



Projekt ZUEFOS II

Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten

Autoren

Isabelle Baumgartner, Andrea Patocchi, Luzia Lussi, Simone Schütz,
Markus Kellerhals, Agroscope
Thomas Kost, Giovanni Broggini, Cesare Gessler, ETH
Markus Kobelt, Lubera AG

Partner

ETH Zürich
Lubera / Fruture GmbH

Impressum

Herausgeber: Agroscope, Schloss 1, 8820 Wädenswil

Titelbild: links: Feuerbrand Freilandversuch am Breitenhof,
rechts: Früchte 0801/31 (F1 ‚Evereste‘)

Copyright: 2014 Agroscope, www.agroscope.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Projektübersicht	4
1.1	Projektteam	4
1.2	Projektziele und Projektstruktur	5
1.3	Zusammenfassung	6
2	Züchtung zur Marktreife WP1	9
2.1	Selektion Zuchtmaterial Agroscope	9
2.2	Triebtestung auf Feuerbrand im Agroscope-Sicherheitsgewächshaus GX	13
2.3	Freiland Blüteninokulation mit Feuerbrand 2013	19
2.4	Vergleich Trieb- und Blütenanfälligkeit	23
2.5	Analyse der Pathogenese von <i>E. amylovora</i> an der Apfelsorte ‚Ladina‘ mittels Real-Time PCR	24
2.6	Schorfselektion Zuchtmaterial Lubera	27
2.7	Selektion Zuchtmaterial Lubera	28
2.8	Pilotanlagen.....	33
2.9	Praxiseinführung.....	43
2.10	Degustationen	47
3	Molekulare Selektion und Genomik WP2	51
3.1	Molekulare Selektion	51
3.2	Einfluss von <i>Malus x robusta</i> 5 und 'Evereste' Kandidatengen auf die Resistenz gegen Feuerbrand (<i>Erwinia amylovora</i>) beim Apfel	58
4	Generationsbeschleunigung WP3	62
4.1	Fast Track im Gewächshaus	62
4.2	Fast Track Nachkommen im Freiland Agroscope	67
4.3	Blühverfrühung (Early flowering)	72
5	Publikationen und Literatur	76
6	Dank	78

1 Projektübersicht

1.1 Projektteam

Projektleitung

Markus Kellerhals, Dr., Forschungsanstalt Agroscope

Mitarbeitende Agroscope

Isabelle Baumgartner (50%), Luzia Lussi (50%)

Projektpartner

Lubera / Fruture GmbH

Markus Kobelt, Beat Lehner

ETH Zürich

Cesare Gessler, Prof. Dr., Giovanni Broggini, Dr., Thomas Kost

Zusammenarbeit

EU-Projekt „Fruitbreedomics“ (www.fruitbreedomics.com)

Projekt „Achilles“

Brion Duffy, Dr. (Projektleiter)

Projekt „Herakles“

Simon Egger (Projektleiter)

Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (KOB), Bavendorf (Deutschland), 2012

Christian Scheer, Dr.

Julius Kühn-Institut (JKI), Dresden (Deutschland)

Viola Hanke, Prof. Dr., Henryk Flachowsky, Dr., Andreas Peil, Dr.

Julius Kühn-Institut (JKI), Quedlinburg (Deutschland)

Klaus Richter, Dr.

INRA Angers, Frankreich

François Laurens, Dr., Charles-Eric Durel, Dr.

Hort Research, Neuseeland

Vincent Bus, Dr., Richard Volz, Dr.

Plant Research International

Eric van de Weg, Dr.

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)

Franco Weibel, Dr.

NAP-Projekt „BEVOG II“

Fructus, Kaspar Hunziker (Projektleiter)

1.2 Projektziele und Projektstruktur

Hauptziel des Projekts war die effiziente Züchtung feuerbrandrobuster Apfel- und Birnensorten mit hohem Marktwert. Das Projekt forcierte die Entwicklung und praktische Nutzung feuerbrandrobuster Kernobstsorten mit drei sich ergänzenden Modulen (Abb. 1). Es unterstützte und ergänzte die laufenden Züchtungsprogramme von Agroscope und von Lubera im Bereich der Feuerbrandresistenz.

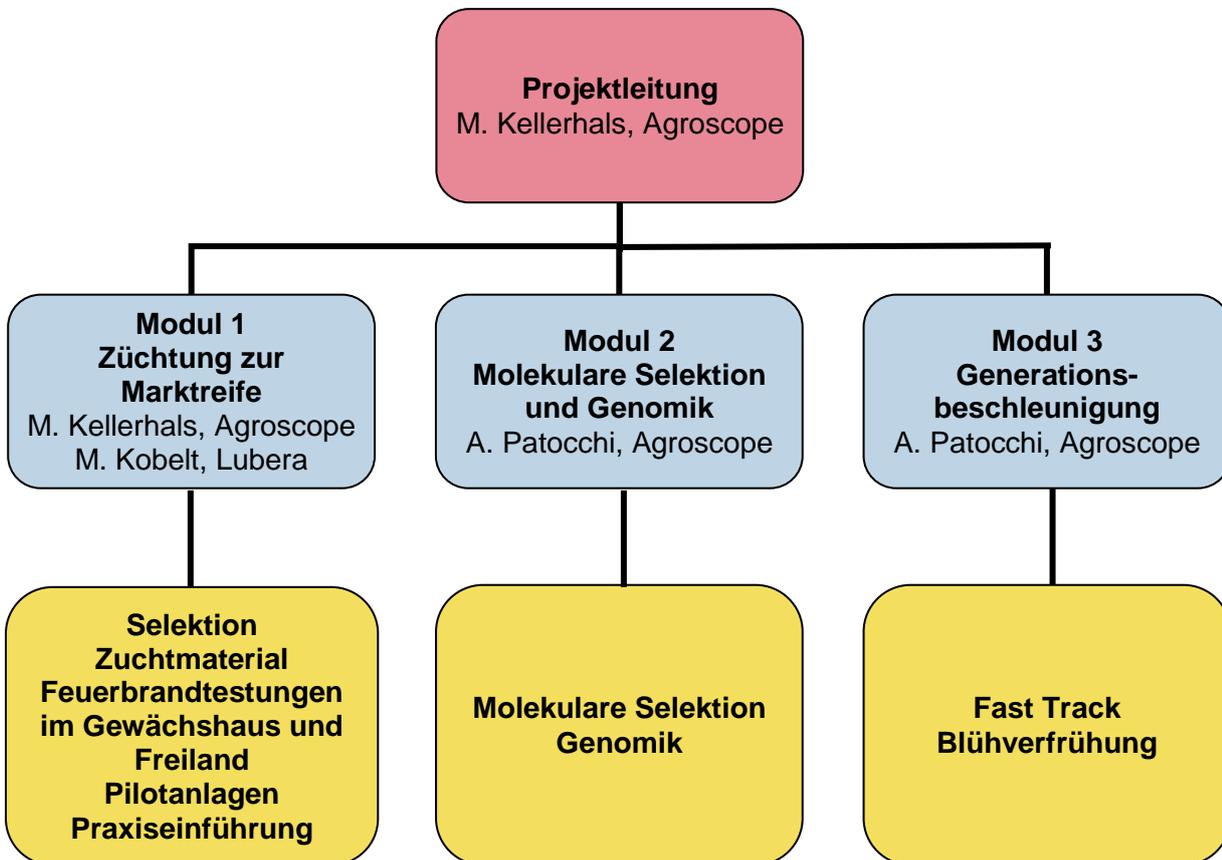


Abb. 1: Projektstruktur ZUEOFS II

Im Projekt ZUEFOS II (2012 - 2013) wurden die im Projekt ZUEFOS (2008 - 2011) begonnenen Arbeiten bei klassischer Züchtung, Feuerbrandtestung, Marker-Entwicklung und -anwendung, Generationsbeschleunigung sowie Versuchspflanzungen mit robusten Züchtungen und -sorten fortgesetzt.

Züchtung zur Marktreife

Zuchtziel im Projekt ZUEFOS II war eine genetisch breit abgestützte, dauerhafte Robustheit gegen Feuerbrand, kombiniert mit hoher Fruchtqualität sowie Resistenz gegen weitere Krankheiten wie Schorf und Mehltau. Wichtige Ziele bei der Züchtung zur Marktreife waren die künstlichen Trieb- und Blüteninfektionen bei neuen Züchtungseltern (Verbreiterung der genetischen Basis) und bei fortgeschrittenen Züchtungen. Mit den Ergebnissen der Freiland-Blütenfestungen kann der obstbaulichen Praxis eine besser abgestützte Aussage zur Feuerbrandanfälligkeit geboten werden.

Feuerbrandrobuste Apfel- und Birnensorten und Zuchtnummern aus eigener Agroscope-Züchtung und aus dem Ausland wurden im Rahmen des Projekts ZUEFOS in Pilotanlagen gepflanzt. Sie wurden im Nachfolgeprojekt ZUEFOS II vertieft geprüft. Das Ziel war, ihren Markt- und Anbauwert für die Praxis zu bewerten. Die Markteinführung von neuen feuerbrandrobusten Agroscope-Züchtungen wurde in Zusammenarbeit mit der VariCom GmbH (www.varicom.ch) weiter verfolgt.

Die Auswahl von Züchtungen für Hochstamm war ein neuer Aspekt im Projekt ZUEFOS II. Für Hochstamm interessante Neuzüchtungen wurden an das bei Agroscope in Wädenswil laufende Drittmittel-Projekt ‚Herakles‘ (Nachhaltiges, integriertes Feuerbrandmanagement - Alternativen zu Streptomycin, Projektleitung S. Egger) zur umfassenden Prüfung übergeben

Molekulare Selektion und Genomik

Ziel bei der molekularen Selektion war die Kartierung von zwei Feuerbrandresistenzen in Selektionen bzw. Sorten mit guten Fruchteigenschaften. Im Bereich molekulare Selektion wurden Synergien mit dem EU-Projekt ‚Fruitbreedomics‘ (www.fruitbreedomics.com) genutzt. Die Ermittlung von Stellen im Apfelgenom, welche mit der Feuerbrandresistenz zusammen hängen, wurde in diesem Projekt weitergeführt. Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus von Resistenzgenen wurden im Projektteil Genomik an der ETH Zürich im Rahmen der Dissertation von Thomas Kost speziell bei der Malus x robusta 5–Resistenz durchgeführt. Die Dissertation wird mit Mitteln des Schweizerischen Nationalfonds noch weiter geführt und im Jahr 2015 abgeschlossen. Das Ziel ist dabei, die Interaktion zwischen dem Resistenzgenprodukt und dem Feuerbrand zu verstehen. Wie kommunizieren sie? Kann der Feuerbrand mutieren, sodass die Abwehr umgangen wird? Um dies zu klären wurde das Resistenzgen in die feuerbrandanfällige Sorte ‚Gala‘ transformiert, sodass ausser der Resistenz das Genom unverändert bleibt (gleicher genetischer Hintergrund). Zum Vergleich wurde das gesamte Transkriptom (die gesamte Überschreibung der Gene in RNA) sequenziert und quantitativ der Ausdruck aller Gene bestimmt. Vergleiche zwischen dem Transkriptom von Blättern der Sorte ‚Gala‘ und den GV-‚Gala‘ Linien mit eingebautem Feuerbrandresistenzgen sollten die erwünschten Antworten bringen.

Generationsbeschleunigung

Von der Kreuzung bis zur Ernte der ersten Früchte bei den Nachkommen dauert es beim Kernobst vier bis fünf Jahre. Für die Einkreuzung von Wildformen mit Feuerbrandresistenz sind rund fünf Generationen notwendig, um eine genügende Fruchtqualität zu erzielen. Mit der Anwendung moderner Verfahren zur Verkürzung der Generationszeit (‚Fast Track‘ und ‚Early flowering‘) wurden die im Projekt ZUEFOS erzeugten Zwischenprodukte weiter entwickelt. Im Teil ‚Fast Track‘ wurde die dritte Rückkreuzungsgeneration erreicht, ebenso beim ‚Early Flowering‘, wo mit einem Blühverfrühungsgen gearbeitet wurde.

1.3 Zusammenfassung

Züchtung zur Marktreife

Im Projekt ZUEFOS II führte Agroscope nur im Modul Generationsbeschleunigung neuen Kreuzungen durch. Das aus ZUEFOS stammende Zuchtmaterial wurde intensiv selektiert und bewertet. Interessante Genotypen wurden laufend ermittelt und weiter geprüft. Die Bewertung von Fruchteigenschaften der im Projekt ZUEFOS gewonnenen Nachkommen aus Kreuzungen erfolgte laufend. Lubera hat im Rahmen von ZUEFOS II neue Kreuzungen durchgeführt. Ein spannender Moment in der Apfelzüchtung ist erreicht, wenn die ersten Früchte der Kreuzungen degustiert werden können. Bei den ersten ZUEFOS-Kreuzungen aus dem Jahr 2008 war dies bereits im Herbst 2012 der Fall. Im Jahr 2013 war das Spektrum der fruchttragenden ZUEFOS-Nachkommen noch grösser

Ein Novum innerhalb der ZUEFOS-Projektarbeit waren die Freiland-Blütentestungen mit Feuerbrand bei fortgeschrittenen Agroscope-Züchtungen. Sie konnten im Jahr 2012 in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Obst Bodensee (KOB), Bavendorf (D), durchgeführt werden. Im Jahr 2013 stand die neue Anlage für Freiland-Blütentestung am Versuchsbetrieb Breitenhof (Wintersingen) zur Verfügung, welche wir zusammen mit dem Projekt Herakles nutzen konnten. Die Ergebnisse haben die gute Feuerbrandrobustheit unserer neuen Sorte ‚Ladina‘ und ihrem Geschwister ‚ACW 14995‘ bestätigt. Die Sorte ‚Ladina‘ präsentierte sich an den verschiedenen Versuchsstandorten (Pilotversuche) in der Deutsch- und Westschweiz gut. Im Exakt-Lagerversuch ergab sich eine sehr gute Haltbarkeit der Sorte. Allerdings tritt bei längerer Lagerung und besonders bei der Nachlagerung eine unschöne Hautbräune auf. Im laufenden Exakt-Lagerversuch

von Agroscope (2013/14) wird dieses Phänomen noch genauer analysiert und es werden Lösungsmöglichkeiten geprüft. Die ‚Spatenstiche Ladina‘, also die Pflanzung von Pilotanlagen der neuen Sorte auf dem Betrieb Ruedi Obrist in Hettenschwil im Kanton Aargau am 19.11.12 und auf dem Bio-Betrieb Andy Brüllhardt in Bischofszell in hat eine breite Medienresonanz gefunden. Die Anlässe wurden von der VariCom GmbH in Zusammenarbeit mit dem ‚Forum Ladina‘, durchgeführt. Lubera führte die Züchtung feuerbrandrobuster neuer Sorten weiter, ebenso die Triebtestungen auf Feuerbrandanfälligkeit bei Zuchtmaterial in Zusammenarbeit mit dem JKI in Quedlinburg (D).

