

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 158 (2007)

Heft: 11

Artikel: Biologische Bekämpfung des Kastanienrindenkrebsses auf der Alpennordseite der Schweiz

Autor: Heiniger, Ursula

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097941>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Biologische Bekämpfung des Kastanienrindenkrebses auf der Alpennordseite der Schweiz

Ursula Heiniger Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (CH)*

Biological control of chestnut blight north of the Swiss Alps

Since 1986 several isolated stands of chestnut (*Castanea sativa*) located north of the Swiss Alps have been infected with the chestnut blight fungus (*Cryphonectria parasitica*). At all sites (1–3), the diversity of the vegetative compatibility types was low. To control the disease, the hypovirus CHV1 was introduced at seventeen sites in five cantons. In total, 571 cankers were treated with local *C. parasitica* isolates containing CHV1. Re-inspection of the cankers one to two years after treatment demonstrated that the percentage of active cankers was significantly reduced in three cantons. Re-isolations of *C. parasitica* showed that the hypovirus persisted in 33% to 75% of the treated cankers and was disseminated to new cankers at a low rate. The difficulties and the potential of hypovirus treatment of small chestnut stands are discussed.

Keywords: *Cryphonectria parasitica*, *Castanea sativa*, chestnut blight, hypovirulence, *Cryphonectria hypovirus* CHV1, biological control

doi: 10.3188/szf.2007.0342

*Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail ursula.heiniger@swissonline.ch

Die Edelkastanie (*Castanea sativa*) findet sich nicht nur auf der Alpensüdseite der Schweiz, sondern auch verbreitet auf der Alpennordseite in milden Lagen entlang von Seen und in Föhngebieten (Brassel & Brändli 1999). Ihre Bedeutung als Fruchtbaum und Holzlieferant ging in den letzten zwei Jahrhunderten infolge der Industrialisierung und der Intensivierung der Landwirtschaft weitgehend verloren (Heiniger 1994). Der ausladende, grosse Baum ist aber noch vielerorts ein bemerkenswertes, prägendes Landschaftselement. So sind die Edelkastanienbestände an der Rigisüdseite im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung¹ erwähnt. Um die Edelkastanie zu erhalten, wurden in den letzten Jahren an verschiedenen Orten in der Zentralschweiz (Rudow & Borter 2006), aber auch bei Walchwil, am Walensee bei Murg und im Chablais Projekte zur Erhaltung oder Wiederherstellung von Kastanienselven initiiert. Der pilzliche Erreger des Kastanienrindenkrebses (*Cryphonectria parasitica*) könnte diese Initiativen aber in Frage stellen. Lange blieben die Edelkastanienbestände auf der Alpennordseite der Schweiz frei vom Kastanienrindenkrebs. Seit 1986 tritt die Krankheit leider in immer neuen Beständen auf: im Wallis und im Chablais, bei Weggis, Walch-

wil, Murg, im Rheintal und seit 2005 auch in der Region Morges (Heiniger & Stadler 1990, Heiniger et al 2007).

Der Kastanienrindenkrebs stammt ursprünglich aus Asien, wo er auf den resistenten Kastanienarten *C. crenata* und *C. mollissima* endemisch ist. Eingeschleppt wurde der Erreger wahrscheinlich mit infiziertem Holz, auf dessen toter Rinde sich grosse Mengen von Sporen entwickeln können, oder mit latent infiziertem Pflanzenmaterial (Jungpflanzen und Edelreiser).

Als sich der Kastanienrindenkrebs in den 1940er-Jahren in den Edelkastanienbeständen Italiens, Frankreichs und des Tessins rasch ausbreitete, starben viele Bäume ab. Dank dem *Cryphonectria hypovirus* (CHV1), das sich seit den späten 1950er-Jahren dort natürlicherweise ausbreitet, sind diese Edelkastanienbestände heute aber nicht mehr bedroht. Das Hypovirus befällt den Erreger des Kastanienrindenkrebses und schwächt ihn so stark, dass Rindenläsionen nicht mehr weiterwachsen und ausheilen (Heiniger & Rigling 1994, Rigling & Heiniger 1999). Die befallenen, eingesunkenen Rindenpartien verlieren ihre rötliche Farbe und die Rindenkrebe überwallen.

In den neu befallenen Gebieten der Alpennordseite ist das Hypovirus bis jetzt nicht natürlich aufgetreten. Die Rindenkrankheit breitet sich schnell aus, und es sind viele absterbende und tote Äste zu

¹ Verordnung vom 10. August 1977 über das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (SR 451.11, VBLN)

beobachten. Ob das Hypovirus je natürlicherweise einwandern wird, ist ungewiss. Es ist aber möglich, das Hypovirus künstlich auszubringen. So werden in französischen Kastanienkulturen schon seit 1974 Rindenkrebbläsionen erfolgreich mit dem Hypovirus behandelt (Robin et al 2000).

