



www.efbs.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit EFBS
Commission fédérale d'experts pour la sécurité biologique CFSB
Commissione federale per la sicurezza biologica CFSB
Cumiissiu federala per la segirezza biologica CFSB

Swiss Expert Committee for Biosafety SECB

Feuerbrandbekämpfung: Der Kampf geht weiter

Vergleich verschiedener Methoden zur Feuerbrandbekämpfung in der Schweiz in Bezug auf biologische Sicherheit, Wirkungsgrad und Dauerhaftigkeit

Kurzfassung, Mai 2015



Michele Gusberti¹, Urs Klemm², Matthias S. Meier^{2,3}, Monika Maurhofer^{1,2}, Isabel Hunger-Glaser²

¹Institut für Integrative Biologie, Gruppe für Pflanzenpathologie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, CH-8092 Zürich, Schweiz; ²Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit EFBS, CH-3003 Bern, Schweiz; ³Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick, Schweiz.

Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit
c/o Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern
Tel. +41 58 463 03 55, info@efbs.admin.ch
www.efbs.ch

Feuerbrand (FB), verursacht durch *Erwinia amylovora*, ist wahrscheinlich die verheerendste und weltweit bedeutendste bakterielle Erkrankung in Apfel- und Birnenanlagen. In der Schweiz wurde *E. amylovora* erstmals 1989 auf *Cotoneaster* sp. beobachtet, der erste Ausbruch in Apfel- und Birnenanlagen erfolgte 1991. Angesichts der ausserordentlich zerstörerischen Wirkung des Erregers wurden Quarantäne- und Tilgungsmassnahmen beschlossen. Dennoch breitete sich die Krankheit in den folgenden Jahren in fast allen Teilen der Nord- und Zentralschweiz aus und erreichte 2007 einen Höhepunkt. In der Folge wurden befallene Bäume konsequent eliminiert. Um die Ausbreitung des Erregers zu begrenzen, bewilligte das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) zudem im Jahr 2008 den Einsatz von Streptomycin in Apfel- und Birnenanlagen. Ergänzend dazu wurden weitere Massnahmen zur Bekämpfung von FB durchgeführt (biologische Schädlingsbekämpfung, Einsatz chemischer Erzeugnisse und Anbau tolerante Sorten).

Dieser Bericht vergleicht verschiedene Methoden beziehungsweise Produkte zur Bekämpfung von FB, die routinemässig (mit Ausnahme der gentechnisch veränderten Produkte) in Schweizer Apfelanlagen eingesetzt werden:

- BlossomProtect,
- kupferhaltige Produkte,
- Myco-Sin,
- LMA,
- streptomycinsulfathaltige Produkte,
- Verwendung von feuerbrandresistenten bzw. -toleranten Sorten aus herkömmlicher Züchtung
- Verwendung von feuerbrandresistenten bzw. -toleranten Sorten, die durch gentechnische Verfahren entwickelt wurden.

Im Mittelpunkt der Untersuchung standen die folgenden Schutzziele, wobei der biologischen Sicherheit besondere Beachtung geschenkt wurde:

- FB-freie Obstanlagen und Umwelt,
- Menschliche Gesundheit,
- Tiergesundheit,
- Umweltschutz,
- Wirtschaftlicher Nutzen,
- Landwirtschaftliche Vielfalt.

Die Angaben zu den einzelnen Bekämpfungsmassnahmen in Bezug auf die genannten Schutzziele stammen aus der Literatur und aus Befragungen von Sachverständigen. Die Untersuchungsergebnisse richten sich an alle potenziell interessierten Kreise, darunter Landwirte, der Schweizerische Bauernverband, der Schweizer Obstverband, Birnen- und Apfelproduzenten, Züchter, die Pflanzenschutzmittelbranche, die Medien, Konsumentinnen und Konsumenten, Bundesbehörden sowie Politikerinnen und Politiker.