Molekulare Selektion und Genomik

Aus der Untersuchung der molekularen Grundlagen der Feuerbrandresistenz der amerikanischen Apfelsorte ‚Enterprise‘ im Projekt ZUEFOS II wurde viel gelernt: Eine neue Quelle des FBF7 QTL wurde gefunden. Die Wirkung dieses QTLs wird mit dem Minor QTL FB-E13 erhöht werden. Die hohe Feuerbrandresistenz von ‚Enterprise‘ basiert auf der Summe der QTLs von FBF7, FB-E13 und anderen noch nicht entdeckten Minor-QTLs. Da einige andere Minor-QTLs bekannt sind (z.B. FB-Flo10, Le Roux et al., 2010), können diese zusammen mit FBF7 und Fb-E13 in der Apfelzüchtung pyramidiert (kombiniert) werden. Damit lassen sich qualitativ gute Sorten entwickeln, welche eine gute und dauerhafte Feuerbrandresistenz aufweisen sollten.

Bei GV-‚Gala‘-Pflanzen mit eingebauter MR5-Feuerbrandresistenz wurden Triebtestungen auf Feuerbrand durchgeführt. Die Resultate zeigten, dass die Pflanzen mit dem Resistenzgen gegen Feuerbrand zu jedem erhobenen Zeitpunkt eindeutig weniger Symptome aufwiesen im Vergleich zu ‚Gala‘-Kontroll-Pflanzen ohne Resistenzgen. Bei den „normalen“ ‚Gala‘-Pflanzen dehnte sich die Krankheit kontinuierlich aus bis zum Tod der Pflanzen nach drei bis vier Wochen. Erstaunlicherweise wiesen sämtliche transgenen Pflanzen, unabhängig von ihren Promotoren, eine ähnlich ausgeprägte Feuerbrand-Resistenz auf. Das Experiment wurde am JKI-Dresden mit einem anderen E. amylovora Stamm wiederholt und führte zu vergleichbaren Resultaten. Eine entsprechende Publikation wurde eingereicht.

Parallel wurden auch Konstrukte mit den Kandidatengenen MdE-EaK7 und MdE-EaN (vom Wildapfel ‚Evereste‘) getestet, welche in der Dissertation von Gabriella Parravicini (COST Projekt 2007) identifiziert wurden. Die Resultate der Triebtestung weisen drauf hin, dass das alleinige Einsetzen dieser putativen Resistenzgene zu keiner Zunahme der Feuerbrandresistenz führt im Vergleich zu ‚Gala‘-Kontroll-Pflanzen.

Generationsbeschleunigung

Beim Einkreuzen der Resistenzen aus den Wildäpfeln Malus x robusta 5 (FB_MR5) und ‚Evereste‘ (Fb_E) sind ebenfalls Fortschritte erzielt worden. Bei der ‚Fast Track‘ Methode wurde die F3-Generation mit FB_MR5-Resistenz erreicht. Die Früchte mit Samen der F3 Generation mit Fb_E-Resistenz konnten im Mai/Juni 2013 geerntet werden. Bei der ‚Early Flowering‘-Technik wurden Samen der F4 (BC‘3) Generation mit Fb_E im Frühjahr 2013 ausgesät. Die Früchte werden im Januar 2014 geerntet. Bevor eine Nutzung von Nachkommen möglich ist, welche keine fremdes Birkengen enthalten, sei es züchterisch oder im Markt, muss die rechtliche Situation noch geklärt werden.

Projektaufritte

Eine gute Diskussionsplattform zum Projekt war der Anlass mit der Begleitgruppe Obst (BegObst) der vom BLW unterstützten Feuerbrand-Projekte am 24. September 2012 in Wädenswil. ‚Feuerbrand‘ war ein integriertes Projekt des Agroscope-Forschungsprogramms ‚ProfiCrops‘ mit dem Globalziel, die Konkurrenz- und Zukunftsfähigkeit des Schweizer Obstbaus mit einem nachhaltigen Management des Feuerbrandes zu sichern. An der Tagung wurden die Aktivitäten des ‚Integrierten Projekts Feuerbrand‘ vorgestellt. Im Vordergrund standen Informationen und Diskussionen mit den Teilnehmenden über die drei vom BLW finanzierten Feuerbrandprojekte ‚ACHILLES‘, ‚ZUEFOS II‘ und ‚SOUL-Bio‘. Im Weiteren wurde aufgezeigt, was zur Bewältigung des Feuerbrandes in der Schweiz in den nächsten Jahren erforscht und entwickelt werden soll.

Der Abschluss-Anlass des ‚Integrierten Projekts Feuerbrand‘ unter dem Schirm des Agroscope Forschungsprogramms ‚ProfiCrops‘ vom 2. Juli 2013 an der ETH Zürich war ein weiteres wertvolles Schaufenster für die interessierte Öffentlichkeit. Markus Kellerhals referierte über die Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten. Der daran anschliessende, von rund 150 Wissenschaftlern besuchte Feuerbrandworkshop der ISHS (International Society for Horticultural Sciences), ermöglichte den sehr wertvollen weltweiten Austausch.



Abb. 2: Teilnehmende des ISHS Feuerbrand-Workshops beim Tagungsnachtessen an der Agroscope in Wädenswil

Schlussfolgerungen

Mit dem Projekt ZUEFOS II hat die Apfelmzüchtung von Agroscope und Lubera in der Schweiz bei der Entwicklung von feuerbrandrobusten und feuerbrandresistenten Sorten für die Obstbranche und weitere involvierte Kreise wichtige Fortschritte erzielt, welche ohne dieses Projekt nicht möglich gewesen wären:

- **Breiteres Wissen zur Feuerbrandrobustheit und -resistenz von Sorten und Zuchtmaterial**
- **Wir wenden molekulare Marker an zur Selektion feuerbrandrobuster und resistenter Nachkommen**
- **Zuchtmaterial mit Potential inkl. FB-Resistenzen wie MR5 (Generationsbeschleunigung) in Entwicklung**
- **Feuerbrandresistenzen kartiert, lokalisiert und ihre Wirkung geprüft**
- **neue feuerbrandrobuste Agroscope-Sorte ‘Ladina’ und feuerbrandrobuste Sorten ‘Ariane’ und ‘Lucy’ sind marktreif**
- **Aussichtsreiche Birnenzüchtung ‘ACW 3851’**

Bei den Birnen hat Agroscope die Züchtung vor rund 8 Jahren wegen fehlender Ressourcen einstellen müssen, es ist aber noch Zuchtmaterial vorhanden. Die Arbeiten im Rahmen von ZUEFOS II haben dazu beigetragen, die Birnenzüchtung ‚ACW 3851‘ als besonders vielversprechend heraus zu kristallisieren. Sie weist eine vergleichsweise geringe Feuerbrandanfälligkeit auf.

Die Ergebnisse des Projektes bringen für die Obstbranche und für die Bevölkerung beachtliche Fortschritte in Bezug auf das Feuerbrandmanagement.

2 Züchtung zur Marktreife WP1

2.1 Selektion Zuchtmaterial Agroscope

Die im Projekt ZUEFOS in den Jahren 2008 bis 2011 hergestellten feuerbrandrobusten Züchtungen wurden durch Agroscope weiter selektiert und bewertet. Beurteilt wurden Baum- und Fruchteigenschaften im Hinblick auf eine Nutzung im Tafel- bzw. Mostobstanbau. Im Projekt ZUEFOS II wurden durch Agroscope in den Jahren 2012 und 2013 nur Kreuzungen im Projektmodul Generationsbeschleunigung (WP3) durchgeführt.

2.1.1 Nachkommen Kreuzungen 2008 bis 2011

In der Parzelle Wa.84 stehen die Pflanzen der Prüfstufe 1. Die 839 (davon 298 aus Kreuzungen mit feuerbrandresistenten Wildäpfeln) Genotypen aus den ZUEFOS Kreuzungen 2008 bis 2010 sind mit je einem Baum (Veredelungsunterlage M27 mit Zwischenveredelung Schneiderapfel) vertreten und mit einer Zuchtnummer individuell gekennzeichnet (Abb.3). Jeweils im Juli erfolgte die Baumbonitur, wobei die Wuchsstärke, Garnierung, Blattwerk, Schorf, Mehltau und weitere Schäden zum Baumselektionsurteil führten. Bei den 563 (davon 295 aus Kreuzungen mit feuerbrandresistenten Wildäpfeln) fruchttragenden Bäumen wurden die Kriterien Behangsstärke und Fruchtverteilung bewertet. Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen Früchte bei ausgewählten Nachkommen aus ZUEFOS-Kreuzungen. Von jeder einzelnen Zuchtnummer wurden das Erntegewicht pro Baum und die Anzahl Äpfel erfasst. Die Fruchtbewertung im Laufe des Winters bei eingelagerten Fruchtmustern (1°C, 92% rel. LF) vervollständigt die Prüfung. Auf einer Skala von 1 bis 9 sind die optischen Eigenschaften „Haut“, „Berostung“ und „Aussehen“ sowie die Essqualität betreffenden Kriterien „Textur“, „Saftigkeit“ und „Geschmack“ der Frucht bewertet worden. Dabei werden interessante Zuchtnummern (mit Resistenzen, Fruchtgrösse, sensorisch mittel bis interessant) mit einer „3“ (weiter prüfen) oder „5“ (Kandidat für Vermehrung für die nächste Stufe) bewertet und für eine zweite degustative Bewertung im Kühlraum gelagert. Damit kann die Lagerfähigkeit und die Anfälligkeit für Lagerkrankheiten eingeschätzt werden. Die Selektion führt die Zuchtnummer aus der ‚Prüfstufe 1‘ in die nächst höhere ‚Stufe A‘ mit 4 Bäumen, wo die Lager- und Fruchteigenschaften vertieft geprüft werden.

Skala der Prüfstufe 1 zur Bewertung der Baum- und Fruchteigenschaften

Baumeigenschaften:

Wuchsstärke: 1-3 zu schwach; 4-6 richtig; 7-9 zu stark

Garnierung: 1-3 gering, kahl; 4-6 mittel; 7-9 gut

Blattwerk: 1-3 schlecht; 4-6 mittel; 7-9 kräftig, gut

Schorf, Mehltau und weitere Schäden: 1-3 wenig Befall; 4-6 mässig Befall; 7-9 starker Befall

Baumselektionsurteil: 1-3 ungenügend; 4-6 genügend; 7-9 gut bis sehr gut

Behangsstärke: 1-3 zu schwach; 4-6 richtig; 7-9 Überbehang

Fruchtverteilung: 1-3 ungleich, truppeln; 4-6 genügend; 7-9 gut bis sehr gut

Fruchteigenschaften:

Haut: 1 sehr schlecht; 5 mittel; 9 sehr gut, perfect skin finish

Berostung: 1 fehlend; 5 mittel (sp-1/4); 9 sehr stark, ganz

Aussehen: sehr schlecht; 5 mittel; 9 sehr schön

Textur: 1 sehr weich; 5 mittelfest; 9 sehr fest, zäh

Saftigkeit: 1 sehr trocken; 5 mittel; 9 sehr saftig, ausgezeichnet

Geschmack: 1 sehr schlecht; 5 mittel; 9 sehr gut, ausgez., aromatisch

Beurteilung: 1 aufgeben; 3 weiterprüfen; 5 vermehren

Tab. 1: Nachkommen der ZUEFOS Kreuzungen in Stufe 1 und Ergebnisse der Baum- und Fruchtbewertung

Kombination Nr.	Mutter (Resistenzmarker)	Vater (Resistenzmarker)	Standort	Anzahl in Stufe 1	Zuchtnummern	1. Standjahr	Ø Mehntaubefall	Ø Baumselektionsurteil	Anzahl mit Früchten	Fruchtgewicht in g/Baum	Ø Fruchtgewicht in g	Gesamturteil Anzahl x Urteil
0811	Milwa - Junami®	Free Redstar (Rvi6, FR)	Wa 84, Reihe 19	29	21432 - 21460	2011	4.9	4.3	23	1045	164.7	8 x 3 12 x 1
0812	Braeburn	MR10 (Rvi6, FR)	Wa 84, Reihen 16-17	55	21915 - 21969	2011	4.2	4.6	47	1216	160	26 x 3 21 x 1
0813	Pinova - Evelina®	MR12 (Rvi6, FR, MR)	Wa 84, Reihe 20	39	21205 - 21243	2011	4.6	4.6	36	996	153	18 x 3 18 x 1
0913	Ariane (Rvi6, Rvi2 scar, AE)	Ladina (FBF7, Rvi6, Rvi2 scar)	Wa 84, Reihe 13	70	22723 - 22792	2012	2.4	4.9	36	723	108	26 x 3 10 x 1
0921	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	Ladina (FBF7, Rvi6, Rvi2 scar)	Wa 84, Reihe 12	49	22944 - 22992	2012	2.9	4.5	17	457	114	5 x 3 12 x 1
0922	Nicogreen - Greenstar® (-)	ACW 14995 (FBF7, Rvi6, Rvi2 scar)	Wa 84, Reihen 11-12	145	22993 - 23137	2012	3.1	4.1	90	817	198	33 x 3 57 x 1
0923	ACW 13160 (Fuji x Ariwa; Rvi6, Pl1, FR)	ACW 13007 (Braeburn x ACW 7167; Rvi6, FR)	Wa 84, Reihe 11 / Holzboden	6 / 10	23138 - 23153	2012	1.8	4.4	5	475	113.3	3 x 3 2 x 1
1017	01/05 (Resi x Julia; FR FBF7, Rvi2 scar)	Ladina (FBF7, Rvi6, Rvi2 scar)	2 Pflanzen in Topfanlage, nicht selektiert	0								
1018	58/06 (Resi x Julia; FR FBF7)	ACW 13007 (Braeburn x ACW 7167; Rvi6, FR)	Wa 84, Reihe 31 / 30	5	23790 - 23794	2013	1.8	3.8	1	265	132	1 x 1
1019	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	Resi (Rvi6, FR)	Wa 84, Reihe 30	75	23795 - 23869	2013	2.5	4.5	1	70	70	1x1
1020	58/06 (Julia x Resi; FR FBF7)	ACW 11301 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Vh4?, AE, FR)	Wa 84, Reihe 32	40	23482 - 23521	2013	1.9	3.6	1	245	122	1 x 1
1021	01/05 (Resi x Julia; FR FBF7, Rvi2 scar)	ACW 11301 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Vh4?, AE, FR)	Wa 84, Reihe 32	32	23522 - 23553	2013	2.1	3.7	0			

