs.

Abb. 11. In der Rinde und im Kambium wächst *C. parasitica* mit fächerförmigen, gelblichen Myzelmatten.

Abb. 12. Bei älteren Bäumen sind die rot-orangen Fruchtkörper vorzugsweise in den Rindenrissen.

Abb. 13. Hypovirus-infizierte Krebsstellen wachsen oberflächlich und heilen rasch aus.

Abb. 14. Dank einer Infektion mit dem Hypovirus ausgeheilte Krebsstelle.

Norditalien oberflächliche Krebse (siehe Abb. 13 und 14). In diesen Krebsen wurden atypische *C. parasitica*-Stämme mit nachweislich reduzierter Virulenz gefunden (Heiniger und Rigling 1994). Später entdeckte man, dass diese Hypovirulenz durch ein Virus, welches *C. parasitica* befällt, verursacht wird. Das Virus kommt auch in den natürlichen *C. parasitica*-Populationen in Japan und China vor und wurde vermutlich zusammen mit dem Erregerpilz nach Europa eingeschleppt. Die Infektion von *C. parasitica* mit dem sogenannten *Cryphonectria hypovirus 1* (CHV-1) verlangsamt das Wachstum von *C. parasitica* in der Kastanienrinde, verringert die Bildung von asexuellen Sporen und unterbindet die sexuelle Fortpflanzung. Überdies vermindert CHV-1 die Pigmentierung des Pilzes in Kultur. Während virulente, Virus-freie *C. parasitica*-Stämme auf künstlichem Nährboden orange erscheinen, sind hypovirulente, Virus-infizierte *C. parasitica*-Stämme in Kultur weiss. Dank der weissen Farbe der Pilzkulturen lassen sich hypovirulente Stämme im Labor einfach erkennen (Abb. 17).

Die Schwächung durch CHV-1 führt dazu, dass der Pilz nur in der Rinde wächst, nicht aber das Kambium und die Leitgefässe des Baumes zerstört. Die Krebsstellen überwallen oder es bilden sich oberflächliche Krebse, welche für den Baum nicht mehr tödlich sind. Diese Krebse verhalten sich typischerweise passiv und dehnen sich nicht stark aus. Man spricht deshalb auch von ausheilenden beziehungsweise ausgeheilten Krebsen. Bei der Ausheilung von Krebsen bildet der Baum Wundgewebe, welches die bereits infizierten von den gesunden Bereichen der Rinde abtrennt und so das Vordringen des Pilzes in tiefere Bereiche verhindert. Entscheidend für die erfolgreiche Abgrenzung des Pilzes ist die Geschwindigkeit der Wundgewebebildung im Verhältnis zur Geschwindigkeit des Pilzwachstums. Im Gegensatz zu den virulenten *C. parasitica*-Stämmen wachsen die hypovirulenten *C. parasitica*-Stämme langsam und ermöglichen deshalb dem Baum die Bildung dieser Barriere.