BlossomProtect, ein Präparat mit dem biologischen Wirkstoff *Aureobasidium pullulans*, reduziert den Befall mit Feuerbrand um 76 bis 82 %. Eine Abnahme des Wirkungsgrades wird nicht erwartet. Die Auswirkungen des Wirkstoffs auf Anwender und Verbraucher wurden als vernachlässigbar eingestuft. Zudem werden von BlossomProtect keine signifikanten Auswirkungen auf exponierte Tiere, Böden oder Wasserlebewesen erwartet. Die Akzeptanz seitens der Konsumentinnen und Konsumenten und die Marktfähigkeit von mit BlossomProtect behandelten Äpfeln dürften hoch sein, auch wenn das Obst abhängig von der Sorte und der Anzahl Anwendungen einige Läsionen (Fruchtberostung) aufweisen kann. Der hohe Wirkungsgrad dieses biologischen Wirkstoffes sollte ausreichenden Schutz für die meisten feuerbrandanfälligen Apfelsorten bieten, dies insbesondere bei kombinierter Anwendung mit anderen Produkten wie Myco-Sin. Da BlossomProtect im biologischen Landbau zugelassen

ist, trägt es zur Vielfalt der angebauten Apfelsorten und zur Diversifizierung landwirtschaftlicher Praktiken bei.

Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Kupfersulfat und Kupferoxid, die am häufigsten eingesetzten Kupferverbindungen, besitzen einen Wirkungsgrad gegen Feuerbrand von rund 88 %, 50 %, 35 % beziehungsweise 25 %. Eine Resistenzentwicklung sowie Probleme für die menschliche Gesundheit infolge der Anwendung werden nicht erwartet. Allerdings können diese Substanzen ein erhöhtes Risiko für exponierte Tiere sowie für gewisse Kulturpflanzen bergen und aufgrund ihrer Anreicherung im Wasser und im Boden problematisch werden. Eine Beeinträchtigung der Bodenbiodiversität und der Bodenfruchtbarkeit ist daher möglich. Die Marktfähigkeit von mit Kupfer behandelten Äpfeln ist hoch, da der Einsatz von Kupfer von den Konsumentinnen und Konsumenten im Allgemeinen akzeptiert wird. Dennoch dürften diese Präparate die Marktgängigkeit von Obst gesamthaft verringern, da sie abhängig vom Zeitpunkt der Anwendung zu Fruchtberostung führen können. Kupferbasierte Präparate sind auch im biologischen Landbau zugelassen.

Myco-Sin, ein Präparat, das Aluminiumsulfat und *Equisetum*-Extrakt enthält, besitzt einen sehr variablen Wirkungsgrad gegen Feuerbrand (50–69 %). Seine Dauerhaftigkeit wurde als hoch eingestuft. Mögliche Nebenwirkungen für Anwender und andere Personen, die mit dem Präparat umgehen, wurden zwar identifiziert, aber als vernachlässigbar beurteilt. Die vermuteten möglichen Nebenwirkungen für exponierte Tiere (Thiaminmangel) und für Wasser- und Bodenorganismen (mittelschwere Versauerung) wurden als geringfügig beurteilt. Die Marktfähigkeit von Obst, das mit Myco-Sin behandelt wurde, wird nicht geschmälert. Allerdings gewährleistet der niedrige Wirkungsgrad von Myco-Sin über unterschiedliche Anbaumethoden hinweg keinen umfassenden Schutz von FB-anfälligen Apfelsorten. Myco-Sin ist ebenfalls für den biologischen Landbau zugelassen.

Das neue Schädlingsbekämpfungsmittel **LMA** enthält Kaliumaluminiumsulfat und besitzt einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 73 %. Seine Dauerhaftigkeit wird als hoch eingeschätzt. Weder bei Anwendern noch bei Konsumentinnen und Konsumenten oder exponierten Tieren werden unerwünschte Wirkungen erwartet. Bei unsachgemäßer Handhabung sind indessen Nebenwirkungen für Wasserorganismen (aufgrund mittlerer Versauerung) möglich. Der hohe Wirkungsgrad von LMA verspricht einen guten Schutz für FB-anfällige Apfelsorten in der integrierten Produktion. Für den biologischen Landbau indessen ist LMA nicht zugelassen.