Legende Resistenzen und Marker:

- Rvi6 Schorfresistenz von *Malus floribunda* 821 CHVf1
- Rvi2 Schorfresistenz von Russian Seedling CH02B10_06 (SSR) und OPL19SCAR
- Rvi4 Schorfresistenz von Russian Seedling CH02C02a
- FBF7 quantitative Feuerbrandresistenz von ‚Fiesta‘ AE10 und GE-8019
- keine Resistenz nachgewiesen
- Rvi? Resistenzallel nachgewiesen, Resistenz unsicher
- Rvi Resistenzallel nachgewiesen, Resistenz mit SNP widerlegt
- MR Mehlttauresistent
- FR Feuerbrandrobust

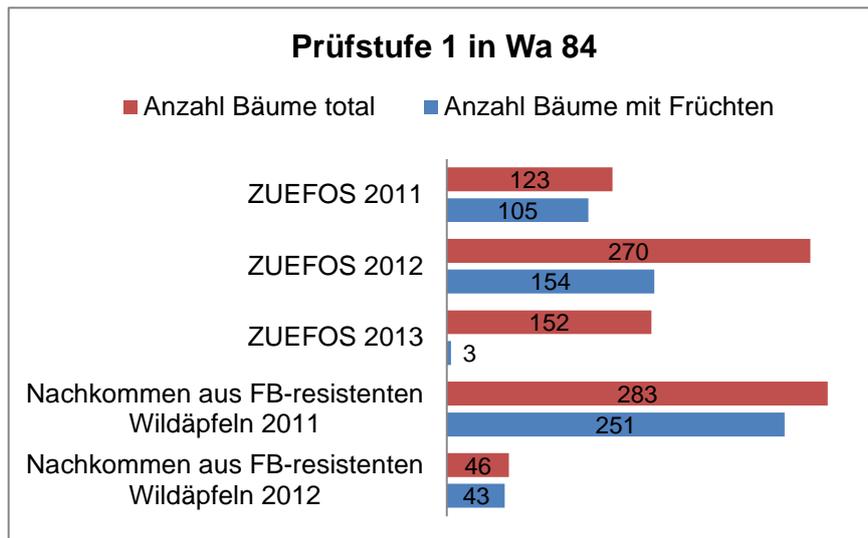


Abb.3: Anzahl neu gepflanzte ZUEFOS Züchtungen in der Prüfstufe 1 und Anteil fruchttragender Bäume im Jahr 2013

Die in Tabelle 1 dargestellten Neuzüchtungen werden weiter selektiert und vielversprechende Neuzüchtungen gelangen in die höheren Prüfstufen. Daraus hoffen wir bis in 8 bis 10 Jahren mindestens eine neue, marktkonforme Sorte entwickeln zu können.



Abb.4: Die Züchtung ‚ACW 21460‘ aus der Kombination 0811 (Milwa - Junami® x Free Redstar (Rvi6, FR)) in Wa 84



Abb.5: Die Züchtung ‚ACW 20974‘ aus der Kombination 0921 (ACW 11303 x Ladina (FBF7, Rvi6, Rvi2 scar)) in Wa 84



Die selektierten ZUEFOS Kreuzungen aus dem Jahr 2011 wurden im Januar 2013 mit der Zwischenveredelung 'Schneiderapfel' auf die Unterlage 'M27' veredelt und in die Baumschule im Felsen gepflanzt. Ab dem Frühjahr 2014 werden sie in der Parzelle Wa.84 in der Prüfstufe 1 stehen und frühestens das erste Mal blühen. Vier Jahre nach der Kreuzung (im 3. Standjahr) werden voraussichtlich etwa 30% der Bäume blühen und etwa 30% auch Früchte tragen, welche degustiert und bewertet werden können.

Abb.6: 'ACW 21937', Kombination 0812 (Braeburn x MR10 (Rvi6, FR)), Stufe 1 Wa 84

Tab.2: Selektion der ZUEFOS Kreuzungen 2011

Kombination Nr.	Mutter (Resistenzmarker)	Vater (Resistenzmarker)	Standort	Anzahl in Baumschule	1. Standjahr in Prüfstufe 1
1125	75/06 (-)	ACW 14995 (Rvi6, Rvi2 scar, FBF7)	2013 in BS	98	2014
1126	70/06 (Rvi6, FBF7)	Ladina (Rvi6, Rvi2 scar, FBF7)	2013 in BS	69	2014
1127	58/06 (FBF7)	ACW 11303 (Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	2013 in BS	165	2014
1128	ACW 13018 (Rvi6, FBF7)	70/06 (Rvi6, FBF7)	2013 in BS	22	2014
1129	ACW 13018 (Rvi6, FBF7)	58/06 (FBF7)	2012 in Topfanlage	14 Pflanzen erhalten, keine selektiert	

In den Jahren 2010 und 2011 wurden gemeinsame Kreuzungen von Agroscope und Lubera durchgeführt, deren Nachkommen mit den Besitzrechten hälftig an die beiden Zuchtprogramme gingen. Elternsorten von Agroscope sind in Tabellen 1 und 2 mit ACW bezeichnet, die anderen Elternsorten stammen aus dem Zuchtprogramm von Lubera.

2.2 Triebtestung auf Feuerbrand im Agroscope-Sicherheitsgewächshaus GX

2.2.1 Einführung

In den Projektjahren 2012 und 2013 konnte bei insgesamt 64 Zuchtnummern und interessanten Genotypen (37 Apfel, 27 Birnen, inkl. Kontrollen) die Feuerbrandanfälligkeit der Triebe nach künstlicher Infektion mit Feuerbrand-Bakterien untersucht werden. Seit Projektstart von ZUEFOS im Jahr 2008 nimmt die Feuerbrandtestung mittels Triebinfektion einen wichtigen Bestandteil im Obstzüchtungsprozess ein. Die Projekte ZUEFOS und ZUEFOS II leisteten einen enormen Informationsanstieg in Bezug auf die Feuerbrandanfälligkeit von potentiellen Elternsorten und aussichtsreichen Nachkommen.

Im Jahr 2013 lag der Schwerpunkt bei feuerbrandresistenten Wildäpfeln und Wildapfel-Nachkommen. Erstmals konnten auch Nachkommen der ZUEFOS-Kreuzungen 2008 mit bekannter Fruchtqualität in die Feuerbrandtestung aufgenommen werden. Im 2012 wurde die Feuerbrandanfälligkeit bei ausgewählten Apfel- und Birnenzüchtungen geprüft. Die Apfelzüchtungen waren speziell im Hinblick auf eine mögliche Eignung für die Saftproduktion ausgewählt worden.

2.2.2 Methode

Für die Triebtestung wurden Apfelreiser der zu testenden Zuchtnummern auf die Unterlage M9vf T337 veredelt und in Rosentöpfen (35.5 cm Topfhöhe, 7 cm Durchmesser) während rund vier bis fünf Wochen im Pflanzenschutzgewächshaus unter optimalen Bedingungen angezogen (Temperatur 16-24°C bei ca. 65% relativer Luftfeuchtigkeit). Von jeder Zuchtnummer wurden 12 Bäume veredelt, wobei sich einige aufgrund von zu geringem Längenwachstum oder schlechter Vitalität als für die Testung ungeeignet erwiesen. Blüten und heranwachsende Triebe aus den Unterlagen wurden regelmässig entfernt. Für die anschliessende Inokulation wurden die Pflanzen auf den stärksten Trieb reduziert. Die Infektion erfolgte im Sicherheitsgewächshaus (GX) bei einer Trieblänge von ca. 15-30 cm, indem der Erreger *Erwinia amylovora* direkt in die Triebspitze gespritzt wurde (Schweizer Stamm FAW610 Rif, Konz. = 10⁹ cfu/ml). Das Inokulum und die Methodik waren wie in den vorangegangenen Jahren, damit die Resultate möglichst vergleichbar sind. Die Temperatur im Sicherheitsgewächshaus GX lag zwischen 17°C (Nacht) und 21°C (Tag), und die relative Luftfeuchtigkeit bei 70%. Als Referenzsorten dienten ‚Gala Galaxy‘ (anfällig) und ‚Enterprise‘ (robust).

Die Länge des gesunden Triebabschnitts bis zur sichtbaren Läsion sowie die Gesamtrieblänge wurden wöchentlich gemessen. Zur Einschätzung der Triebanfälligkeit wurde die ermittelte sichtbare Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge berechnet. Um verschiedene Versuchsserien zu vergleichen, wurde ‚Gala Galaxy‘ als 100% gesetzt. Die Triebanfälligkeit mit Läsionslängen in Prozent der Gesamtrieblänge von bis 40% von ‚Gala Galaxy‘ kann als schwach und bis 20% von ‚Gala Galaxy‘ als sehr schwach beurteilt werden. Als hochanfällig werden Genotypen eingestuft, welche eine Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge im Bereich von ‚Gala Galaxy‘ oder darüber zeigen.

Die meisten der getesteten Pflanzen sind neben dem phänotypischen Test auch molekular auf die Anwesenheit des Feuerbrandresistenz-QTLs von ‚Fiesta‘ Chromosom 7 (*FBF7*) anhand der beiden flankierenden SCAR-Marker AE10-375 und GE-8019 untersucht worden. Bei anderen Pflanzen sind die Marker für die quantitativen Feuerbrandresistenzen von *Malus x robusta* 5 (*FB_MR5*) oder ‚Evereste‘ (*Fb_E*) zum Einsatz gekommen.

2.2.3 Ergebnisse und Diskussion

Am Projektende von ZUEFOS II liegt eine Fülle an Informationen zur Feuerbrandanfälligkeit von Elternsorten und Nachkommen vor. Mehr als 460 Akzessionen wurden seit 2007 bei Agroscope im Rahmen von ZUEFOS, ZUEFOS II und der Apfelzüchtung getestet (Apfel und Birnen, verschiedene Methoden und Wiederholungen eingerechnet). 242 Apfelgenotypen wurden mit der gleichen Methode

(Spritzeninokulation, *E. amylovora* Stamm FAW610 Rif, Konz. = 10^9 cfu/ml) geprüft. Die Ergebnisse sind über die Feuerbranddatenbank und die Züchtungsdatenbank von Agroscope zugänglich. Die mittlere Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge drei Wochen nach Infektion lag für die robuste Kontrolle ‚Enterprise‘ über die verschiedenen Untersuchungen im Mittel bei 6.4%. Die anfällige Kontrolle ‚Gala Galaxy‘ zeigte mittlere Läsionen von 65.4%.

Von den meisten der untersuchten Apfelsorten- bzw. zuchtnummern liegen molekulare Daten über mögliche Feuerbrandresistenz-QTLs vor. Nachkommen der Wildäpfel ‚Evereste‘ und *Malus x robusta* 5 wurden auf das Vorhandensein der starken Feuerbrandresistenz QTLs *Fb_E* bzw. *FB_MR5* getestet. Eine molekulare Analyse ist nur sinnvoll, wenn die Resistenz auch eingekreuzt wurde. Die Marker AE10-375 und GE-8019, welche den *FBF7* QTL flankieren, wurden bei fast allen Pflanzen im Feuerbrand-Triebtest angewendet. Der QTL wurde von ‚Fiesta‘ bis zum Vorfahren ‚Cox Orange‘ zurückverfolgt (Kahn *et al.*, 2007). Die Ergebnisse der molekularen Analysen erlauben es, die Pflanzen in die folgenden vier Gruppen einzuteilen: Pflanzen ohne molekular nachgewiesene Feuerbrandresistenz (*AE* und *GE* negativ), Pflanzen mit dem *FBF7* QTL aus ‚Fiesta‘ (*AE* und *GE* positiv), Pflanzen mit *Fb_E* QTL aus ‚Evereste‘ und Pflanzen mit *FB_MR5* QTL aus *Malus x robusta* 5. Bei Genotypen mit Versuchswiederholungen wurden die Mittelwerte verwendet.

Es zeigen sich deutliche Unterschiede bei der gemessenen Läsionslänge drei Wochen nach Infektion zwischen den Gruppen (Abb.7). Die Läsionslänge relativ zu ‚Gala Galaxy‘ ist deutlich reduziert bei nachgewiesenem *FBF7* QTL. Pflanzen mit dem starken Feuerbrandresistenz QTL *Fb_E* oder dem *FB_MR5* QTL zeigen des Weiteren eine deutlich geringere Triebanfälligkeit im Vergleich zu Pflanzen mit *FBF7*. Die Zusammenstellung der Ergebnisse über alle gewonnenen Daten verdeutlicht die Bedeutung von Feuerbrandresistenz QTLs für die molekulare Züchtung.

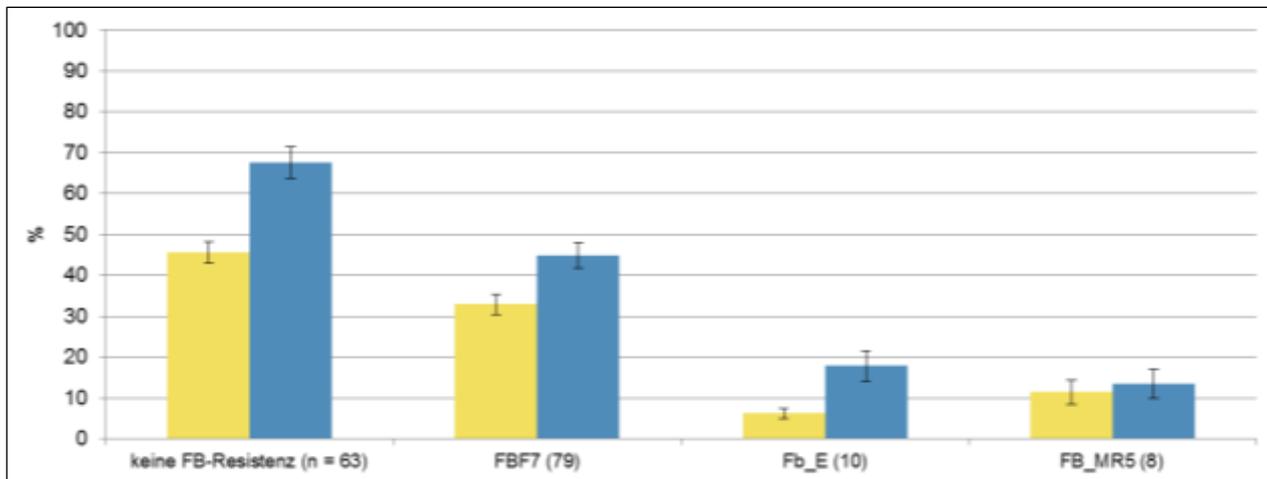


Abb. 7: ■ Effektive Läsionslänge (%) und ■ Läsionslänge relativ zu ‚Gala Galaxy‘ drei Wochen nach Inokulation (%) (mit Standardfehler) von Pflanzen mit Feuerbrandresistenz QTLs *FBF7*, *Fb_E* oder *FB_MR5* im Vergleich zu Pflanzen ohne Feuerbrandresistenz (in Klammer Anzahl Sorten bzw. Zuchtnummern).