Ausbreitung der Hypovirulenz

Da das Virus nur innerhalb von Pilzzellen existieren kann, verbreitet es sich ausschliesslich mit dem Pilz. CHV-1 wird bei der asexuellen Fortpflanzung in die Konidien übertragen, allerdings durchschnittlich nur zu etwa 70 Prozent (Prospero *et al.* 2006). In die sexuellen Ascosporen wird CHV-1 dagegen nicht übertragen. Von ausgekeimten Konidien kann CHV-1 auf andere Pilzstämme übertragen werden. Treffen zwei Pilzstämme aufeinander, bilden sie Myzelbrücken (Anastomosen) aus (Abb. 17a). Über diese Brücken werden Zellinhalte sowie auch Viren zwischen den Pilzen ausgetauscht (Abb. 17b). Gehören die beiden Pilze unterschiedlichen vegetativen Kompatibilitätstypen (vc-Typen) an, degenerieren die Pilzzellen (Hyphen) in der Kontaktzone (Abb. 17c). Je nach Ausprägung der vegetativen Inkompatibilität zwischen zwei Pilzen wird so die Virusübertragung stark erschwert oder vollständig verhindert (Abb. 17d; Cortesi *et al.* 2001). Eine geringe Anzahl verschiedener vc-Typen innerhalb einer *C. parasitica* Population begünstigt also die Virusübertragung zwischen Pilzstämmen. Die grosse Vielfalt an vc-Typen in den USA könnte ein Grund dafür sein, dass sich die Hypovirulenz dort nie richtig etablieren konnte (Milgroom und Cortesi 2004). In Europa, wo es weniger vc-Typen gibt, breitet sich dagegen das Virus entweder spontan oder mit Hilfe von Massnahmen der biologischen Bekämpfung rasch aus (Bryner *et al.* 2012). In mehreren Regionen hat sich das Virus erfolgreich etabliert und die lokalen Kastanienbestände sind heute nicht mehr unmittelbar bedroht. In den Kastanienniederwäldern im Tessin zum Beispiel sind 50 bis 80 Prozent der Rindenkrebse mit dem Virus infiziert, die meisten Rindenkrebse wachsen nur oberflächlich oder sind ausgeheilt (Bryner und Rigling 2012).

Eine weitere wichtige Rolle für die Ausbreitung von *C. parasitica* und

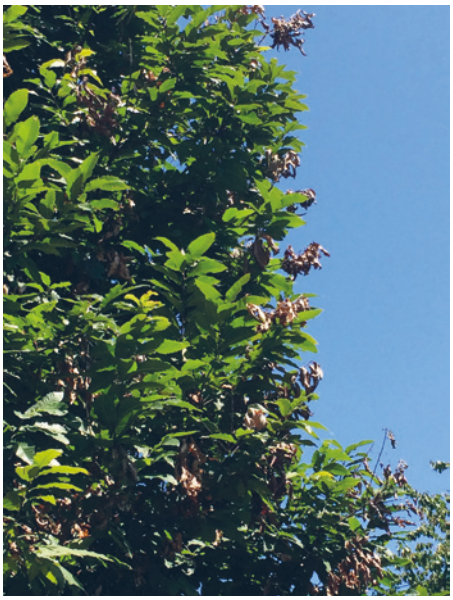

Abb. 15. Durch den Kastanienrindenkrebs abgetötete kleine Äste ausgehend von einem Befall durch die Edelkastaniengallwespe.

Abb. 16. *C. parasitica* ist durch eine verlassene Galle in den Zweig eingedrungen und hat diesen abgetötet.