Ag-Streptomycin, Strepto und Firewall 17 sind Produkte mit dem Wirkstoff Streptomycinsulfat und besitzen von allen in dieser Studie untersuchten Mitteln zur FB-Bekämpfung den höchsten Wirkungsgrad (80–89 %). Als Folge des eingeschränkten Einsatzes von Streptomycin in der Schweizer Landwirtschaft (derzeit maximal 1 Anwendung pro Jahr) dürfte die Dauerhaftigkeit dieser Produkte hoch sein. Wird Streptomycin entsprechend den Weisungen des Herstellers angewendet, sind keine intolerablen Auswirkungen auf Anwender oder Konsumenten zu erwarten. Bei stark exponierten Tieren würde eine Entwicklung einer Antibiotika-Multiresistenz erwartet, die Wahrscheinlichkeit, dass Tiere Streptomycin ausgesetzt sind wurde jedoch als gering eingestuft. Was die Biodiversität betrifft, so wirkt sich Streptomycin nur geringfügig auf die Bakteriengesellschaften im Boden und in der Phyllosphäre aus. Mit Streptomycin behandeltes Obst hat eine unverminderte Marktfähigkeit, da sich die meisten Konsumentinnen und Konsumenten offenbar nicht bewusst sind, dass im Obstbau Antibiotika eingesetzt werden. Der hohe Wirkungsgrad von streptomycinhaltigen Produkten dürfte die heutige Sortenvielfalt im integrierten Apfelanbau nicht beeinträchtigen. Im biologischen Landbau sowie in Hochstamm-Obstgärten dürfen keine Präparate auf der Basis von Streptomycin eingesetzt werden.

«**Ladina**», eine **FB-tolerante Apfelsorte aus klassischer Züchtung**, ist bereits auf dem Markt erhältlich. Im Vergleich zur FB-anfälligen Kontrollsorte «Gala Galaxy» wurden bei Ladina 75% weniger infizierte Triebe beobachtet. Dank dieser Toleranz verringert sich der Befall auf ein annehmbares Mass. Bis heute sind keine klassisch gezüchteten Sorten mit einem

einigen „major“ (starke quantitative Resistenz) Resistenzgenen oder mit mehreren sich ergänzenden Resistenzgenen verfügbar. Der Wirkungsgrad oder die Dauerhaftigkeit dieser Resistenzen lässt sich daher nicht abschätzen. Für Anwender sind beim Umgang mit herkömmlich gezüchteten Sorten keine Nebenwirkungen zu erwarten. Allerdings wurden verschiedentlich die Risiken erörtert, dass im Züchtungsverfahren «wilde» Eigenschaften eingekreuzt werden. Herkömmlich gezüchtete Sorten müssen nicht zwingend auf Allergene oder toxische Verbindungen getestet werden. Der Anbau von konventionell gezüchteten FB-resistenten oder -toleranten Apfelsorten ist für exponierte Tiere, Boden- und Wasserorganismen sowie für die Biodiversität als Ganzes unproblematisch. Die Marktgängigkeit konventionell gezüchteter Apfelsorten ist hoch. Ein Nachteil ist dagegen, dass Pflanzenzüchter Sorten auswählen müssen, die erst 12 bis 15 Jahre nach Abschluss des Zuchtverfahrens auf den Markt kommen werden, ohne jedoch zu wissen, wie sich die Präferenzen der Konsumentinnen und Konsumenten bis dahin entwickeln werden. Hinzu kommt, dass der Anbau von Apfelsorten aus klassischer Züchtung zwar zur Diversifizierung landwirtschaftlicher Praktiken beiträgt, gleichzeitig aber auch einen Rückgang der Sortenvielfalt herbeiführen könnte.