Im Jahr 2013 wurden interessante neue Selektionen der Apfelzüchtung im Gewächshaus auf Triebbefall durch *E. amylovora* getestet. Das Ziel war eine rasche Auslese und Weiterprüfung des Zuchtmaterials im Hinblick auf eine Nutzung in der Obstbranche oder als Elternsorten für neue Kreuzungen. Die im Projekt ZUEFOS im Jahr 2008 hergestellten feuerbrandrobusten Züchtungen mit guten Baum- und Fruchteigenschaften sollten auf ihre Feuerbrandrobustheit hin untersucht werden. Drei Zuchtnummern der Kreuzung ‚Pinova-Evelina®‘ x ‚MR12‘ wurden für die Triebtestung ausgewählt. Vom JKI (Julius Kühn-Institut, Andreas Peil) wurden durch Agroscope ‚Rea 2‘ (‚Prima‘ x ‚Remo‘) und ‚E8 12.53‘ (‚Remo‘ x ‚Pirol‘) getestet.

Die anfällige Kontrolle ‚Gala Galaxy‘ war mit 84,9% Läsionslänge wie erwartet anfällig gegenüber Feuerbrand (Abb.8). Die guten Ergebnisse bei der robusten Kontrolle ‚Enterprise‘ sowie bei ‚Rea 2‘ und ‚E8 12.53‘ entsprachen den Erwartungen. Die drei ZUEFOS Kreuzungsnachkommen ‚ACW 21237‘, ‚ACW 21209‘ und ‚ACW 21207‘ (alle ‚Pinova-Evelina®‘ x ‚MR12‘) mit guten Fruchteigenschaften konnten bei der Triebtestung leider nicht überzeugen.

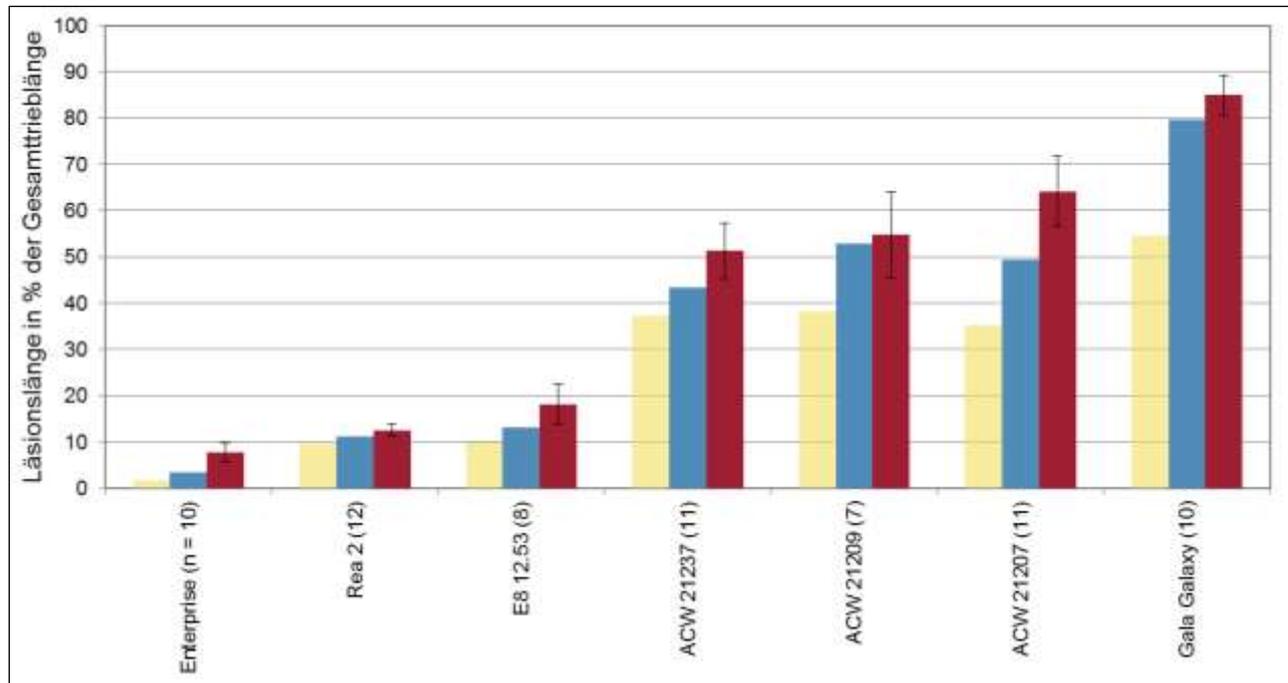


Abb. 8: Durchschnittliche Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge (mit Standardfehler) verschiedener Apfelzüchtungen zu den drei verschiedenen Messzeitpunkten ■ 1, ■ 2 und ■ 3 Wochen nach Inokulation im Vergleich zu den Kontrollen ‚Enterprise‘ und ‚Gala Galaxy‘ (in Klammer Anzahl Pflanzen).

Mit dem Ziel neue Feuerbrandresistenzquellen ins Agroscope-Züchtungsprogramm aufzunehmen, wurden mehrere als feuerbrandresistent beschriebene *Malus* Wildäpfel einem Triebtest unterzogen. Die Auswahl basierte auf Informationen aus der Literatur sowie auf Erfahrungen des JKI, von welchem das Reisermaterial zur Verfügung gestellt wurde.

Wie erwartet konnte die Triebanfälligkeit der getesteten *Malus* Wildäpfel als sehr schwach beurteilt werden. Die Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge von *Malus fusca* MAL0045, *Malus baccata* MAL0004 und *Malus x robusta* 5 (MR5) lag bei weniger als 10% relativ zu ‚Gala Galaxy‘ (Abb. 9). Phänotypisch waren die getesteten Pflanzen vital und wiesen nur kleine Nekrosen um die Einstichstelle herum auf (Abb. 10). *M. fusca* MAL0045 und *M. baccata* MAL0004 wurden aufgrund der Ergebnisse als Eltern im Kreuzungsprogramm 2013 eingesetzt. *M. x robusta* 5 wurde im Rahmen der Generationsbeschleunigung mit Fast Track als Kreuzungselter verwendet.

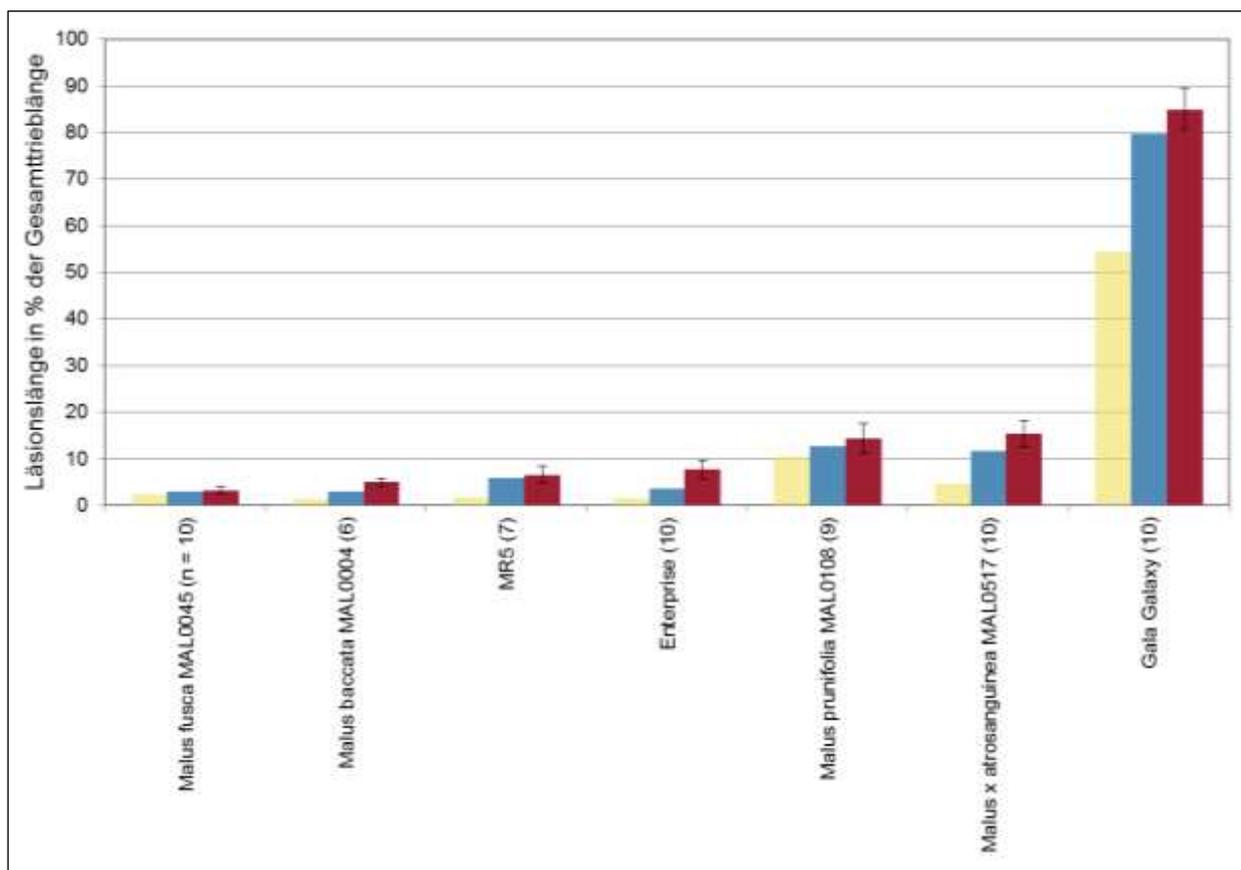


Abb. 9: Durchschnittliche Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge (mit Standardfehler) bei ausgewählten Malus Wildäpfeln zu den drei verschiedenen Messzeitpunkten 1, 2 und 3 Wochen nach Inokulation im Vergleich zu den Kontrollen ‚Enterprise‘ und ‚Gala Galaxy‘ (in Klammer Anzahl Pflanzen).

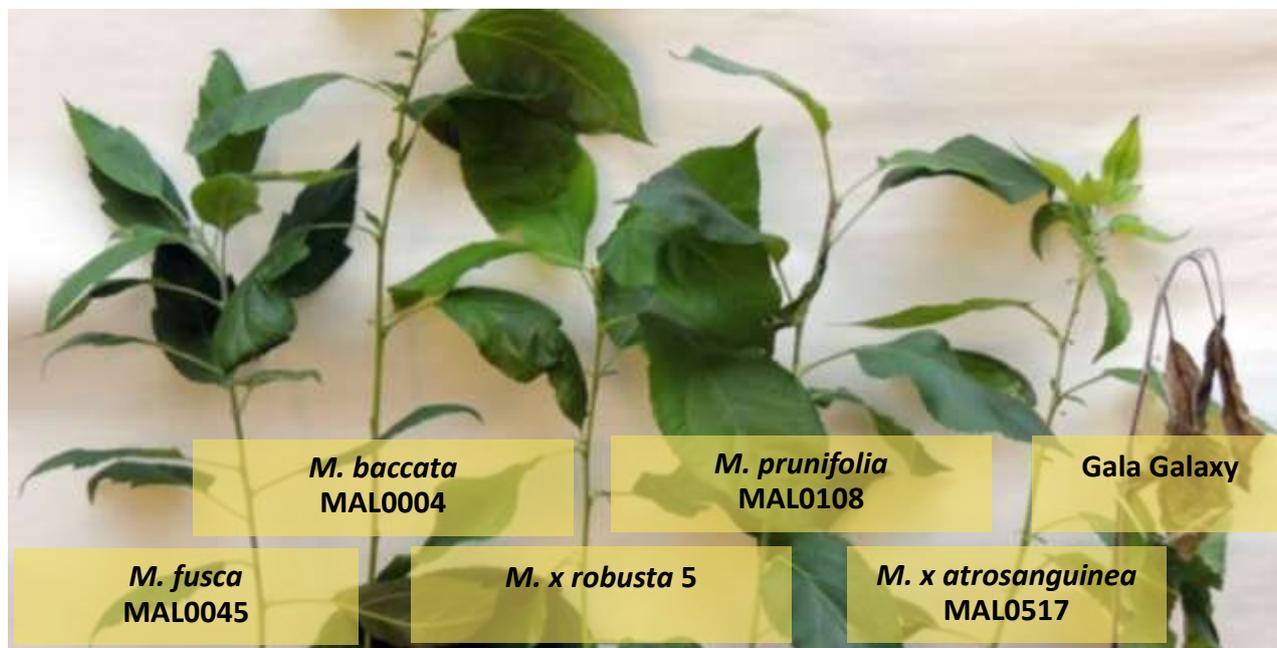


Abb. 10: Apfeltriebe von Malus Wildäpfeln im Vergleich zu ‚Gala Galaxy‘ rund 3 Wochen nach Inokulation mit *E. amylovora*.

Zur Überprüfung der Feuerbrandresistenz sind Kreuzungsnachkommen aus der Generationsbeschleunigung mit Fast Track, die molekular positiv auf die Feuerbrandresistenz von *Malus x robusta* 5 (FB_MR5) getestet worden sind, einem Triebtest unterzogen worden. Die Ergebnisse entsprachen weitgehend den Erwartungen. Die robuste Kontrolle ‚Enterprise‘, *M. x robusta* 5 (MR5) sowie alle Nachkommen der zweiten Filialgeneration (F2) von MR5, mit Ausnahme von ‚0804/109‘, wiesen deutlich weniger als 20% Läsion in Prozent der Gesamtrieblänge relativ zu ‚Gala Galaxy‘ auf und können damit als sehr schwach anfällig beurteilt werden (Abb. 11). Die Ergebnisse zeigen, dass die Feuerbrandresistenz FB_MR5 in der Züchtung erfolgreich genutzt werden kann. Die Nutzung von Pflanzen mit FB_MR5 wird im Kapitel Fast Track aufgezeigt.