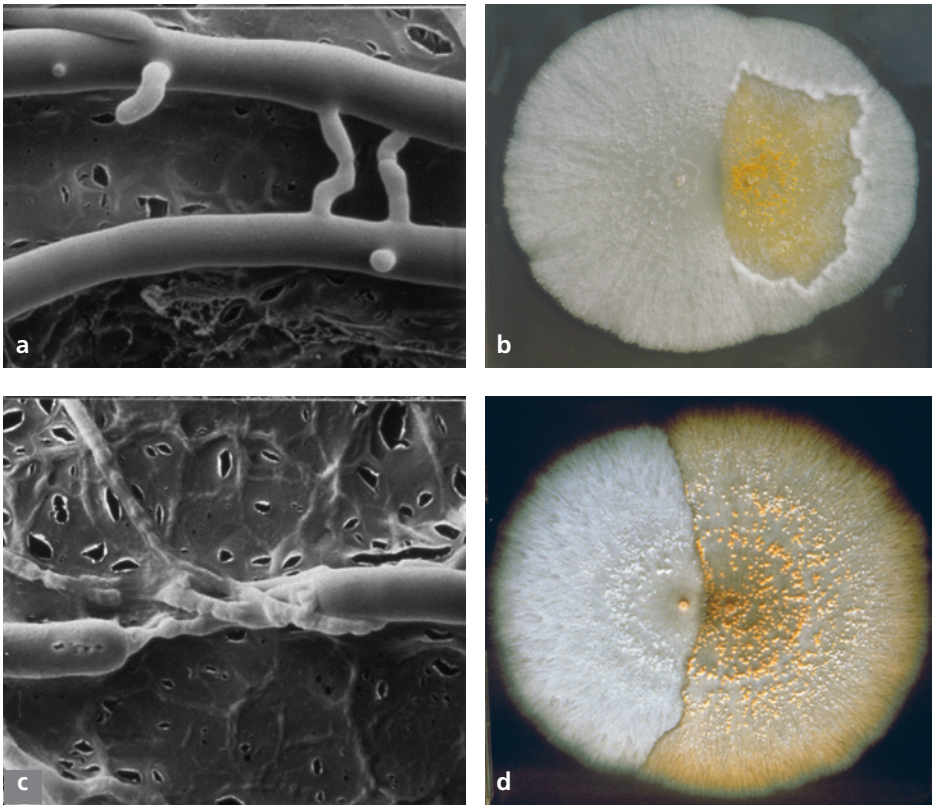

Abb. 17. Virus-freie Kulturen von *C. parasitica* bilden auf einem künstlichem Nährboden orange Pigmente und zahlreiche asexuelle Fruchtkörperchen (Pykniden). Bei Hypovirus-infizierten Pilzstämmen werden Pigmentbildung und Sporulation unterdrückt und die Kulturen erscheinen weiss. Die Übertragung des Hypovirus kann anhand der weissen Kulturmorphologie verfolgt werden: Sind zwei Pilzstämme vegetativ kompatibel, bilden sie Myzelbrücken (Anastomosen) aus (a) und das Hypovirus wird in die orange Kultur übertragen (b). Sind die beiden Pilzstämme vegetativ inkompatibel, degenerieren die Hyphen in der Kontaktzone (c) und eine Übertragung des Hypovirus ist nicht möglich (d).

CHV-1 spielt die Sporenbildung der Pilze auf Totholz oder geschwächten Bäumen. Auf gefällten oder zum Beispiel durch Feuer, Trockenstress oder Konkurrenz im Bestand geschwächten Kastanien wird auf vorhandenen Krebsen wie auch auf gesunden Stammabschnitten eine verstärke Sporulation beobachtet. Dabei werden auch zahlreiche Hypovirus-infizierte Konidien gebildet (Prospero *et al.* 2006). Totholz kann demnach einerseits als Quelle für Virus-infizierte Sporen dienen und so zur biologischen Bekämpfung beitragen, andererseits aber auch als Quelle für Virus-freie, virulente Sporen eine Verschlimmerung der Krankheit bewirken. In Kastanienbeständen ohne Hypovirulenz sollte deshalb von *C. parasitica* befallenes Totholz aus dem Wald entfernt werden. In Regionen mit verbreiteter Hypovirulenz hingegen kann auf diese Massnahme verzichtet werden.

Massnahmen gegen den Kastanienrindenkrebs

Vorbeugende Massnahmen

C. parasitica ist ein Quarantäneorganismus, der in der Eidg. Pflanzenschutzverordung (SR 916.20) aufgeführt wird. Da der Erreger häufig mit Pflanzenmaterial verschleppt wird, gilt es in erster Linie, diesen Verbreitungsweg zu regeln. So unterliegt der Handel von Kastanien- und teilweise auch Eichenmaterial besonderen Bestimmungen, die weltweit gelten. Ausgenommen von diesen Massnahmen sind die Kastanienfrüchte.

Kastanienpflanzen und Edelreiser sollten nur aus kontrollierten Baumschulen mit Pflanzenpass bezogen werden. Da *C. parasitica* latent auch auf gesund aussehenden Kastanienpflanzen vorkommt, sollten zugekaufte Jungpflanzen während mindestens zwei Jahren auf Befall kontrolliert werden. Veredelungsstellen sind dabei speziell zu beachten, da diese besonders anfällig sind. Kastanienholz sollte entrindet in die Schweiz importiert und nicht in der Nähe von Kastanienbeständen gelagert werden. Die Einfuhr von loser Kastanienrinde ist ganz verboten. Der Import von Kastanienpflanzen oder Edelreiser aus aussereuropäischen Ländern (inkl. Türkei und Länder im Kaukasus wie Russland oder Georgien) ist nur mit einem Pflanzenschutzzeugnis möglich und bedarf einer speziellen Einfuhrbewilligung.