Die Hypoviren vermehren sich nur innerhalb ihres pilzlichen Wirtes (*C. parasitica*). Von Rindenkrebs zu Rindenkrebs verbreiten sie sich mit den Pykno-sporen (asexuelle Sporen) des Pilzes, und innerhalb eines Rindenkrebss breiten sie sich via Hyphenanastomosen aus. Diese werden aber nur zwischen *C. parasitica*-Stämmen desselben vegetativen Kompatibilitäts (vc)-Typs ausgebildet (Abbildung 1; Heiniger 1999). Je geringer die vc-Typen-Diversität von *C. parasitica* in einem Edelkastanienbestand ist, desto besser kann sich das Hypovirus ausbreiten.

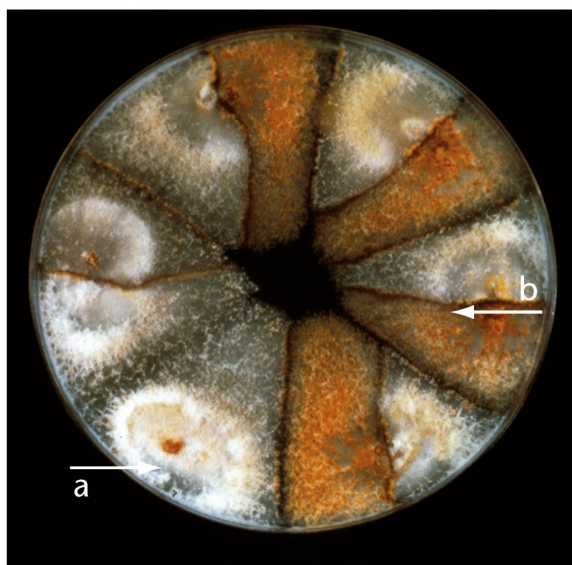


Abb 1 Kulturen von *Cryphonectria parasitica*. Je ein oranges, virulentes Isolat wurde mit einem weissen, hypovirulenten Isolat gepaart. Wenn die Isolate vegetativ kompatibel sind, wird das Hypovirus übertragen und der virulente Stamm wandelt sich um (Pfeil a). Sind die Isolate inkompatibel, bildet sich zwischen ihnen eine Barriere, welche die Hypovirusübertragung blockiert (Pfeil b).

Da in allen betroffenen Regionen der Alpen-nordseite und des Chablais jeweils nur wenige vc-Typen von *C. parasitica* vorhanden sind, erschien eine Behandlung mit dem Hypovirus Erfolg versprechend. Ein erstes Experiment hatte gezeigt, dass sich das künstlich eingebrachte Hypovirus auf einer kleinen Niederwaldfläche in Choëx (Monthey, VS) ausbreitet (Hoegger & Heiniger 1998, Hoegger et al 2003). Mit dem Ziel, die befallenen Edelkastanienbestände zu sanieren, wurden möglichst viele Rindenkrebse mit einem CHV1-enthaltenden, lokalen *C. parasitica*-Isolat behandelt. Zur Erfolgskontrolle wurden nach ein bis zwei Jahren sowohl behandelte als auch unbehandelte Rindenkrebse beurteilt

und wiederum *C. parasitica* isoliert, um festzustellen, ob die Behandlungen erfolgreich waren, ob das Hypovirus in den behandelten Rindenkrebsen überdauerte und ob es sich auf neue Rindenkrebse ausbreitete.

Material und Methoden

Das Projekt «Hypovirulenzbehandlung des Kastanienrindenkrebss auf der Alpennordseite» wurde mit Unterstützung der Forstdienste der Kantone Luzern, St. Gallen, Waadt, Wallis und Zug durchgeführt. Detaillierte Angaben zu den behandelten Bäumen und den Resultaten sind in Schlussberichten für die Kantone und in einem Schlussbericht (2006)² zu Handen der WSL zusammengefasst.

Das Projekt gliederte sich in 7 Stufen: 1) In allen zu behandelnden Flächen wurde *C. parasitica* isoliert und 2) deren vc-Typ bestimmt. 3) Im Feld wurden die Rindenkrebse kartiert, gemessen und ihr Erscheinungsbild festgehalten. 4) Um die genetische Diversität der *C. parasitica*-Population nicht zu erhöhen, wurde das Hypovirus im Labor auf lokale *C. parasitica*-Isolate übertragen und 5) die Rindenkrebse mit diesen lokalen, Hypovirus-infizierten *C. parasitica*-Isolaten behandelt. 6) Ein oder zwei Jahre nach der Behandlung der Rindenkrebse wurde ein Teil davon wieder angesprochen, um die Wirkung der Behandlung zu dokumentieren. 7) Um festzustellen, ob das Hypovirus noch vorhanden ist und sich ausgebreitet hat, wurden *C. parasitica*-Isolate aus ausgewählten behandelten und unbehandelten Rindenkrebsen gewonnen und deren Kulturtyp bestimmt.