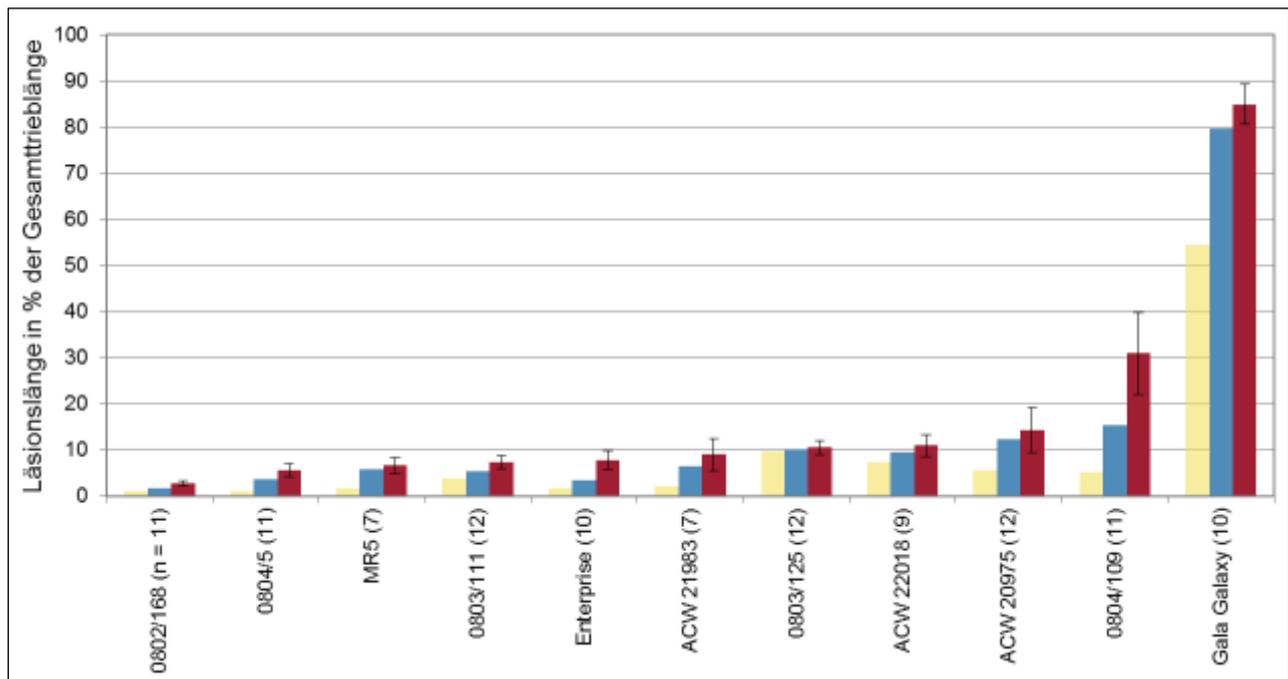


Abb. 11: Durchschnittliche Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge (mit Standardfehler) bei ausgewählten F2-Nachkommen von *M. x robusta* 5 (MR5) zu den drei verschiedenen Messzeitpunkten 1, 2 und 3 Wochen nach Inokulation im Vergleich zu MR5 sowie den Kontrollen ‚Enterprise‘ und ‚Gala Galaxy‘ (in Klammer Anzahl Pflanzen).

2.2.4 Hochstammkandidaten

In Zusammenarbeit mit dem Projekt Herakles wurde im Frühjahr 2013 die Veredelung von Hochstamm-bäumen in Flawil (Betrieb Alois Schilliger) und in Wädenswil (Betrieb Staub) geplant. In Flawil wurde die Zuchtnummer ‚ACW 12556‘ auf zwei bestehende Bäume der Sorte ‚Schneiderapfel‘ veredelt. In Wädenswil waren die Wetterverhältnisse leider immer schlecht, so dass die Veredelungen der beiden Zuchtnummern ‚ACW 16426‘ und ‚ACW 19256‘ auf ‚Blauacher‘ nicht durchgeführt werden konnten. Eine erneute Veredelung im Frühling 2014 ist vorgesehen. Das Reisermaterial für den Standort Wädenswil ist vorhanden, für Flawil werden Reiser produziert oder von der Baumschule Schneider in Deutschland bestellt.

2.2.5 Saftherstellung

Aus den Früchten der Hochstammkandidaten (Tab. 3) wurde nach der Ernte Saft hergestellt. Die zwei Selektionen ‚ACW 12556‘ und ‚ACW 16426‘ wurden mit den ACW Züchtungen ‚ACW 11319‘ und ‚ACW 14995‘ ergänzt und einzeln zu Saft verarbeitet. Im Labor bestimmte man mit der Pimpernelle-Analyse den °Brix-Wert (Zucker) und den Gehalt der Apfelsäure. Im Januar 2014 wurden die Säfte bei Agroscope sensorisch bewertet (Abb. 12).

Tab. 3: Kandidaten für mögliche Saftproduktion (Legende: Wuchsstärke, 1 extrem schwach, 9 extrem stark; Mehлтаubefall, 1 kein, 9 total; Gesamturteil Baum, 1 extrem schlecht, 9 extrem gut)

Züchtungsnummer	erstes Standjahr	Ø Wuchsstärke	Ø Mehлтаubefall	Ø Gesamturteil Baum	Ø Frucht g/Baum	PLL% vs. Gala	Resistenzmarker	Bemerkungen
ACW 12556	1999	4	1	5	1977	2012: 9.5%	FBF7, Rvi6, Rvi2 scar, PID	feine Textur, sehr fest, säuerlich
ACW 11319	2004	4	3	5	1820			säuerlich, aromatisch
ACW 14995	2010	6	4	6	2493	2011: 16.4%; 2010: 13.5%	FBF7, Rvi2 scar, Rvi6	süß, sehr saftig, feine Textur
ACW 16426	2005	5	1	6	2575	2012: 21.1%; 2011: 5.2%	FBF7	säurereich, leicht adstringierend, saftig, leicht weich, trägt gut

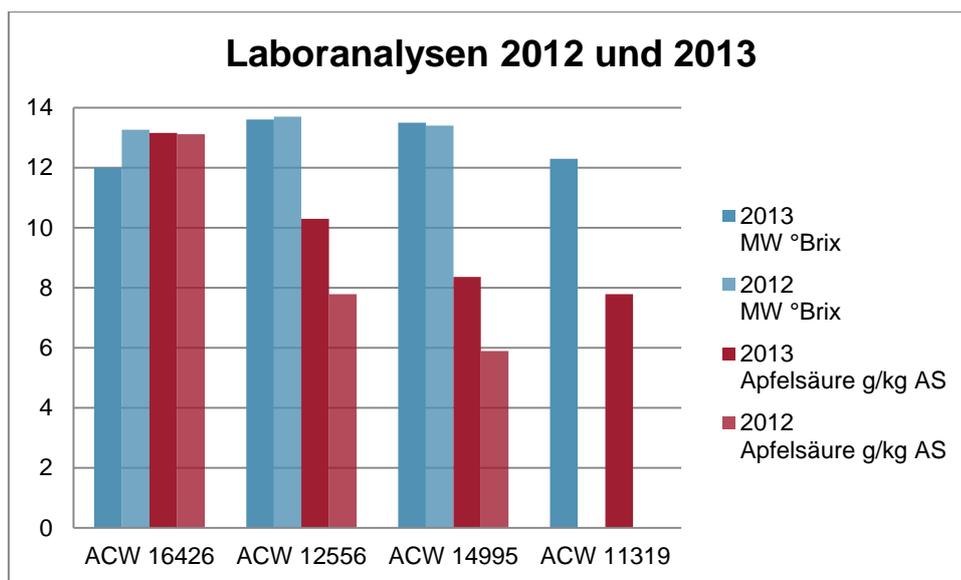


Abb. 12: °Brix und Apfelsäurewerte der Säfte von Hochstammkandidaten

2.3 Freiland Blüteninokulation mit Feuerbrand 2013

2.3.1 Blütentestung in Versuchsparzelle am Steinobstzentrum Breitenhof

Am Steinobstzentrum Breitenhof in Wintersingen (BL) wurde im Frühjahr 2013 eine von Agroscope in Zusammenarbeit und Mitfinanzierung mit den Drittmittel-Projekten ‚HERAKLES‘ und ‚ZUEFOS II‘ neu erstellte Versuchsparzelle für Freilandversuche mit Feuerbrand in Betrieb genommen. Die Versuchsparzelle ist komplett mit einem Netz umgeben und der Ein- und Austritt der Forschenden erfolgt über Schleusen zur Verhinderung der Verschleppung von Feuerbrand aus der Versuchsparzelle. Im Projekt ZUEFOS II wurden sieben fortgeschrittene Züchtungen und Agroscope-Sorten auf die Anfälligkeit der Blüten nach künstlicher Infektion getestet.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die getesteten Züchtungen und Sorten. Auf die Anfälligkeit der Blüten getestet wurden dreijährige Topfbäume veredelt auf M9 mit ‚Golden Delicious‘-Zwischenveredelung der Züchtungen ‚ACW 11303‘, ‚ACW 14992‘, ‚ACW 14995‘ und der Agroscope-Sorte ‚Ladina‘ sowie zweijährige Topfbäume der Züchtungen ‚ACW 13160‘, ‚ACW 14812‘ und ‚ACW 15546‘. Als Kontrollen dienten dreijährige Topfbäume von ‚Gala Galaxy‘ (anfällig) und ‚Enterprise‘ (robust) auf der gleichen Unterlagenkombination. Die Topfbäume wurden über ein Einzel-Tropfbewässerungssystem mit Wasser versorgt.

Tab.4: Informationen zum Pflanzenmaterial der am Breitenhof im 2013 getesteten Züchtungen und Sorten

Genotyp	Eltern (Loci)	Anzahl Bäume	Anzahl Büschel	Baumalter
ACW 11303	ACW 6104 (-) x Rewena (Rvi6, MR, FR)	14	127	dreijährig
ACW 13160	Fuji (-) x Ariwa (Rvi6, PI1)	16	127	zweijährig
ACW 14812	ACW 7207 (Rvi6) x Braeburn (-)	16	127	zweijährig
ACW 14992	Topaz (Rvi6, FBF7) x Fuji (-)	16	126	dreijährig
ACW 14995	Topaz (Rvi6, FBF7) x Fuji (-)	16	128	dreijährig
ACW 15546	Topaz (Rvi6, FBF7) x ACW 8244 (Rvi6, PI2)	16	123	zweijährig
Ladina	Topaz (Rvi6, FBF7) x Fuji (-)	16	126	dreijährig
Enterprise		16	136	dreijährig
Gala Galaxy		12	103	dreijährig



Abb. 13: Versuchsanlage am Breitenhof direkt nach Inokulation der Blütenbüschel

Ein Bienenvolk sorgte für die Bestäubung der Blüten und wurde kurz vor der Inokulation aus der Versuchsparzelle entnommen. Für die Inokulation am 7.5.2013 wurden Blüten in Vollblüte (BBCH65) ausgewählt, markiert und mit einer *Erwinia amylovora*-Lösung inokuliert. Die Blütenbüschel von ‚Gala Galaxy‘ und ‚ACW 14992‘ waren etwas weniger weit entwickelt, sodass z.T. Blüten vor der Inokulation manuell geöffnet werden mussten. Der für die Inokulation verwendete Feuerbrand-Stamm war FAW610 Wildtyp (vgl. Triebinokulation FAW610 Rif) in einer Konzentration von $3.0\text{-}3.5 \times 10^8$ cfu/ml. Die Bakterienlösung wurde mit einem Handsprüher auf die Büschel gebracht. Anschliessend wurden die Büschel für sechs Tage mit Plastikbeuteln bedeckt, zum Witterungsschutz und um für die Bakterien gute Infektionsbedingungen zu schaffen (Abb. 13). Die inokulierten Büschel sind nach 7, 14, 21 und 28 Tagen für mögliche Feuerbrand-Symptome bewertet worden. Das Boniturschema umfasste neun Klassen und reichte von keinen bzw. unklaren

Symptomen über Blüteninfektionen, zu Infektionen der Blütenbüschel z.T. auch der Jungtriebe, bis hin zu Nekrosen im Holz mit unterschiedlicher Ausprägung (Tab. 5).

Tab. 5: Boniturskala der Blüteninfektion nach künstlicher Inokulation (Fotos: Gewächshaus 2011)

Klasse		Beschreibung	
1	keine Infektion	alle Blüten bzw. ganzer Büschel ohne optisch erkennbare Symptome (nicht verfärbt) Verfärbung & Verwelken entsprechen dem sortentypischen Abblühen	
2	unklare Symptome	<i>Einzelblüte:</i> Blütenboden, -stiel & Kelch grün Staub- und / oder Fruchtblätter braun-schwarz verfärbt Symptome nicht eindeutig als Feuerbrand einzustufen	
3	Blüteninfektion	<i>Einzelblüte:</i> Staub-, Fruchtblätter braun-schwarz verfärbt Kelchblätter und / oder Blütenboden orange bis schwarz verfärbt Stiel ohne Nekrose oder weniger als 1/3 Stiellage nekrotisch verfärbt <i>Büschel:</i> mindestens eine Blüte Klasse 3 höchstens eine Blüte Klasse 4	
4	Blüteninfektion	<i>Einzelblüte:</i> Blütenboden und -stiel orange bis schwarz verfärbt Stiel ganz oder mindestens 1/3 Stiellage nekrotisch verfärbt Blütenstandstiel grün, klare Abtrennung <i>Büschel:</i> mehr als eine Blüte Klasse 3 alle Blütenstiele schwarz, jedoch klare Abtrennung zum grünen Blütenstandstiel	
5	Blütenbüschel und Blütenstandstiel	<i>Büschel:</i> Blüten krank Nekrose nicht nur auf Blütenstiele beschränkt Blütenstandstiel dunkel verfärbt, Blätter gesund Nekrose auf Blütenstandstiel beschränkt vorhandene Jungtriebe gesund	
6	Blütenbüschel, Blütenstandstiel und Jungtrieb	<i>Büschel:</i> vorhandene Jungtriebe krank sind keine Jungtriebe vorhanden, ganzer Büschel bis zum Holz krank (inkl. Blütenstandstiel und Blätter) keine Nekrose im Holz sichtbar	