Bei diesen Massnahmen geht es darum, die Verbreitung des Kastanienrindenkrebses in den Regionen, die noch frei von *C. parasitica* sind, zu unterbinden sowie keine neuen vc-Typen in bereits befallene Gebiete einzuschleppen. Bei einem Anstieg der vc-Typen-Diversität besteht die Gefahr, dass die günstige Wirkung der Hypovirulenz geschwächt wird.

Phytosanitäre Massnahmen

In Regionen ohne Kastanienrindenkrebs sollten neue Befallsherde schnell eliminiert werden. Befallene Bäume sind zu entfernen oder falls möglich, gesund zu schneiden. Das Schnittholz wird entweder vor Ort verbrannt (Bewilligungspflicht) oder in eine Verbrennungsanlage abgeführt. Kleinere Mengen können auch vergraben werden. In befallenen Kastanienselven führt das regelmässige Ausschneiden von virulenten Krebsen zu einer Reduktion des Befalles. Nach allen Arbeiten an kranken Kastanien oder in befallenen Kastanienbeständen sind die Werkzeuge zu desinfizieren (z. B. mit 70 Prozent Alkohol oder durch Abflammen), damit die Krankheit nicht verschleppt wird. Die Desinfektion der Werkzeuge empfiehlt sich auch bei Veredelungen sowie bei allgemeinen Baumpflegearbeiten wie dem Kronenschnitt bei Fruchtbäumen.

Biologische Bekämpfung

Ist der Kastanienrindenkrebs in einem Waldbestand schon weit verbreitet, ist eine Ausrottung nicht mehr realistisch. In diesem Fall besteht die Möglichkeit der aktiven biologischen Bekämpfung mit hypovirulenten Pilzstämmen (Heiniger und Rigling 1994). Dabei werden Rindenkrebse gezielt mit Virus-infizierten, hypovirulenten *C. parasitica*-Stämmen beimpft. Dazu sollten die für die Behandlung verwendeten Hypovirus-

infizierten Stämme die gleichen vc-Typen aufweisen wie die Pilzstämme im Bestand. So wird eine hohe Virusübertragungsrate erreicht und gleichzeitig verhindert, dass die Anzahl vc-Typen im Bestand erhöht wird. Am besten ist es, wenn Pilze aus dem Bestand über eine Rindenprobe isoliert, im Labor mit dem Virus infiziert und anschliessend direkt für die Behandlung eingesetzt werden. Das Virus-infizierte Pilzmyzel wird zuerst im Labor gezüchtet und dann am Rande der Rindenkrebse in Löcher (etwa 5 mm Durchmesser) eingefüllt (Abb. 18). Idealerweise überträgt sich das Virus nicht nur im behandelten Krebs (Abb. 19) sondern später auch mittels infizierter Konidien auf andere Rindenkrebse im Bestand.

Resistente Kastanien

Mehrere Hybridkastanien, die auf dem Markt erhältlich sind, zeigen eine gewisse Resistenz gegenüber dem Kastanienrindenkrebs. Diese Hybride sind mehrheitlich aus Kreuzungen zwischen Europäischen und Japanischen Kastanien entstanden. In Baumschulen werden vor allem Hybridsorten aus Frankreich angeboten. Drei weitere Sorten, Brunella, Marowa und Golino sind aus einem Züchtungsprogramm in der Schweiz hervorgegangen (RUSTERHOLZ und HUSISTEIN 1999). Diese Sorten kommen auf der Alpennordseite an warmen Standorten mit sauren Böden für den Liebhaber- und Selbstversorgeranbau in Frage.