Zwischen 2003 und 2005 wurden in insgesamt 18 Edelkastanienbeständen die Rindenkrebse untersucht und in 17 dieser Bestände wurden Behandlungen mit dem Hypovirus vorgenommen (Tabelle 1). Die Bäume oder Stöcke wurden kartiert und nummeriert und die Rindenkrebse auf Grund ihrer Höhe am Stamm identifiziert, gemessen und charakterisiert: Bei aktiven Rindenkrebsen ist die Rinde an den Rändern der Läsion rot und eingesunken und es bilden sich Rindensrisse; bei ausgeheilten Rindenkrebsen sind keine rötlichen Ränder mehr sichtbar; intermediäre Rindenkrebse sind fast ausgeheilt, aber an einer oder wenigen Stellen ist die Rinde noch deutlich rötlich. Aus dem oberen, mittleren und unteren Bereich der Rindenkrebse wurden mit einer Knochenmarkbiopsie-Nadel (Jamshidi gauge, Cardinal Health USA; \varnothing 2 mm) kleine Rindenproben entnommen. Daraus wurden im Labor *C. parasitica*-Isolate gewonnen und deren Kulturtyp bestimmt: Weisse Isolate enthalten das Hypovirus, während

² WSL-Projekt 4.03.1414. Bekämpfung des Kastanienrindenkrebss auf der Alpennordseite 2003–2005. 23. November 2006.

Kanton	Gemeinde	Standort	Koordinaten	Bestandes-Typ	vc-Typen von <i>C. parasitica</i> ¹	Anzahl behandelter Rindenkrebse	Jahr der Behandlung
Luzern (LU)	Weggis	Rigiblick	675 350/209 950	Niederwald, Laubmischwald; Edelkastanien 1990 auf Stock gesetzt	EU-1, EU-6	86 ²	1995, 1998, 2003
St. Gallen (SG)	Murg	ganze Gemeinde	734 750/219 350	Laubmischwald, Altbäume und Ersatzaufforstung (Autobahn)	EU-2, EU-5, EU-6, EU-22	97	2003, 2004, 2005
Waadt (VD)	Bex	Les Bévioux I	658 900/123 600	Weide: Altbäume	EU-1, EU-5	0 ³	–
		En Rond II	568 900/123 800	Weide: Altbäume	EU-1, EU-5	5	2003
		L'Orgeolet III	566 900/122 900	Selve: Altbäume, Pflegeeingriffe 2001	EU-1, EU-5	34	2003, 2005
		Le Montet IV	567 300/123 050	Niederwald; 1998 auf Stock gesetzt	EU-1, EU-5	50	2003, 2005
		Creuxboyon V	567 075/121 000	Weide: Altbäume; dichter Niederwald	EU-1, EU-5	16	2004
		Grand Chêne VI	567 125/120 400	Selve	EU-1, EU-5	10	2004
		Le Bouet VII	568 075/120 250	Weide: Altbäume	EU-1, EU-5	4	2004
		Pré Serre VIII	568 375/121 150	Wald: eingewachsene Selve	EU-1, EU-5	4	2004
		Le Chêne IX	568 175/123 975	Selve	EU-1, EU-5	32	2004
Wallis (VS)	Monthey	Hôpital Malévoz	561 850/122 900	Park: Altbäume und Stockausschläge	EU-1, EU-2, EU-5	82	2003, 2004, 2005
		Collonges	Parzelle 825	569 050/113 500	Wald: Altbäume und gepflanzte Jungbäume; guter Pflegezustand	EU-1, EU-5	31 ⁴
	Monthey	Camping	568 875/113 625	Park: stark befallene Altbäume, teils stark zurück geschnitten	EU-1, EU-5	57	2003, 2004, 2005
		Champ Plan	562 500/121 500	Selve: Pflegeeingriffe 2003	EU-1, EU-2, EU-5	58	2003, 2004, 2005
Zug (ZG)	Walchwil	Usseregg	682 125/217 100	Selve: Pflegeeingriffe 2003	EU-5, EU-13	50	2003, 2004, 2005
		Bühl	681 500/218 100	Laubmischwald	EU-2, EU-5, EU-6	18 ⁵	2006–
		Holäsch	683 000/216 400	Laubmischwald	EU-5	25	2004, 2005

Tab 1 Edelkastanienbestände in der Nordschweiz und im Chablais, die 2003–2005 mit dem Hypovirus CHV1 behandelt worden waren: vegetativer Kompatibilitäts (vc)-Typ der *C. parasitica*-Isolate, Anzahl behandelter Rindenkrebse und Jahr der Behandlung. ¹ Der vorherrschende vc-Typ ist fett gedruckt. ² Davon wurden 31 resp. 18 Rindenkrebse schon 1995 und 1998 behandelt und 8 Rindenkrebse wurden in den Gemeinden Vitznau und Gersau behandelt. ³ Sehr kleine Fläche mit nur 6 schlecht zu behandelnden Rindenkrebsen. ⁴ Davon wurden 21 Rindenkrebse 1997 behandelt. ⁵ Behandlung mit CHV1 erst im Jahre 2006, nicht in Auswertung einbezogen.

orange Isolate kein Hypovirus enthalten und somit virulent sind (Hoegger et al 2000). Mittels Tester-Isolaten wurde der vc-Typ der *C. parasitica*-Isolate festgestellt (Cortesi et al 1998).