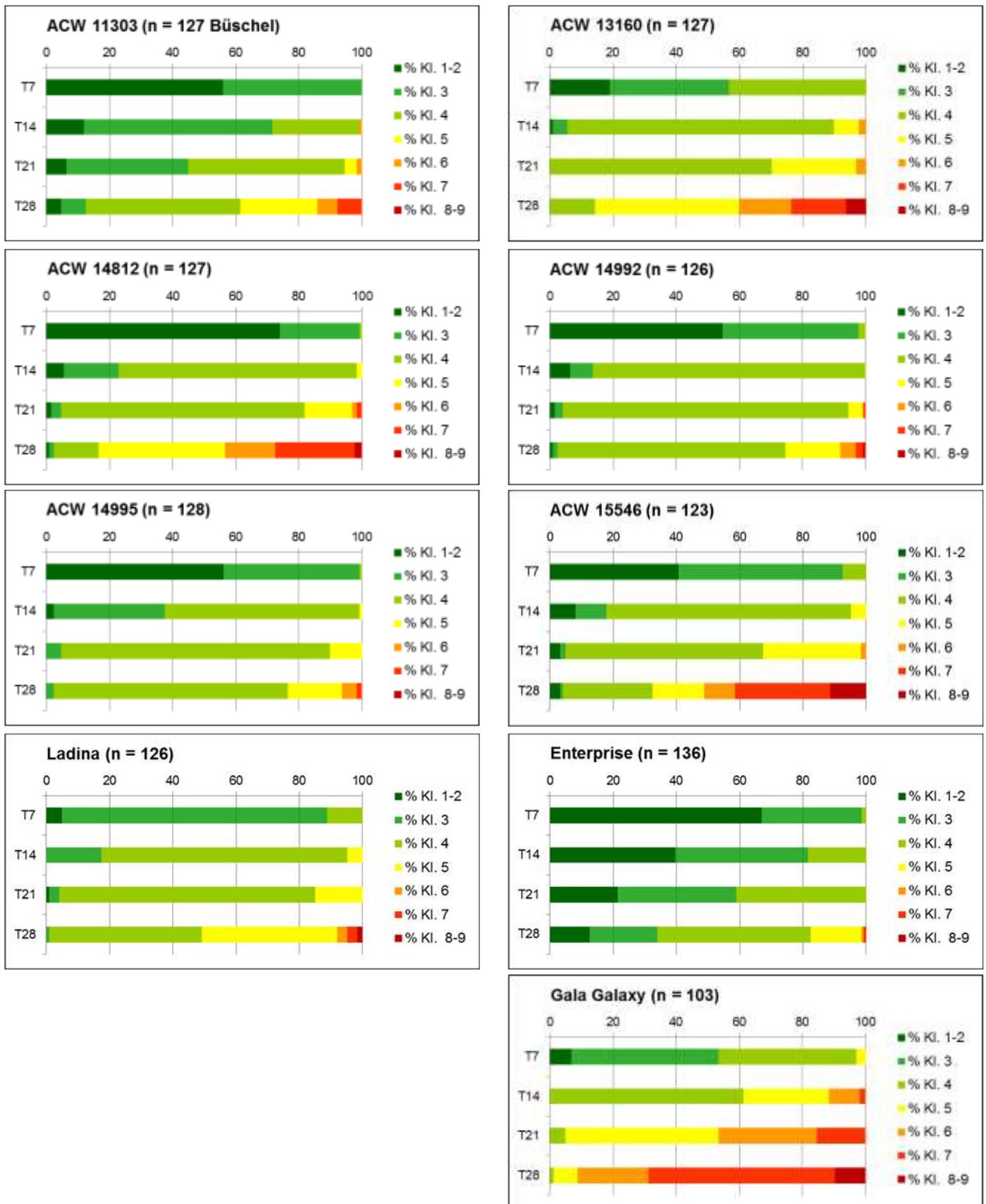


Abb. 14: Ergebnisse der künstlichen Blüteninokulationsversuche in der Versuchsparzelle am Breitenhof. Dargestellt ist der prozentuale Anteil von Blütenbüscheln in den verschiedenen Boniturklassen 7, 14, 21 und 28 Tage nach Inokulation.

2.3.2 Laborergebnisse nach Blüteninokulation

Am Ende des Freilandversuches interessierte uns die Frage: Sind 35 Tage nach der Inokulation Feuerbrand-Bakterien in der Unterlage und im symptomfreien Holz nachweisbar? Zur Beantwortung wurden Proben des Pflanzenmaterials geschnitten zur anschliessenden Auswertung im Feuerbrand Labor. Die Sorte ‚Ladina‘, die Zuchtnummer ‚ACW 11303‘ sowie die beiden Kontrollen ‚Gala‘ und ‚Enterprise‘ wurden ausgewählt. Pro Genotyp wurden an drei Bäumen jeweils zwei Äste und ein Teil aus der Unterlage entnommen. Dabei wählten wir bewusst je einen Ast mit sichtbaren Symptomen und einen Ast ohne sichtbare Symptome im Holz. Im Labor wurde nach dem standardisierten Verfahren der Feuerbrand Diagnose gearbeitet. Die Proben wurden auf NSA und KB Medien ausplattiert und 5 Tage bei 28°C inkubiert.

Die Auswertung bestätigte die Bonitur im Freiland. Das Beispiel ‚Ladina‘ zeigt, dass hauptsächlich im Blütenstandstiel EA Bakterien nachweisbar waren. Von sechs Proben des Blütenstandstiels zeigte eine Probe eine erhöhte und vier Proben eine geringe Konzentration an *E. amylovora* (Abb.15). Eine Probe war EA negativ. Bei den Proben von der Astbasis waren vier von sechs Proben EA negativ, zwei zeigten eine geringe Konzentration an EA Bakterien. Die Unterlage war nicht mit EA Bakterien befallen.



Abb. 15: Nach 5 Tagen auf NSA und KB nachweisbare EA+ Kolonien der Probe ‚Ladina‘, Nr. 18 vom Blütenstandstiel, Nr. 19 von der Astbasis

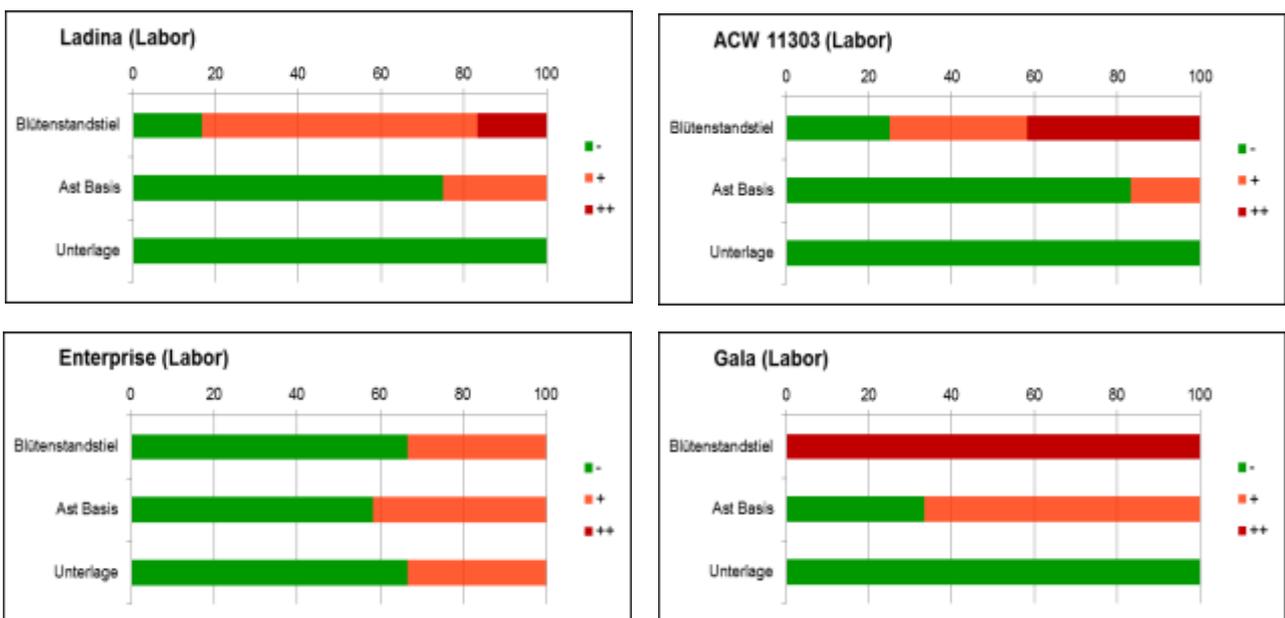


Abb. 16: Auswertung der nach 5 Tagen auf NSA und KB nachweisbare EA+ Kolonien

2.4 Vergleich Trieb- und Blütenanfälligkeit

Aus den Ergebnissen der Triebinfektionen kann nicht generell auf die Anfälligkeit der Blüte geschlossen werden. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass Ergebnisse aus Feuerbrandinfektionsversuchen unter kontrollierten Bedingungen in vielen Fällen gut mit der Blütenanfälligkeit im Freiland übereinstimmen.

In Abbildung 17 ist ein Vergleich zwischen Ergebnissen der Blüteninfektionen (2012 und 2013) und den Triebinfektionen (2008 bis 2013) relativ zur Kontrolle ‚Gala‘ gezeigt. Bei mehrfach getesteten Züchtungen und Sorten sind die Mittelwerte dargestellt. Die anfällige Kontrolle ‚Gala‘ zeigt im Trieb- wie auch im Blüten-test hohe Infektionswerte. Die robuste Kontrolle ‚Enterprise‘ weist bei beiden Untersuchungsmethoden die geringsten Feuerbrandsymptome auf. Deutlich besser als ‚Gala‘ schneiden die neue, feuerbrandrobuste Sorte ‚Ladina‘, ‚ACW 14992‘ sowie ‚ACW 14995‘ ab. Alle drei sind Geschwister aus der Kreuzung ‚Topaz‘ x ‚Fuji‘. Die Grafik macht auch deutlich, dass es zu Abweichungen in den Ergebnissen zwischen den beiden Methoden kommt. ‚Ladina‘ schneidet bei der Triebtestung vergleichsweise besser ab und ‚ACW 14992‘ bei der Blütentestung. Dennoch stimmen die Resultate zwischen Trieb- und Blüteninokulation im Allgemeinen relativ gut überein.

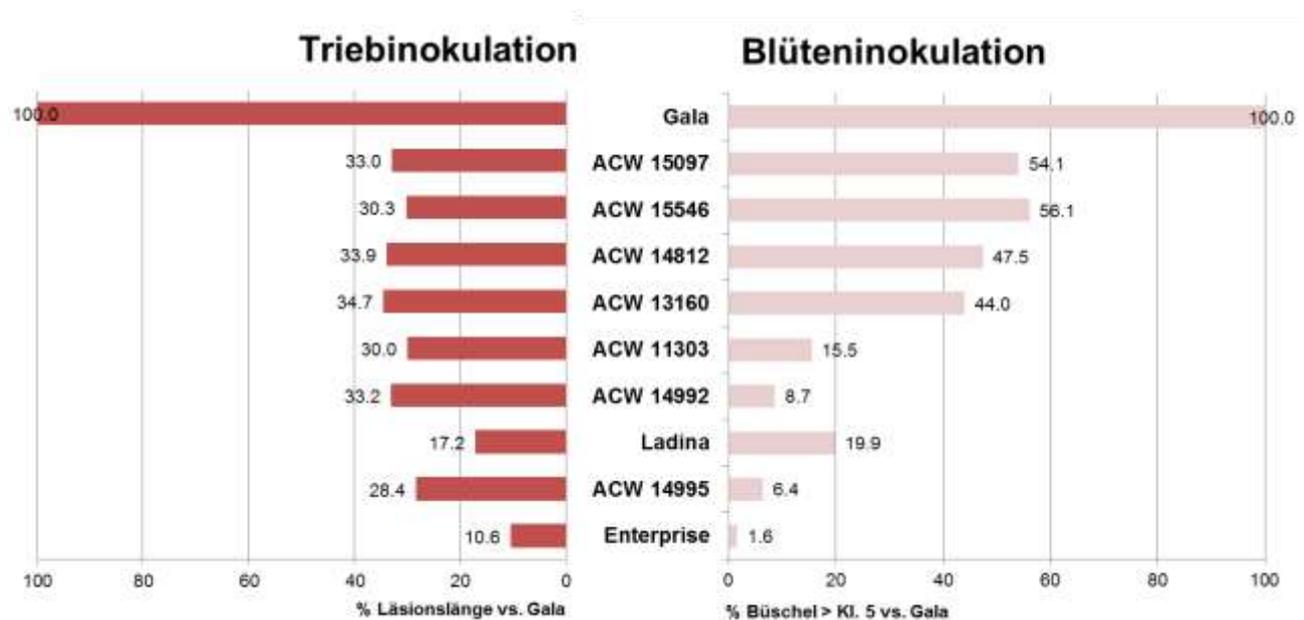


Abb. 17: Blüten- und Triebanfälligkeit bei fortgeschrittenen Züchtungen relativ zu ‚Gala‘. Links ist die Läsion in Prozent der Trieblänge relativ zu ‚Gala‘ 3 Wochen nach der Infektion der Triebe gezeigt, rechts der prozentuale Anteil an Blütenbüscheln der Klassen > 5 relativ zu ‚Gala‘ 4 Wochen nach Inokulation der Blüte. Kontrollen ‚Enterprise‘ (robust) und ‚Gala‘ (anfällig).

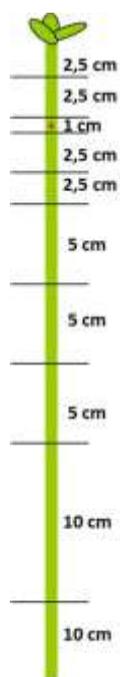
2.5 Analyse der Pathogenese von *E. amylovora* an der Apfelsorte ‚Ladina‘ mittels Real-Time PCR

(aus Bachelorarbeit von Saskia Gros, Universität Hohenheim)

Einführung

Agroscope pflegt eine gute Zusammenarbeit im Bereich der Feuerbrandforschung mit dem Team von Prof. Dr. Ralf Vögele, Universität Stuttgart-Hohenheim (D). Real-Time PCR ermöglicht den spezifischen Nachweis von Lebewesen, in diesem Fall Feuerbrandbakterien in Pflanzengewebe. Im Rahmen der Bachelorarbeit von Saskia Gros am Institut für Phytopathologie an der Universität Hohenheim, wurde mit Hilfe der etablierten Real-Time PCR Methode die Zellzahl in inokulierten Versuchspflanzen der Agroscope-Apfelsorte ‚Ladina‘ ermittelt. Dieses Verfahren ermöglicht eine Quantifizierung der *E. amylovora* Zellen im Gewebe dieser Versuchspflanzen, in diesem Fall bis neun Tage nach Inokulation. Die durchgeführten Versuche beabsichtigten eine Analyse zum Erregerwachstum von *E. amylovora* und dessen Verbreitung innerhalb des Gewebes der Apfelsorte ‚Ladina‘ und den Vergleich mit anderen Apfelsorten.