Biologische Bekämpfung von Schadorganismen

In Europa sind in den letzten Jahren immer häufiger gebietsfremde (exotische) Schadorganismen wie die Edelkastaniengallwespe, der Asiatische Laubholzbockkäfer, oder der Kiefernholznematode eingeschleppt worden. Zahlreiche von ihnen sind inzwischen weit verbreitet und können nicht mehr ausgerottet werden. In diesen Fällen kann die biologische Bekämpfung die Auswirkungen der Schädlinge mildern. Dabei werden natürliche Gegenspieler (Räuber, Parasiten und Krankheitserreger) gegen die Schadorganismen eingesetzt. Beim Kastanienrindenkrebs ist der natürliche Gegenspieler (das Hypovirus) ohne Zutun des Menschen in Europa aufgetaucht und hat sich weitgehend selbstständig ausgebreitet. Bei gebietsfremden Schadorganismen ist eine so erfreuliche Entwicklung eher unwahrscheinlich. Häufig finden sich geeignete Gegenspieler nur im ursprünglichen Verbreitungsgebiet des Schädlings. Diese sind bei uns auch gebietsfremd und müssen vor weiteren Versuchen umfassend erforscht werden. Dabei gilt es, nicht nur ihre Wirksamkeit zu testen, sondern auch allfällige ökologische Nebenwirkungen abzuklären. Dafür sind speziell gesicherte Labore und Gewächshäuser nötig und gesetzlich vorgeschrieben. So wird sichergestellt, dass gebietsfremde Organismen nicht unbeabsichtigt in die Umwelt entweichen. Erst wenn die Abklärungen die gewünschten Resultate ergeben, kann mit praxisnahen Freilandversuchen begonnen werden.

Das 2014 an der WSL erstellte Pflanzenschutzlabor erfüllt die höchsten Sicherheitsanforderungen und ermöglicht, gebietsfremde Schadorganismen und ihre Gegenspieler sicher zu erforschen.

WSL Pflanzenschutzlabor

Abb. 18. Krebsbehandlung mit einem im Labor gezüchteten, hypovirulenten *C. parasitica*-Stamm. Bei einer erfolgreichen Behandlung infiziert das Hypovirus den Rindenkrebs und dieser heilt aus.

Abb. 19. Ausgeheilter Rindenkrebs nach Behandlung mit dem Hypovirus. Die Löcher der Behandlung sind als überwallte Wunden erkennbar.

Literatur

BAZZIGHER, G., 1964: Die Ausbreitung der *Endothia*-Seuche im Kanton Tessin. Schweiz. Z. Forstwes. 115: 320–330.

BRÄNDLI, U.-B., 1996: Die häufigsten Waldbäume der Schweiz. Ergebnisse aus dem Landesforstinventar 1983–85: Verbreitung, Standort und Häufigkeit von 30 Baumarten. Ber. Eigenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 342: 278 S.

BRYNER, S.F.; RIGLING, D., 2012: Hypovirus virulence and vegetative incompatibility in populations of the chestnut blight fungus. Phytopathology 102: 1161–1167.

BRYNER, S.F.; RIGLING, D.; BRUNNER, P.C., 2012: Invasion history and demographic pattern of *Cryphonectria hypovirus* 1 across European populations of the chestnut blight fungus. Ecol. Evol. 2: 3227–3241.

DUTECH, C.; BARRÈS, B.; BRIDIER, J.; ROBIN. C.; MILGROOM, M.G.; RAVIGNÉ, V., 2012: The chestnut blight fungus world tour: successive introduction events from diverse origins in an invasive plant fungal pathogen. Mol. Ecol. 21: 3931–3946.

CORTESI, P.; MCCULLOCH, C.E.; SONG, H.; LIN, H.; MILGROOM, M.G., 2001: Genetic control of horizontal virus transmission in the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*. Genetics 159: 107–118.

HEINIGER, U.; RIGLING, D., 1994: Biological control of chestnut blight in Europe. Annu. Rev. Phytopathol. 32: 581–599.