Zur Behandlung der Rindenkrebse mit dem Hypovirus wurden lokale *C. parasitica*-Isolate verwendet, die mit einem Tessiner Hypovirus infiziert wurden. Nur für den vc-Typ EU-13 von Usseregg (ZG) wurde ein Hypovirus aus dem Bergell verwendet. Alle Isolate sind in der mykologischen Sammlung der WSL deponiert. Die hypovirulenten Isolate wurden im Labor in Flüssigkultur gezüchtet. *C. parasitica*

wurde auf einer PDA (Difco potato dextrose agar)-Platte vorgezüchtet, diese in 100 ml sterilem Wasser homogenisiert und in 2.5 l Fernbachkolben mit 900 ml KYG-Lösung (Knop'sche Salzlösung, 2% Glukose und 0.5% Difco Hefe-Extrakt) inokuliert. Die Kolben wurden bei 25 °C im Dunkeln geschüttelt (75 rpm). Nach 5 Tagen wurde der Mycelbrei abfiltriert, in Flaschen gefüllt und bei 4 °C aufbewahrt. Zur Behandlung wurden mit einem Korkbohrer (ø 5 mm) rund um die Rindenkrebse Löcher im Abstand von ca. 2 cm appliziert, in die der *C. parasitica*-Mycelbrei gefüllt wurde. Um eine Auskreuzung von *C. parasitica* zu vermeiden, wurde jeweils ein Hypovirus-infiziertes *C. parasitica*-Isolat verwendet, das den gleichen vc-Typ aufwies wie der zu behandelnde Rindenkrebs. Die Löcher wurden mit Papierklebestreifen verschlossen, um das Austrocknen zu verhindern (Heiniger et al 2007). Behandelt wurden nur Rindenkrebse, die ohne Kletterei erreichbar waren, d.h. Rindenkrebse auf Stockausschlägen, jungen Sprossen und tiefen Ästen, und die klar begrenzt

waren, also keine flächigen Stamminfektionen. In den Jahren 2003 bis 2005 wurden insgesamt 571 Rindenkrebse behandelt. Schon früher waren in Weggis 49 und in Collonges (Parzelle 825) 21 Rindenkrebse behandelt worden (Tabelle 1). Zur Dokumentation des Behandlungserfolgs wurden die Rindenkrebse periodisch bonitiert und *C. parasitica* aus ihnen isoliert.

Die statistischen Berechnungen zur Signifikanz der Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Rindenkrebsen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test mittels des Programms von Preacher (2001) durchgeführt.

Resultate und Diskussion

Die vegetativen Kompatibilitäts (vc)-Typen von *C. parasitica* auf der Alpennordseite

Die vc-Typen-Diversität war in allen Beständen sehr gering (Tabelle 1). Meist wurden nur ein oder zwei vc-Typen festgestellt, ein Hinweis, dass die Rindenkranke wahrscheinlich jeweils nur wenige Male eingeführt wurde. Die Hypoviren werden am besten zwischen *C. parasitica*-Isolaten mit dem gleichen vc-Typ übertragen. Bei vegetativer Inkompatibilität bildet sich zwischen den Isolaten eine Barriere, die die Hypovirusübertragung verhindert (Abbildung 1).

Der vc-Typ von *C. parasitica* wird durch 6 Genloci bestimmt, die je in zwei Allelen vorkommen können (1 oder 2; Tabelle 2). Die auf der Alpennordseite häufigen vc-Typen EU-1, EU-2, EU-5, EU-6 sind genetisch nah verwandt, und bei einer Auskreuzung entstehen keine weiteren vc-Typen (Abbildung 2). Nur der vc-Typ EU-13, der in der Fläche Usseregg (ZG) gefunden wurde, bietet Anlass zur Sorge. Er unterscheidet sich vom lokalen vc-Typ EU-5 in 3 Genloci; bei einer Auskreuzung dieser vc-Typen wären $2^3 = 8$ verschiedene vc-Typen zu erwarten. Aber obwohl der vc-Typ EU-13 schon 1991 identifiziert wurde (Bissegger & Heiniger 1991; unter der Bezeichnung vc-Typ V) und auf der Fläche Perithezien (sexuelle Fruchtformen) gefunden wurden, wurde bis jetzt noch keine Auskreuzung beobachtet.

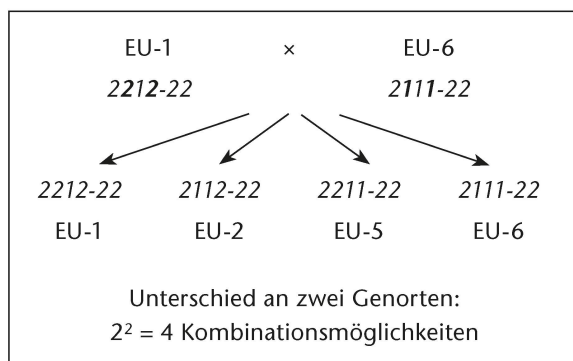


Abb 2 Auskreuzung der vc-Typen EU-1 und EU-6.

vc-Typ	vic-Typ
EU-1	2212-22
EU-2	2112-22
EU-5	2211-22
EU-6	2111-22
EU-13	1211-11
EU-22	2112-21

Tab 2 Genotypen (vic-Typen) der vc-Typen EU-1, EU-2, EU-5, EU-6, EU-13 und EU-22 (aus Cortesi und Milgroom 1998). Fett: identische Allele bei den vc-Typen EU-1, EU-2, EU-5, EU-6, EU-13 und EU-22.