Methode



Für die Triebinokulationsversuche wurde ein Edelreis der Sorte ‚Ladina‘ auf je eine ‚M9‘ Unterlage gepfropft. Die Triebe wurden im Gewächshaus (1. Versuchsdurchlauf) bzw. in der Vegetationshalle (2. Versuchsdurchlauf) herangezogen und sollten eine Länge von 30 cm erreichen. In jedem der beiden Versuchsdurchläufe wurden 35 Bäumchen untersucht. Die Inokulation erfolgte im Sicherheitsgewächshaus in dem die Bakteriensuspension (Stamm Ea385, LB-Medium, Konz. $1,0 \cdot 10^9$ *E. amylovora* Zellen pro ml) mittels einer Nadel in die Triebspitze, unterhalb des letzten vollentwickelten Blattes, von 25 Versuchspflanzen gebracht wurde. Die restlichen 10 Stecklinge dienten später als Negativkontrolle. Da es im ersten Versuchsdurchlauf zu heterogenen Triebblängen kam, wurden die Pflanzen randomisiert. Je Beprobungstag wurden Triebe mit Längen von ca. 16 cm bis 5 cm beprobt.

Die inokulierten Apfelpflanzentriebe wurden an fünf Tagen geerntet. Dazu wurden an jedem Beprobungstag 5 Triebe abgeschnitten. An allen Beprobungstagen wurden die Pflanzen auch optisch auf typische Feuerbandsymptome bonitiert, z.B. Austritt von Bakterien-Exsudat, Läsionen sowie Verformung der Triebe zum Hirtenstab. Die Triebe wurden auf einer mit 70% Ethanol gereinigten Glasplatte in die auf einer Schablone vorgegebenen Teilstücke zerlegt (Abb. 18). Für jede Fraktionierung wurden eine neue Rasierklinge und neue Handschuhe benutzt.

Abb. 18: Fraktionierungsschablone

Bei der epiphytischen (der rein äusserlichen) Beprobung, wurde die Oberfläche jedes Triebstückes 10-mal mit 1 ml Reinstwasser unter zu Hilfenahme einer Eppendorf-Pipette abgewaschen. Die epiphytische Beprobung diente ausschliesslich zur Absicherung, falls es zu unklaren Ergebnissen bei der endophytischen Beprobung kommen sollte.

Bei der endophytischen Beprobung wurden die Triebstücke anschliessend zerkleinert, um die Zellzahl der Bakterien im Inneren des Gewebes ermitteln zu können. Das Material wurde eingewogen – maximal 430 mg der Triebstücke – und in jedes Röhrchen pro 100 mg Probenmaterial, 3 ml steriles Wasser hinzugegeben.

Real-Time PCR ermöglicht eine absolute Quantifizierung von *E. amylovora* und dessen spezifischen Nachweis. Für alle PCR-Reaktionen innerhalb dieses Versuches wurde das CFX96™ Real-Time System der Firma BioRad Laboratories verwendet. Die verwendeten PCR-Primer P29TF und P29TR wurden aus

der Nukleotidsequenz des für *E. amylovora* spezifischen Plasmid pEA29 entworfen. Der in dieser qPCR verwendete Farbstoff SYBR-Green-I ist ein interkalierender Farbstoff mit der Fähigkeit, jede doppelsträngige DNA anzufärben. Zu Beginn des PCR-Protokolls werden die Zellen aufgeschlossen und die HotStarTaq® Plus Polymerase aktiviert, anschliessend folgen Denaturierung, Primeranealing- und Elongationsphase. Nach 40maliger Wiederholung und Fluoreszenzmessung im Anschluss an jede Wiederholung beginnt die Schmelzkurvenanalyse. Um einen Zusammenhang zwischen Zellzahl und Cp-Wert in den späteren Proben herstellen zu können, musste eine Standardgerade entworfen werden. Allen Ergebnissen der Real-Time PCR konnten unter zu Hilfenahme der Standardgeraden eine genaue Zellzahl zugewiesen werden und anschliessend die Zellzahl pro Gramm Gewebe berechnet werden. Für jedes Triebstück wurde ein Mittelwert, aus je fünf Pflanzen des jeweiligen Beprobungstages gebildet, mit dem anschliessend die Zellzahl pro Gramm Gewebe für jedes Triebstück an jedem Beprobungstag dargestellt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Der untere Sensitivitätsbereich der Real-Time PCR für den Nachweis von *E. amylovora* lag in den Versuchen bei $1,0 \cdot 10^3$ Zellzahl pro Gramm Gewebe was bedeutet, dass ein Ergebnis unter 10^3 Zellzahl pro Gramm Gewebe nicht automatisch einen negativen Befund bedeutet.

Abbildung 19 veranschaulicht den Verlauf der Erregerverbreitung von *E. amylovora* nach Inokulation in den Trieben der Apfelsorte ‚Ladina‘. Im ersten Versuchsdurchlauf wird deutlich sichtbar, dass die Durchseuchung mit *E. amylovora* innerhalb der Triebe abnahm, an den ersten Tagen nach Inokulation sehr schnell, mit fortschreitender Zeit nur langsam. Im zweiten Versuchsdurchlauf konnten ebenfalls ein Abnehmen der Erregerkonzentration innerhalb des Triebes und ein Zunehmen der Zellzahl von Beprobungstag zu Beprobungstag festgestellt werden. An den ersten drei Tagen nach Inokulation lagen die Werte beider Versuchsdurchläufe nah beieinander. Erst ab dem sechsten Tag nach Inokulation konnten im ersten Versuchsdurchlauf durchschnittlich höhere Zellzahlen ermittelt werden, als im zweiten Versuchsdurchlauf.

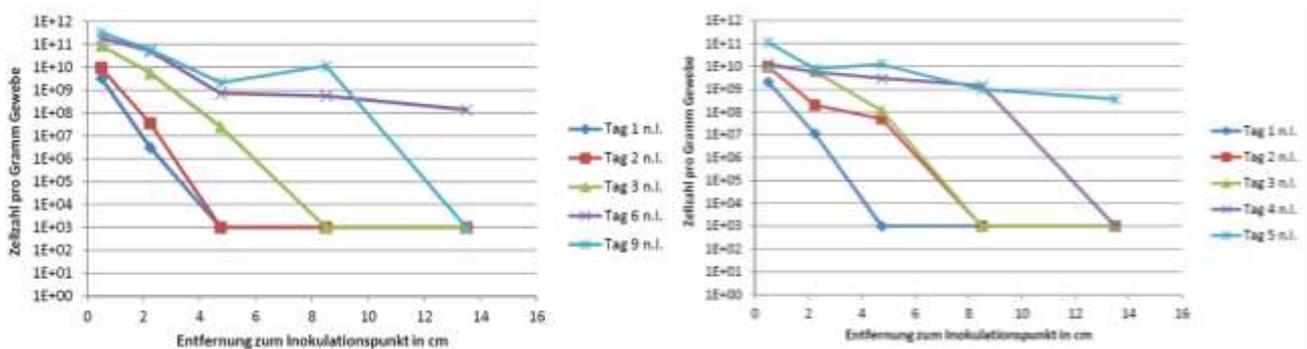


Abb. 19: Trieblänge in cm und die dazugehörige durchschnittliche Zellzahl pro Gramm Gewebe jedes Triebstücks der fünf Beprobungstage. Pro Tag wurde aus den fünf Versuchspflanzen für jedes Triebstück ein Mittelwert gebildet. Links: Ergebnisse des ersten Versuchsdurchlaufs, rechts: zweiter Versuchsdurchlauf.

In Abbildung 20 ist die Entfernung zum Inokulationspunkt in Zentimeter für jeden Beprobungstag schematisch dargestellt. Bei der optische Bonitur des ersten und des zweiten Versuchsdurchlaufes konnten an den ersten drei Beprobungstagen weder Läsionen noch andere Feuerbrandtypischen Symptome festgestellt werden. Sechs Tage nach Inokulation konnten lediglich Läsionen im Bereich der Einstichstelle festgestellt werden. Dort wiesen die Versuchspflanzen zwar eine Schwarzfärbung rund um die Inokulationsstelle und ein leichtes Senken der Triebspitzen auf, aber keine markanten Feuerbrand-Symptome.

Beim ersten Versuchsdurchlauf konnten auch am fünften Beprobungstag nur Schwarzfärbungen und leicht hängende Triebspitzen beobachtet werden, Austritt von bakteriellem Exsudat hingegen nicht. Beim zweiten Versuchsdurchlauf konnten hingegen am letzten Beprobungstag an zwei Bäumchen Schleimtropfen im Bereich des ersten und zweiten Triebstückes gefunden werden.

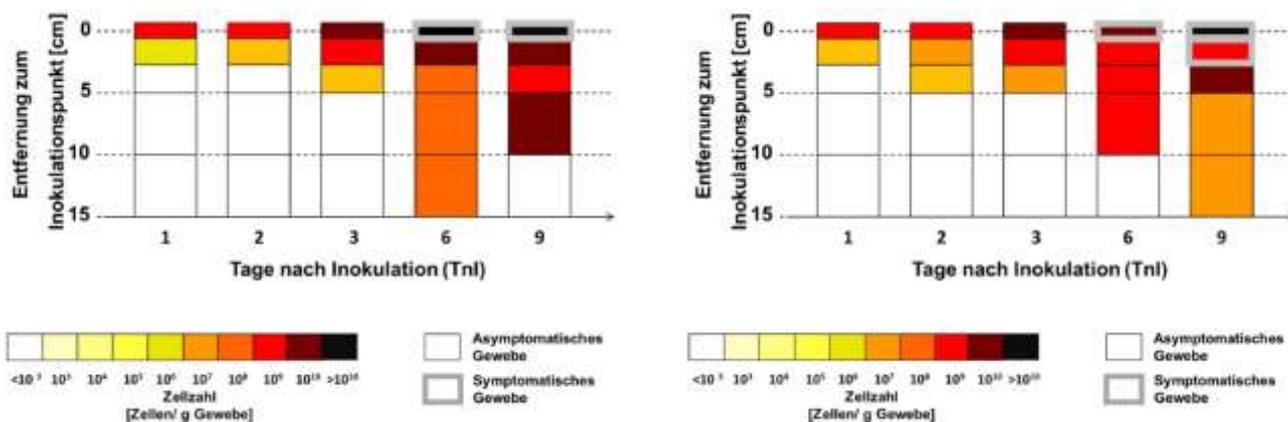


Abb. 20: Symptomausprägung und Erregerkonzentration der beiden Versuchsdurchläufe (links: erster, rechts: zweiter). Dargestellt ist die Entfernung zum Inokulationspunkt 0 bis 15 cm für alle fünf Beprobungstage. Jedes Triebstück ist als Kästchen abgebildet und je nach Erregerkonzentration farbig gestaltet. Die Zellzahlen reichen von $< 10^3$ bis $> 10^{10}$ ZZ/g Gewebe. Symptomatisches Gewebe wurde mit einem grauen Rahmen kenntlich gemacht.

Die Resultate im Rahmen dieser Bachelorarbeit können die aus Trieb- und Blütentestung bekannte Robustheit von ‚Ladina‘ bestätigen. Im Vergleich zur Apfelsorte ‚Öhringer Blutstreifling‘, der 2011 von Corinna Fuchs im Rahmen ihrer Bachelorarbeit getestet wurde, stellte man bei ‚Ladina‘ nicht nur eine deutlich geringere Erregerkonzentration fest, sondern beobachtete auch eine weniger starke und vor allem wesentlich spätere Symptomausprägung.

Die Robustheit der Apfelsorte ‚Ladina‘ hat für die Besitzer von Kernobstanlagen grosse Vorteile. Zum einen sind die Bäume scheinbar selbst in der Lage das Erregerwachstum und seine Verbreitung in bestimmten Massen Einhalt zu gebieten. Da die Triebe der ‚Ladina‘-Bäumchen in diesen Versuchen meist nach sechs Tagen erste Symptome aufwiesen und diese weitaus weniger intensiv waren als beispielsweise die am ‚Öhringer Blutstreifling‘ nach drei Tagen, könnte der Schaden, der bei anfälligen und besonders hochanfälligen Apfelsorten oft zu einem immensen ökonomischen Verlust führt, verringert werden. Zusätzlich wurde beobachtet, dass sich *E. amylovora* Bakterien wesentlich langsamer vom Inokulationspunkt aus ausbreiten. Dies wäre wiederum ein Vorteil für die Obstbauern, denn sie könnten durch ein frühzeitiges und grosszügiges Zurückschneiden der befallenen Bäume grössere Chancen haben, diese zu entseuchen.

Ein mögliches Gegenargument zu den bisher genannten Vorzügen der Apfelsorte ‚Ladina‘, wäre die Etablierung einer scheinbar unsichtbaren bzw. latenten Inokulumsquelle.

2.6 Schorfselektion Zuchtmaterial Lubera

Aussaat und Schorfscreening der Lubera Kreuzungen 2011 und 2012

In den Projektjahren 2012 und 2013 wurden bei Agroscope in Wädenswil für Lubera die Samen der Kreuzungen aus dem jeweiligen Vorjahr ausgesät (Tab. 6). Vier Wochen nach der Aussaat erreichten die Sämlinge die Grösse, um die Schorfinfektion durchzuführen. Nach 14 Tagen erfolgte das Schorfscreening, wobei die Pflanzen in anfällige (Klasse 4) und resistente (Klassen 1 bis 3b) eingeteilt wurden.

Im Februar 2012 wurden 4463 Samen der 12 Kreuzungen 2011 ausgesät mit einer Auflauftrate von 81 %. Bei den im Februar 2013 ausgesäten 4528 Samen der 14 Kreuzungen 2012 betrug die Auflauftrate 78.4 %. Nach dem Schorfscreening (Abb. 21) wurden die selektierten Pflanzen von Lubera abgeholt.