MILGROOM, M.G.; CORTESI, P., 2004: Biological control of chestnut blight with hypovirulence: a critical analysis. Annu. Rev. Phytopathol. 42: 311–338.

PROSPERO, S.; CONEDERA, M.; HEINIGER, U.; RIGLING, D., 2006: Saprophytic activity and sporulation of *Cryphonectria parasitica* on dead chestnut wood in forests with naturally established hypovirulence. Phytopathology 96:1337–1344.

PROSPERO, S.; FORSTER, B., 2011: Chestnut gall wasp *(Dryocosmus kuriphilus)* infestations: new opportunities for the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica*? New Disease Reports 23: 35.

PROSPERO, S.; RIGLING, D., 2012: Invasion genetics of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* in Switzerland. Phytopathology 102: 73–82.

PROSPERO, S.; RIGLING D., 2013: Chestnut Blight. In: Gonthier, P.; Nicolotti, G. (eds.) Infectious Forest Diseases. Wallingford (UK): CAB International. 318–339.

RUSTERHOLZ, P.; HUSISTEIN, A., 1999: Edelkastanie: Anbau – Verwertung – Sorten. Schwerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 6: 144–150.

WELTEN, M., SUTTER, R., 1982: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. 2 Bde. Birkhäuser Verlag, Basel. 716 + 698 S.

Kontakt

Simone Prospero und Daniel Rigling
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
simone.prospero@wsl.ch
daniel.rigling@wsl.ch

Fotos

Verena Fataar (Abb. 3), Roland Engesser (Abb. 7), Giovanni Bazzigher (Abb. 9, 14, 17b, 17d), Christoph Scheidegger (Abb. 17a und 17c), WSL Phytopathologie (alle anderen Abb.)

Zitierung

RIGLING, D.; SCHÜTZ-BRYNER, S.; HEINIGER, U.; PROSPERO, S., 2014: Der Kastanienrindenkrebs. Schadsymptome, Biologie und Gegenmassnahmen. Merkbl. Prax. 54: 8 S.

Das vorliegende Merkblatt basiert auf HEINIGER, U., 1999: Der Kastanienrindenkrebs *(Cryphonectria parasitica)*. Schadsymptome und Biologie. 2. Aufl. Merkbl. Prax. 8 S., ergänzt und erweitert mit dem aktuellen Wissensstand.

Weiterführende Informationen

www.waldschutz.ch
www.admin.ch/ch/d/sr/c916_20.html
(Quarantänebestimmungen Schweiz)

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen und interessierte Laien.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe
Notice pour le praticien ISSN 1012-6554.
Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Schriftenreihe **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914) und/oder in der Zeitschrift **Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi**.

Die neuesten Ausgaben (siehe www.wsl.ch/merkblatt)
Nr. 53: Lebensraumvernetzung in der Agrarlandschaft. Chancen und Risiken. D. CSENCSICS *et al.* 2014. 8 S.
Nr. 52: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. T. LACHAT *et al.* 2013. 12 S.
Nr. 51: Naherholung räumlich erfassen. M. BUCHECKER *et al.* 2013. 8 S.
Nr. 50: Laubholz-Bockkäfer aus Asien – Ökologie und Management. B. WERMELINGER *et al.* 2013. 16 S.
Nr. 49: Pilze schützen und fördern. B. SENN-IRLET *et al.* 2012. 12 S.
Nr. 48: Biodiversität in der Stadt – für Mensch und Natur. M.K. OBRIST *et al.* 2012. 12 S.
Nr. 47: Zersiedelung messen und vermeiden. C. SCHWICK *et al.* 2011. 12 S.

Managing Editor

Martin Moritzi
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/merkblatt

Layout: Jacqueline Annen, WSL

Druck: Rüegg Media AG

PERFORMANCE myclimate neutral Drucksache | 01-14-321345 myclimate.org

FSC Mix
Produktgruppe aus vorbildlicher Waldwirtschaft und anderen kontrollierten Herkünften
www.fsc.org Cert no. SQS-COC-100271
©1996 Forest Stewardship Council