Mittels **gentechnischer Verfahren** können ein oder mehrere Resistenzgene in das Erbgut einer bestehenden und akzeptierten Apfelsorte eingeführt werden. Vor kurzem wurde die **FB-MR5-resistente «Gala»-Sorte** entwickelt. Sie besitzt eine beinahe vollständige Resistenz gegen Feuerbrand. Allerdings würde eine einzelne Punktmutation bei *E. amylovora* ausreichen, um die MR5-Resistenz zu durchbrechen. Aus Kanada ist bereits ein Bakterienstamm bekannt, der das Resistenzgen durchbrechen kann. Wie bei Sorten aus herkömmlicher Züchtung wurden auch bei gentechnisch veränderten Sorten keine besonderen Risiken für Anwender beobachtet. Im Unterschied zu herkömmlichen Züchtungsverfahren besteht bei gentechnischen Verfahren keine Gefahr, dass unerwünschte «wilde» Eigenschaften in die neue Apfelsorte eingekreuzt werden. Mit Blick auf die Umwelt wurden mögliche Gefahren einer Ausbreitung von gentechnisch verändertem Material (Genfluss) identifiziert. Davon wären allerdings nur kompatible Pflanzen betroffen. Auswirkungen auf exponierte Tiere sowie auf die Boden- und Wasserumwelt sind nicht zu erwarten. Das derzeit in der Schweiz geltende Gentech-Moratorium verbietet die Vermarktung von gentechnisch verändertem Obst. Die Marktfähigkeit dieser Sorte ist daher begrenzt. Würde die gentechnisch veränderte FB-MR5-resistente Sorte «Gala» zum Anbau zugelassen, bestünde zudem ein hohes Risiko für eine Verringerung der Sortenvielfalt. Andererseits könnte die Sorte – wie auch herkömmlich gezüchtete feuerbrandresistente Sorten – den Hochstamm-Obstbau begünstigen, was dazu führen könnte, dass in ein und derselben Region sowohl Hoch- als auch Niedrigstamm-Obstbäume angebaut würden.

Fazit. Aus dem hier vorgestellten Vergleich lässt sich schliessen, dass die derzeit in der Schweiz angewandten Methoden zur Feuerbrandbekämpfung einen annehmbaren Wirkungsgrad aufweisen (wobei allerdings die wirksamsten Produkte für den biologischen Landbau nicht zugelassen sind) und für Konsumentinnen und Konsumenten, Berufsleute und die Umwelt weitgehend sicher sind (Tabellen 1a und 1b). Allerdings bestehen mehrere erhebliche Wissenslücken in Bezug auf die Auswirkungen der verschiedenen Bekämpfungsmethoden auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Die Beurteilung dieser Methoden ist deshalb mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet. Die erwähnten Wissenslücken müssen in naher Zukunft geschlossen werden. Es wurden verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit der biologischen Sicherheit identifiziert, die vertieft untersucht werden müssen. Dazu gehören die Auswirkungen von Kupfer und von BlossomProtect auf exponierte Tiere (Säugetiere, Vögel, Gliederfüssler, Regenwürmer und Bienen) sowie die Anreicherung von Kupfer im Boden. Überdies liegen nur wenige Analysen über Rückstände von Kupfer, Aluminium und *Equisetum*-Extrakt im Apfelanbau vor. Derartige Analysen müssen durchgeführt werden. Der Einsatz von Streptomycin gilt für Anwender zwar als sicher, aber die Möglichkeit einer Akkumulation von (multiplen) Antibiotikaresistenzen bei Personen, die Streptomycin anwenden, kann mangels entsprechender Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden. Die für Menschen, Tiere und Umwelt sicherste Methode zur Bekämpfung von