In Murg wurde der vc-Typ EU-22 nur einmal unter 258 *C. parasitica*-Isolaten gefunden. Er unterscheidet sich vom sehr häufigen vc-Typ EU-2 nur an einem Genlocus und würde bei einer Auskreuzung nicht zu neuen vc-Typen führen.

Obwohl ausser in einigen Walliser Beständen überall Perithezien beobachtet wurden, konnten bis jetzt kaum Auskreuzungen der vc-Typen festgestellt werden. Die geringe Diversität der vc-Typen ist eine gute Voraussetzung, dass das Hypovirus natürlich zwischen den Pilzstämmen ausgetauscht wird.

Krebstypen

In allen Untersuchungsflächen war der Kastanienrindenkrebs im Jahr vor der Behandlung sehr verbreitet. Viele tote Äste oder Sprosse zeugten von der Aktivität der Krankheit. Die meisten Rindenkrebse wurden als aktiv (mit deutlich roten Rändern) oder intermediär eingestuft.

Ein Jahr nach der Behandlung mit dem Hypovirus waren die meisten der behandelten Rindenkrebse deutlich weniger aktiv, und viele Krebse erschienen ausgeheilt (Abbildungen 3 und 4). In den Kantonen Waadt, Wallis und Zug waren die Rindenkrebse ein oder zwei Jahre nach der Behandlung signifikant weniger aktiv als die unbehandelten Rindenkrebse. 33% waren ausgeheilt, was vergleichbar ist mit Daten aus der Slowakei (Juhásová et al 2005).

In Murg (SG) wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Dort war der Prozentsatz an ausgeheilten Rindenkrebsen auch bei den unbehandelten Rindenkrebsen gross. Die Behandlungen scheinen Erfolg zu haben, und es kann sogar ein Ausheilen von unbehandelten Rindenkrebsen beobachtet werden. Einzig in der Luzerner Fläche Rigiblick, in der 1995 und 1998 das Hypovirus ausgebracht wurde, waren nur 12% der Rindenkrebse ausgeheilt, und es zeigte sich kein statistischer Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Rindenkrebsen.



Abb 3 Ausgeheilte Kastanienrindenkrebse nach der Behandlung mit dem Hypovirus CHV1. Links: Collonges, Camping (VS), 2005: Der Krebs auf Baum 2350/1 wurde im Jahre 2004 behandelt. Er ist in einem Jahr nicht mehr weitergewachsen und fast gänzlich ausgeheilt. Rechts: Ausgeheilte behandelte Rindenkrebse in Malévoz (VS).

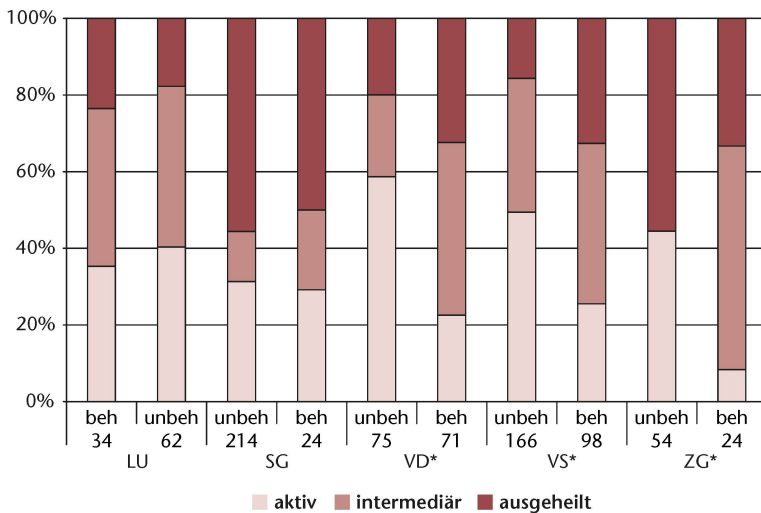


Abb 4 Rindenkrebstyp. Prozentsatz von passiven, intermediären und aktiven Rindenkrebsen. Unbeh: Anzahl unbehandelter Rindenkrebse, beh: Anzahl Rindenkrebse, die ein bis zwei Jahre zuvor mit dem Hypovirus CHV1 behandelt wurden. * Signifikante Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Rindenkrebsen (Chi-Quadrat-Test), $p < 0.001$.