Feuerbrand wäre zweifellos der Anbau resistenter Sorten. Allerdings sind derzeit noch keine Sorten mit „major“ FB-Resistenzgenen verfügbar. Zudem könnte der Anbau FB-resistenter Sorten, die durch klassische Züchtung oder mittels gentechnischer Verfahren (1-Gen-Szenario) entwickelt wurden, das Risiko für die Entstehung virulenter *Erwinia*-Stämme erhöhen. Die Verwendung von zwei oder mehr Resistenzgenen würde dieses Risiko vermindern, sobald multiresistente Sorten verfügbar sind. Die Züchtung von Pflanzen mit mehreren Resistenz Genen sollte daher gefördert werden. Ob dabei klassische Züchtungsverfahren oder molekulare Zuchtmethoden zur Anwendung kommen, ist eher eine politische Entscheidung denn eine Frage der biologischen Sicherheit. Der Einsatz solcher multiresistenter Sorten würde die Zahl der heute in der Schweiz angebauten feuerbrandanfälligen Sorten signifikant senken und damit zu einem Rückgang der Sortenvielfalt beitragen. Die meisten Produkte, die gegenwärtig zur Feuerbrandbekämpfung eingesetzt werden, sind auf lange Sicht nicht wirksam genug, um einen sicheren Apfelanbau zu gewährleisten. Dies gilt in besonderem Masse für den biologischen Landbau. Besonders in Jahren mit hoher Infektionsrate – und wenn weiterhin anfällige Sorten angebaut werden – besteht die Gefahr, dass die Feuerbrandbekämpfung nicht ausreichend ist. Es besteht also ein dringender Bedarf an resistenten Sorten und an neuen, wirksameren, dauerhafteren und für den biologischen Landbau geeigneten Produkten.

Tabelle 1: Übersicht über die Beurteilung verschiedener Methoden zur Bekämpfung von Feuerbrand: Klassifizierung der identifizierten Unsicherheiten und Probleme

a) Zusammenfassung auf der Basis von Literaturrecherchen und Befragungen von Sachverständigen

		Feuerbrandbekämpfungsmaßnahmen								
		Biologische Kontrolle		Chemische Kontrolle			Konventionelle Züchtung ^a		GVO ^b	
Handelsname Komposition		Blossom Protect <i>A. pullulans</i>	Copper	Myco-sin Aluminium sulfate	LMA potassium aluminium sulfate	Strepto, Firewall,... Streptomycin sulfate	1 gene Ladina FB_F7 QTL	2 genes FB_F7 QTL + ???	1 gene 'Gala' + FB_MR5 ^c	2 genes 'Gala' + FB_MR5 + ???
Schutzziele										
FB-freie Obstanlagen und Umwelt										
Machbarkeit		E ^d	E	E	E	E	E	Möglich ? ^e	E	Möglich ?
Wirksamkeit der Methode		76-80%	25-88%	51-69%	73%	80-89%	ca. 75%		ca. 100%	
Dauerhaftigkeit		hoch	hoch	hoch	hoch	resistente Stämme?	virulente Stämme?	virulente Stämme?	virulente Stämme?	virulente Stämme?
Menschliche Gesundheit										
		AT ^f	AT	AT	AT	AT+ Resistenz ^g ?	Allergy?		?	?
							no tests required!			
Umweltschutz										
Tiergesundheit		niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Auswirkungen auf die Biodiversität		niedrig	medium	medium	medium	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Auswirkungen auf Boden und Wasser		niedrig	medium	medium	medium	medium	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Wirtschaftlicher Nutzen										
Qualität akzeptiert und gewünschte von Konsumenten		medium	medium	hoch	hoch	medium	hoch	hoch	niedrig	niedrig
Produktionsweise für die Konsumenten akzeptabel		hoch	hoch	hoch	hoch	medium	hoch	hoch	niedrig	niedrig
Landwirtschaftliche Vielfalt										
Auswirkungen der Verfahren auf cv Vielfalt		niedrig	medium	medium	niedrig	niedrig	hoch	hoch	hoch	hoch
Auswirkungen der Verfahren auf Anbauverfahren		niedrig	medium	medium	medium	medium	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig

Grün: keine oder vernachlässigbare Probleme.

Gelb: geringfügige Unsicherheiten und/oder geringfügige Probleme.

Orange: Unsicherheiten und/oder Probleme, die dringend geklärt werden müssen.

a Konventionelle Züchtung: Apfelsorten aus konventioneller Züchtung mit FB-Resistenzen, die auf einem oder zwei Genen basieren.

b GVO: Gentechnisch veränderte Pflanze mit FB-Resistenzen, die auf einem oder zwei eingeführten Genen basieren.

c ‚Gala‘+FB_MR5: Schätzungen basieren auf Gewächshausbedingungen mit transgenen Linien, inokuliert mit zwei *E. amylovora* Stämmen.

d E: Produkt bereits erhältlich.

e ?: unbekannt.

f AT: Produktsicherheit im Hinblick auf die Registrierung getestet. Bei vorschriftsgemässer Anwendung für Berufsleute und für Konsumentinnen und Konsumenten unproblematisch.

g Akquisition von (mehrfach) antibiotikaresistenten Bakterien bei Anwendern nicht getestet.

b) Zusammenfassung der von Sachverständigen beantworteten Fragebögen

		Feuerbrandbekämpfungsmaßnahmen								
		Biologische Kontrolle		Chemische Kontrolle			Konventionelle Züchtung ^a		GVO ^b	
		Blossom Protect <i>A. pullulans</i>	Copper	Mycosin Aluminium sulfate	LMA potassium aluminium sulfate	Strepto, Firewall,... Streptomycin sulfate	1 gene Ladina FB_F7 QTL	2 genes FB_F7 QTL + ???	1 gene 'Gala' + FB_MR5 ^c	2 genes 'Gala' + FB_MR5 + ???
Handelsname	Komposition									
Schutzziele										
FB-freie Obstanlagen und Umwelt										
Machbarkeit		E ^e	E	E	E	E	E	Möglich ? *	E	Möglich ?
Wirksamkeit der Methode		medium	medium	medium	medium	hoch	hoch	?	hoch	?
Dauerhaftigkeit		hoch	hoch	hoch	hoch	niedrig	medium-niedrig	medium	medium-niedrig	medium
Menschliche Gesundheit										
		niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	?	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
		niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Umweltschutz										
Tiergesundheit		niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Auswirkungen auf die Biodiversität		niedrig	medium	medium	medium	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Auswirkungen auf Boden und Wasser		niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	medium	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig
Wirtschaftlicher Nutzen										
		hoch	hoch	hoch	hoch	medium	hoch	hoch	niedrig	niedrig
Landwirtschaftliche Vielfalt										
Auswirkungen der Verfahren auf cv Vielfalt		medium	medium	medium	niedrig	niedrig	hoch	hoch	hoch	hoch
Auswirkungen der Verfahren auf Anbauverfahren		?	?	?	?	hoch	niedrig	niedrig	medium	medium

Grün: keine oder vernachlässigbare Probleme (Schweregrad 1 und Schadenswahrscheinlichkeit 1 < Schweregrad 2 und Schadenswahrscheinlichkeit 1).

Gelb: geringfügige Unsicherheiten und/oder geringfügige Probleme (Schweregrad 2 und Schadenswahrscheinlichkeit zwischen 2 und 4 < Schweregrad 3 und Schadenswahrscheinlichkeit 1).

Orange: Unsicherheiten und/oder Probleme (Schweregrad 3 und Schadenswahrscheinlichkeit zwischen 2 und 4 < Schweregrad 4 und Schadenswahrscheinlichkeit zwischen 1 und 4).

a Konventionelle Züchtung: Apfelsorten aus konventioneller Züchtung mit FB-Resistenzen, die auf einem oder zwei Genen basieren.

b GVO: Gentechnisch veränderte Pflanze mit FB-Resistenzen, die auf einem oder zwei eingeführten Genen basieren.

c ‚Gala‘+FB_MR5: Schätzungen basieren auf Gewächshausbedingungen mit transgenen Linien, inokuliert mit zwei *E. amylovora* Stämmen.

d E.: Produkt bereits erhältlich.

e ?: unbekannt.