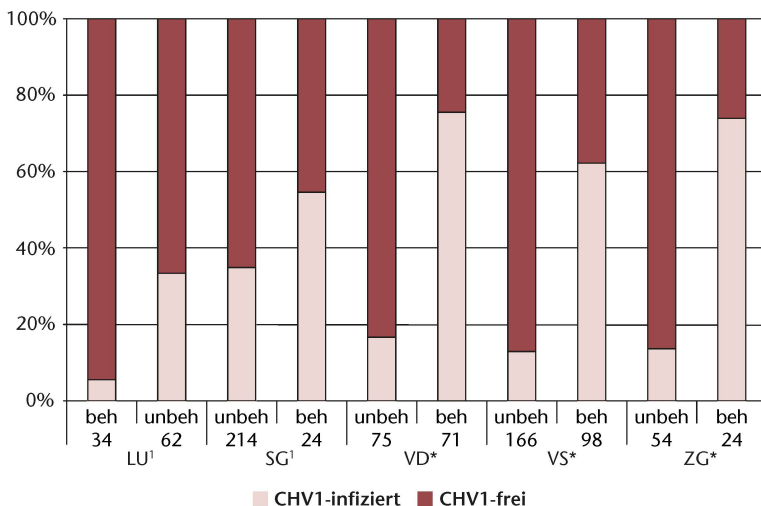


Abb 5 Nachweis des Hypovirus CHV1 in behandelten und unbehandelten Rindenkrebsen. Prozentsatz der analysierten Rindenkrebse, die mindestens ein weisses *C. parasitica*-Isolat ergaben. Unbeh: Anzahl unbehandelter Rindenkrebse, beh: Anzahl Rindenkrebse, die ein bis zwei Jahre zuvor mit dem Hypovirus CHV1 behandelt wurden. * Signifikante Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Rindenkrebsen (Chi-Quadrat-Test), $p < 0.001$. ¹ Chi-Quadrat-Test nicht anwendbar.

Die Persistenz des Hypovirus CHV1

Rückisolationen von *C. parasitica* ein oder zwei Jahre nach der Behandlung zeigten, dass das Hypovirus noch in allen behandelten Beständen vorhanden war. Von den behandelten Rindenkrebsen ergaben 33% bis 75% ein Hypovirus-infiziertes Isolat (Abbildung 5). Das Hypovirus blieb also in vielen behandelten Rindenkrebsen erhalten. Aber auch aus unbehandelten Rindenkrebsen konnten einige Hypovirus-infizierte Isolate gewonnen werden. Dass das Hypovirus auch in unbehandelten Rindenkrebsen gefunden wurde, ist ein Zeichen, dass das Hypovirus sich langsam selbständig ausbreitet.

Der Anteil an Rindenkrebsen, in denen Hypovirus-infizierte *C. parasitica*-Isolate gefunden wurden, korrespondierte gut mit dem Anteil an ausgeheilten Krebsen. In Murg, wo 56% der unbehandelten Rindenkrebse als ausgeheilt angesprochen wurden, waren 35% dieser Rindenkrebse Hypovirus-infiziert. In der Fläche Rigiblick, wo nur 12% der behandelten Rindenkrebse ausgeheilt waren, konnten nur aus 6% der Rindenkrebse Hypovirus-infizierte *C. parasitica*-Isolate gewonnen werden. Bis jetzt lässt sich nicht erklären, wieso sich das Hypovirus am Rigiblick schlecht hält und sich nur sehr langsam ausbreitet. In Walchwil wurde das Hypovirus noch nicht in unbehandelten Rindenkrebsen festgestellt.

Es muss erwähnt werden, dass auch aus behandelten Rindenkrebsen oft orange, Hypovirusfreie Isolate isoliert wurden. So wurden beispielsweise in Murg im Jahr 2005 aus 72% der behandelten Rindenkrebse auch orange Isolate gewonnen. Untersuchungen im Tessin, wo das Hypovirus weit verbreitet ist, zeigten, dass aus ausgeheilten Rindenkrebsen neben weissen oft auch orange, virulente Isolate gewonnen werden (Rigling & Heiniger, unpubliziert). Das Hypovirus CHV1 breitet sich oft nicht im ganzen Rindenkrebs aus und kann auch wieder aus gewissen Stellen verschwinden. Aus völlig ausgeheilten Krebsen kann oft gar keine *C. parasitica* mehr isoliert werden.

Ausblick

Die vorliegenden Resultate zeigen, dass das künstlich ausgebrachte Hypovirus in vielen behandelten Rindenkrebsen überdauert und sich langsam ausbreitet. Das Hypovirus hat sich bis jetzt aber noch nirgends so etabliert wie in den Kastanienbeständen des Tessins. Für eine aktive Vermehrung des Hypovirus braucht es mehr Zeit und vermutlich auch wiederholte Behandlungen der Kastanienbestände mit dem Hypovirus. Da sich das Hypovirus nur in seinem pilzlichen Wirt vermehrt, ist ungewiss, ob es in den relativ kleinen Edelkastanienbeständen überhaupt genügend Rindenkrebs gibt, in denen sich das Hypovirus vermehren und von denen aus es sich selbständig verbreiten kann. In kleinen Beständen und in Fruchtanlagen wird eine periodische Behandlung mit dem Hypovirus nötig sein, wie sie in französischen Fruchtanlagen durchgeführt wird. Das Ausbringen des Hypovirus ist sehr aufwändig, muss doch jeder Rindenkrebs einzeln behandelt werden. Zudem sind viele Rindenkrebs ohne Klettern nicht behandelbar. Die Methode eignet sich deshalb schlecht für grössere Waldbestände. Eine verbesserte und effizientere Methode zur Behandlung beispielsweise durch Versprühen von CHV1 enthaltenden Pykno-sporen wurde aber bis anhin nicht entwickelt.

Wie sich die Hypovirulenz in einem Edelkastanienbestand ausbreitet, ist immer noch nicht gänzlich geklärt. Neben einer geringen vc-Typen-Diversität spielt auch der Typ des Hypovirus eine Rolle. Hypoviren, die das Wachstum und die Sporulation ihres pilzlichen Wirts stark hemmen, ermöglichen eine gute Heilung der Rindenkrebs. Sie verbreiten sich aber schlecht von Rindenkrebs zu Rindenkrebs. Für unsere Behandlungen wurden deshalb Hypoviren ausgewählt mit einem guten Wachstum im Baum. Auch das Baumalter und die Vitalität der Bäume scheinen eine Rolle zu spielen. Auf gut wachsenden Bäumen können die Rindenkrebs befallene Äste und Stämme nicht so schnell umwachsen und abtöten, weshalb die Periode für eine Infektion mit dem Hypovirus verlängert ist (Milgroom & Cortesi 2004). Als Quelle für Hypovirus-infizierte Sporen dient vielleicht auch Totholz. Darauf sporuliert *C. parasitica* intensiv, und es wird vermutet, dass Totholz einen wichtigen Anteil an der Ausbreitung der Hypovirulenz haben könnte (Prospero et al 2006). Intensive und wiederholte Behandlungen mit dem Hypovirus sind in französischen Obstanlagen erfolgreich (Robin et al 2000). Behandlungen von Wäldern wurden vor allem in den USA durchgeführt, bis jetzt aber noch mit wenig Erfolg. Noch sind nicht alle Faktoren – wie Bestandestyp, Baumalter, Epidemie-Fortschritt, Behandlungsintensität, Totholzanteil mit alten Rindenkrebsen – bekannt, welche die natürliche Ausbreitung des Hypovirus ermöglichen (Milgroom & Cortesi 2004).

Die jüngsten Erfahrungen zeigen, dass der Kastanienrindenkrebs meist sehr aktiv wird, wenn in die Kastanienbestände eingegriffen wird, wie beim Rückschnitt der Bäume in Parks, bei der Wiederherstellung von Selven oder bei einer Durchforstung. Diese Eingriffe verursachen Wunden, welche Eintrittspforten für den Kastanienrindenkrebs sind. Gleichzeitig wird durch das Auslichten des schützenden Blattwerks vermutlich dem Sporenflug freie Bahn geschaffen. In Waldbeständen, die vom Kastanienrindenkrebs betroffen sind, sind deshalb Eingriffe zurückhaltend durchzuführen.

Auf der Alpennordseite der Schweiz, im Wallis und im Chablais sind nur noch wenige kleinere Bestände und Einzelbäume frei vom Kastanienrindenkrebs. Die grösste Gefahr, die Krankheit einzuschleppen, geht vom Pflanzmaterial aus. Jungpflanzen sind oft an der Veredelungsstelle latent vom Rindenkrebs befallen. Dort kann sich einige Monate nach der Pflanzung an einer scheinbar gesunden Pflanze ein Rindenkrebs entwickeln. Bissegger & Sieber (1994) zeigten, dass *C. parasitica* in jungen Trieben, die als Reiser verwendet werden können, endophytisch leben kann. Da lokale Edelkastanien-sorten am besten an die örtlichen klimatischen und pedologischen Gegebenheiten angepasst sind, empfiehlt es sich, Jungpflanzen aus lokalen Samen in einer Baumschule abseits von befallenen Edelkastanienbeständen zu ziehen. Mit dem Import von Jungpflanzen aus anderen Regionen oder Ländern besteht immer die Gefahr, den Rindenkrebs erneut einzuschleppen und mit ihm auch neue vc-Typen. Eine erhöhte Diversität der vc-Typen vermindert die Chance des Hypovirus, sich auszubreiten. ■

Dank

Ich danke C. Allemann, M. Baur, R. Graf, P. Lawrenz und F. Theile für ihre sorgfältige Mitarbeit und den Kantonen LU, SG, VD, VS und ZG für die finanzielle Unterstützung. H. Rappo, J. Binggeli, J. Kühne, J. Waldis, K. Hürlimann, E. Coutaz und das «Groupement des Propriétaires des Châtaigniers» (J.-L. Debrot) haben mit ihren lokalen Kenntnissen viel zum Projekt beigetragen. D. Rigling und R. Engesser danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- BISSEGGER M, HEINIGER U (1991) Chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*) north of the Swiss alps. Eur J For Path 21: 250–252.
- BISSEGGER M, SIEBERT T (1994) Assemblage of endophytic fungi in coppice shoots of *Castanea sativa*. Mycologia 86: 648–655.
- BRASSEL P, BRÄNDLI UB, EDITORS (1999) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Bern: Haupt. 442 p.
- CORTESI P, MILGROOM MG (1998) Genetics of vegetative incompatibility in *Cryphonectria parasitica*. Appl Environ Microbiol 64: 2988–2994.
- CORTESI P, RIGLING D, HEINIGER U (1998) Comparison of vegetative compatibility types in Italian and Swiss subpopulations of *Cryphonectria parasitica*. Eur J For Path 28: 167–176.
- HEINIGER U (1994) Die Edelkastanie in der Schweiz. Kastanienkultur im Wandel der Geschichte. Schweiz Z Forstwes 145: 201–212.
- HEINIGER U (1999) Der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*). Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anst Wald Schnee Landsch, Merkblatt Praxis 22. 2 ed. 7 p.
- HEINIGER U, GRAF R, RIGLING D (2007) Der Kastanienrindenkrebs auf der Alpennordseite und seine biologische Kontrolle. Wald Holz 88 (5): 50–53.
- HEINIGER U, RIGLING D (1994) Biological control of chestnut blight in Europe. Ann Rev Phytopath 32: 581–599.
- HEINIGER U, STADLER B (1990) Kastanienrindenkrebs auf der Alpennordseite. Schweiz Z Forstwes 141: 383–388.
- HOEGGER P, HEINIGER U (1998) La lutte biologique contre le chancre de l'écorce du châtaignier. La Forêt 51 (9): 21.
- HOEGGER PJ, HEINIGER U, HOLDENRIEDER O, RIGLING D (2003) Differential transfer and dissemination of the hypovirus and the nuclear and mitochondrial genomes of a hypovirus-infected *Cryphonectria parasitica* strain after its introduction into a natural population. Appl Environ Microbiol 69: 3767–3771.
- HOEGGER PJ, RIGLING D, HOLDENRIEDER O, HEINIGER U (2000) Genetic structure of newly established populations of *Cryphonectria parasitica*. Mycol Res 104: 1108–1116.
- JUHÁSOVÁ G, ADAMCIKOVÁ K, ROBIN C (2005) Results of biological control of chestnut blight in Slovakia. Phytoprotection 86: 19–23.
- MILGROOM MG, CORTESI P (2004) Biological control of chestnut blight with hypovirulence: a critical analysis. Annu Rev Phytopathol 42: 311–338.
- PREACHER KJ (2001) Calculation for the chi-square test: An interactive calculation tool for chi-square tests of goodness of fit and independence [computer software]. www.psych.ku.edu/preacher/chisq/chisq.htm (4 sep 2007).
- 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.
- RIGLING D, HEINIGER U (1999) Der Kastanienrindenkrebs – ein Dauerproblem der Edelkastanie? Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anst Wald Schnee Landschaft, Info Wald 1. pp. 1–4.
- RUDOW A, BORTER P (2006) Erhaltung der Kastanienkultur in der Schweiz – Erfahrungen aus 46 Selvenrestaurationsprojekten. Schweiz Z Forstwes 157: 413–418. doi:10.3188/szf.2006.0413
- ROBIN C, ANZIANI C, CORTESI P (2000) Relationship between biological control, incidence of hypovirulence, and diversity of vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica* in France. Phytopathology 90: 730–737.

Biologische Bekämpfung des Kastanienrindenkrebses auf der Alpennordseite der Schweiz

Seit 1986 sind verschiedene isolierte Edelkastanienbestände der Schweizer Alpennordseite und des Chablais vom Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) befallen. In allen Beständen finden sich nur wenige vegetative Kompatibilitätstypen von *C. parasitica* (1–3). Eine Behandlung mit dem Hypovirus CHV1 erschien deshalb Erfolg versprechend. In 17 Beständen in 5 Kantonen wurden von 2003 bis 2005 insgesamt 571 Rindenkrebsläsionen mit dem Hypovirus behandelt. Verwendet wurden lokale *C. parasitica*-Isolate, die mit einem Südschweizer Hypovirus infiziert waren. Ein bis zwei Jahre nach der Behandlung war die Anzahl aktiver Krebse in drei Kantonen signifikant kleiner und viele Rindenkrebsläsionen waren ausgeheilt. Aus 33% bis 76% der behandelten Rindenkrebsläsionen konnten Hypovirus-infizierte *C. parasitica*-Isolate gewonnen werden. Auch in einigen unbehandelten Rindenkrebsläsionen fanden sich Hypovirus-infizierte *C. parasitica*-Isolate, ein Zeichen, dass das Hypovirus persistiert und sich langsam ausbreitet. Die Probleme bei der Behandlung kleiner Edelkastanienbestände mit dem Hypovirus werden diskutiert.

Lutte biologique contre le chancre de l'écorce du châtaignier au Nord des Alpes suisses

Depuis 1986, plusieurs peuplements de châtaigniers isolés du Nord des Alpes suisses et du Chablais sont atteints par le chancre de l'écorce (*Cryphonectria parasitica*). Le nombre de types de compatibilité végétale de *C. parasitica* est faible dans tous les peuplements (1–3), si bien qu'un traitement à l'hypovirus CHV1 semblait prometteur. Entre 2003 et 2005, 570 chancres ont été traités au moyen d'un isolat local de *C. parasitica* inoculé par un hypovirus de Suisse méridionale dans 17 peuplements répartis dans 5 cantons. Un à deux ans après le traitement, le nombre de chancres actifs avait diminué de manière significative dans trois cantons et beaucoup de lésions étaient cicatrisées. Dans 33 à 76% des chancres, des souches de *C. parasitica* infectées par l'hypovirus ont pu être isolées. Des isolats ont même été découverts dans des lésions non traitées, signe de la persistance et de la lente dissémination de l'hypovirus. Les problèmes rencontrés lors du traitement de petits peuplements de châtaigniers à l'hypovirus sont discutés.