Tab. 6: Aussaat und Auflauftrate der Lubera Kreuzungen 2012

Kreuzung Nummer	Mutter (Resistenz)	Vater (Resistenz)	Anzahl effektiv gesäte Samen	Anzahl Samen aufgelaufen	Auflauftrate in %
12L1	1/05	23/05	328	267	81.40
12L2	1/05	Subito	182	145	79.67
12L3	1/05	Kotabaru	445	328	73.71
12L4	107/06	23/05	86	46	53.49
12L5	107/06	Subito	348	182	52.30
12L6	119/06	Subito	99	74	74.75
12L7	119/06	23/05	70	61	87.14
12L8	37/05	Malini gelb	665	616	92.63
12L9	40/05	Subito	380	316	83.16
12L10	56/06	Lilly	496	449	90.52
12L11	70/06	93/06	396	352	88.89
12L12	74/05	Maloni F2	473	344	72.73
12L13	85/06	Kotabaru	478	383	80.13
12L14	Utopia	Subito	86	75	87.21
Total Lubera			4532	3638	78.4

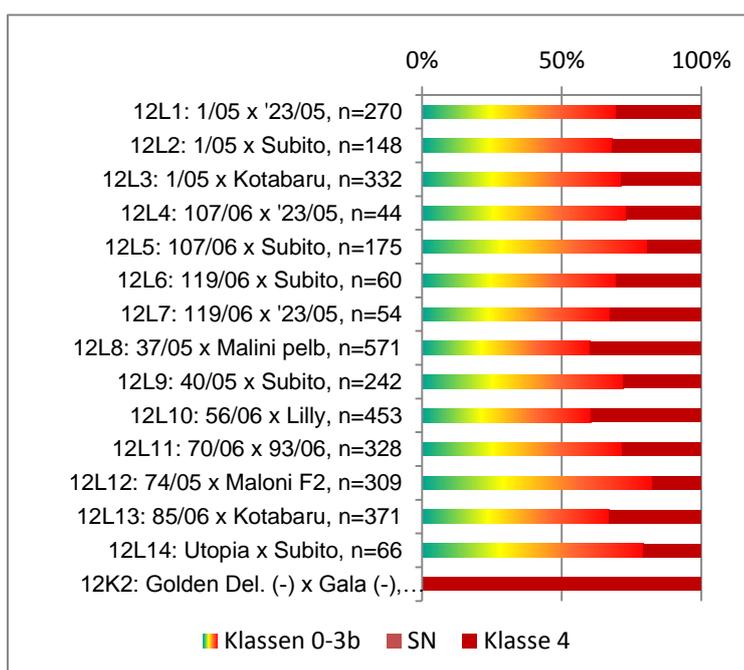


Abb. 21: Ergebnisse des Schorfscreenings dargestellt in % Anteilen der Befallsklassen 0 – 4

Befallsklassen (nach Chevalier, 1991):

- 0 = keine Symptome
- 1 = kleine Vertiefungen (pin point pits)
- 2 = chlorotische und nekrotische Flecken ohne Sporulation
- 3a = leichte, begrenzte Sporulation mit chlorotischer Aufhellung
- 3b = begrenzte Sporulation
- 4 = starke, unbegrenzte Sporulation

2.7 Selektion Zuchtmaterial Lubera

2.7.1 Einleitung

2013 schliesst sich sozusagen ein Zyklus der Feuerbrandresistenzzüchtung bei Lubera/Fruture, und ein neuer Abschnitt beginnt.

Wir haben ja in unserem Projekt die Reihenfolge des Feuerbrandzüchtungszyklus umgestellt: Anstatt bestehende und bereits selektierte Zuchtnummern auch noch auf Feuerbrand zu testen, prüften wir ganze Populationen auf Feuerbrandtoleranz – und waren dann in der Lage, nur die vielversprechenden, weil in den ersten Tests schon wenig anfälligen oder gar resistenten Genotypen aufs Feld zu pflanzen. 2013 haben die ersten dieser Nummern zu fruchten begonnen (Abb. 22), Qualitätsselektion war möglich und wir kommen nun sehr schnell dem Zeitpunkt näher, in dem wir neue feuerbrandrobuste Sorten für den Markt vorbereiten können, die vollständig im ZUEFOS-Projekt bei Lubera/Fruture entstanden sind.

2.7.2 Feuerbrand-Massenscreening in Quedlinburg (Julius Kühn-Institut, Dr. Klaus Richter)

2013 konnten wir ein viertes Mal Massenscreenings durchführen. Dabei wurden von knapp 500 Genotypen (aus 7 Kreuzungen) je 6 Winterhandveredelungen angefertigt; 4 gingen jeweils nach Quedlinburg in den destruktiven Test, 2 wurden in Buchs in der Freilandbaumschule aufgepflanzt. Auf diese ‚Reserve‘ von 2 Bäumen kann dann je nach den Resultaten des Feuerbrandtests für einen spezifischen Genotyp wieder zurückgegriffen werden.

Dank der intensiven Arbeit von Dr. Richter und seinem Team funktionierten auch die Tests 2013 wieder sehr robust; ein intensiver Infektionsdruck und eine hohe durchschnittliche Läsionslänge (z.B. bei der Testung von anderweitigen Selektionen aus dem Jahre 2012 misst die durchschnittliche Läsion 65 % der gesamten Trieblänge) erlaubten eine gute Selektion.

Selbstverständlich sind bei nur vier Testpflanzen keine statistisch abgesicherten Aussagen möglich – diese sind in diesem Zusammenhang auch gar nicht angestrebt. Es geht einzig und allein darum, mit noch vertretbarem Aufwand möglichst viel genetisches Material zu selektieren, das mit hoher Wahrscheinlichkeit eine gute Feuerbrandrobustheit aufweist.

Wir haben die getesteten Genotypen wie in den vergangenen Jahren basierend auf der Läsionslänge in % der Gesamtrieblänge in drei Gruppen eingeteilt:

- 0-5% ‚resistente‘ oder tolerante Genotypen
- 6-25% wenig oder deutlich unterdurchschnittlich anfällige Genotypen= deutlicher Vorteil für die Anbaupraxis
- >25% anfällige Genotypen=keine deutlichen Vorteile mehr in der Anbaupraxis

Auf eine Berücksichtigung der Einzelpflanzenresultate wurde auch dieses Jahr wieder verzichtet. Dies vor allem deshalb, weil der Selektionseffekt auch ohne ein solches Zusatzkriterium gut war.

2.7.3 Resultate des Massenscreenings auf Feuerbrand

Wir verzichten hier darauf, die Resultate zu den verschiedenen getesteten Populationen einzeln darzustellen. Aber es bestätigten sich ein weiteres Mal die Resultate der vergangenen Jahre: Eltern aus dem Resistenzcluster ‚Resi‘ x ‚Julia‘ erhöhen die Produktivität der Kreuzungen in Bezug auf Feuerbrandrobustheit entscheidend.

Einige Zahlen:

Insgesamt konnten wir 56 Genotypen mit nur 0-5% Läsionslänge selektieren.

126 Genotypen bewegten sich zwischen 5 und 25%, was immer noch als wenig anfällig einzustufen ist. Ein noch besseres Resultat als 2012, als wir ca. 150 Genotypen für die Fruchtselektion zurückbehalten können. Denn nur die Genotypen unter 25% werden ins Feld ausgepflanzt.

Die produktivste Kreuzung war ‚58/06‘ x ‚ACW 11303‘ mit über 70% Genotypen zwischen 0% und 25% Läsionslänge. Hier wird aber sicher auch das von ‚58/06‘ vererbte schwache Wachstum eine gewisse Rolle gespielt haben.

Die Kreuzung ‚70/06‘ x ‚Ladina‘ ist im gleichen Bereich angesiedelt; hier machen die hochtoleranten Sämlinge mit unter 5 % Läsionslänge gar 23% aus (23 Genotypen von 100).

Sobald man sich aber aus diesem Bereich herausbewegt und keine bekannten Resistenzträger in Kreuzungen einbaut, nimmt die Produktivität schlagartig ab. Ein gutes Beispiel ist die Kreuzung ‚121/6‘ x ‚516/10‘: Hier gab es gar keine wenig toleranten Genotypen zu verzeichnen.

2.7.4 Diskussion der Resultate

Grundsätzlich ergibt sich eine Bestätigung früherer Resultate. Wir müssen aber auch lernen, dass es nicht ganz so einfach zugeht und offenbar auch Wechselwirkungen zwischen den Kreuzungspartnern eine entscheidende Rolle spielen.

Folgende Schlüsse können festgehalten werden:

- resistente Eltern aus dem Resistenzcluster ‚Resi‘ x ‚Julia‘ erhöhen zum wiederholten Male die Feuerbrandresistenzproduktivität von Kreuzungen
- positiv fällt vor allem ‚58/06‘ auf, aber auch ‚70/06‘ bringt gute Resultate
- ‚58/06‘ x ‚ACW 11303‘ brachte wie 2012, ‚58/06‘ x ‚ACW 13007‘ wieder über 70% Genotypen im wenig anfälligen Bereich bis 25%
- ‚ACW 11303‘ brachte letztes Jahr in Kombination mit ‚Resi‘ nicht besonders viel, dieses Jahr aber zusammen mit ‚58/06‘ doch sehr viel, ein Hinweis darauf, dass bestimmte Wechselwirkungen eine Rolle spielen.

2.7.5 Weiterverwendung und Weiteretestung des Materials

Insgesamt haben wir aus dem Massenscreening 182 Genotypen mit interessantem Feuerbrandtoleranzpotential selektiert. 56 davon zeigen Läsionen von unter 5%, sind also extrem widerstandsfähig, vergleichbar mit der Standardsorte ‚Rewena‘. Von jedem Genotypen sind 2 Pflanzen vorhanden.

Wir werden mit diesem Material nun schon den vierten. Jahrgang von wenig anfälligem, vorselektiertem Material aufpflanzen können.

Voraussichtlich wird es in Felben in einer neuen Versuchsanlage von Fruture aufgepflanzt. In dieser Versuchsanlage, die wissenschaftlich vom FiBL betreut wird, testen wir ein Set von Fruture-Sorten für verschiedene Pflanzenschutzregimes: IP, Bio und No Residue (Kombination von IP bis Blüte und nachher Bio).

Innerhalb dieser Versuchsanlage haben wir einen sogenannten Screening Block, in dem wir zusätzliche Sorten für die ‚No Residue‘-Produktion prüfen können. Hier sind schon letztes Jahr die Genotypen aus dem ZUEFOS Massenscreening-Programm von Fruture und Lubera gepflanzt worden.

2.7.6 Test-Obstanlagen

Wie in den letzten Jahren wurden hier bei den fortgeschrittenen Selektionen standardmässig wieder einige Daten erhoben:

- Blütezeitpunkt
- Wuchstypenbonitierung
- Anzahl Früchte (bei je 4 Messbäumen pro Selektion)
- Messung Neutrieb

- Zuckerwerte bei der Ernte und beim Auslagern
- Degustationsnotizen beim Auslagern

2.7.7 Fruchtselektion bei den aufgepflanzten feuerbrandrobusten Genotypen

2013 war insbesondere deshalb ein erfolgreiches und besonderes Jahr in Bezug auf die Feuerbrandresistenzzüchtung, als zum ersten mal feuerbrandrobuste Populationen auf Fruchtqualität selektiert werden konnten. Es konnten 7 Genotypen mit einer Gesamt-Bewertung von 7-9 (in einer Skala von 0-10) selektiert werden. Selbstverständlich werden diese Genotypen jetzt sofort 2014 auf ihre Feuerbrandresistenz nachgetestet, um so schnell wie möglich mehr Sicherheit zu gewinnen. Es geht ja auch darum, die Palette der für weitere Kreuzung zur Verfügung stehenden Genotypen so schnell wie möglich auszuweiten. Und natürlich auch darum, in Bezug auf ihre Resistenz sichere Kandidaten für die intensivere Anbauprüfungen zu gewinnen.

2.7.8 Sortenentwicklung/Markteinführung

Einführung toleranter Sorten für den Hausgartenmarkt

Auf der Basis von ZUEFOS konnten wir bisher drei Hausgartensorten in unserem Katalog einführen, die hohtolerant sind.

‚Paradis Julka®‘, die früheste unserer Sorten, noch deutlich im Juli reift

‚Paradis Katka®‘, Neueinführung 2013, Ende Juli, Anfang August reif, mit für eine Frühsorte extrem guter Textur

‚Malini Pronto®‘, der erste Säulenapfel mit hoher Feuerbrandrobustheit

Wir warten nun gespannt auf die ersten Resultate der Fruchtselektion, um dieses Sortiment ausweiten zu können.

Einführung robuster Sorten für den Erwerbsanbau

Unterdessen werden von den Frühsorten ‚Paradis Katka®‘ und ‚Paradis Julka®‘ einige tausend Pflanzen für den Erwerbsanbau vermehrt. Zielmarkt ist hier aber nicht die Schweiz, sondern England und skandinavische Länder. Wir müssen nun die Resultate des Versuchsanbaus in diesen Ländern abwarten. Wir sind aber immer wieder überrascht, wie gross in einzelnen Märkten der Bedarf an Frühsorten ist, vor allem, wenn sich damit der Markt mit den ersten ‚eigenen‘, im Land selber gewachsenen Apfelsorten bedienen lässt.

Screening 2014

Auch ohne Zusicherung einer weiteren Finanzierung haben wir uns für 2014 wieder ein Kontingent an Testkapazitäten am Julius Kühn Institut in Quedlinburg (D) gesichert. Insgesamt können wieder ca. 2000 Pflanzen getestet werden. Wir werden diese Kapazitäten folgendermassen einsetzen:

- Eine ganze ausgepflanzte Population von gescreenten Genotypen soll mit 10-15 Veredelungen pro Genotyp nachgetestet werden. Das Resultat wird uns zeigen, inwiefern die Resultate eines Screenings mit 4 Genotypen mit dem ausführlicheren Screening übereinstimmen. Hier geht es darum, die Genauigkeit unserer Methode zu überprüfen.
- Zum ersten Mal konnten 2013 Früchte an den aufgepflanzten, gemäss den ersten Tests feuerbrandtoleranten Genotypen verkostet und die Qualität bonitiert werden. Gute Sorten aus diesen Selektionen sollen jetzt sofort nachgetestet werden, um so schnell wie möglich mehr Informationen über diese Sorten zu gewinnen, aber auch um so schnell wie möglich eine breitere Palette von Kreuzungskandidaten (mit abgesicherten Resistenzeigenschaften) zur Verfügung zu haben.
- Testung von allgemeinen Fruchtselektionen aus dem Selektionsjahr 2013
- Testung von Kreuzungen 2012 (= Sämlinge 2013), die aufgrund ihrer Genetik interessant bezüglich Feuerbrandrobustheit sein könnten (Tab. 7). Hier kommen vor allem folgende Kreuzungen in Frage:

Tab. 7: Kreuzungen 2012 (= Sämlinge 2013), die aufgrund ihrer Genetik interessant bezüglich Feuerbrandrobustheit sein könnten.

Kreuzung (in Klammern: fb feuerbrandrobust)	Hersteller Kreuzung	Anzahl Samen	Bemerkung
1/05 (fb) x 23/05	Lubera	349	Fb x Maloni
1/05 (fb) x Subito	Lubera	189	Fb x Malini
1/05 (fb) x Kotabaru	Lubera	447	Fb x Qualität
56/06(fb) x Lilly	Lubera	508	Fb x Maloni
70/06 (fb) x 93/06 (fb)	Lubera	500	Fb x Fb und rotfleischig

2.7.9 Synthese ZUEFOS 2012/13

Zunächst einmal war es dank ZUEFOS in diesen 2 Jahren möglich, die mit dem Ziel der Feuerbrandresistenz erstellten Kreuzungen auch wirklich auf Feuerbrand zu testen. Dabei konnte gezeigt werden, dass durch die Benutzung, Testung und Auswahl bestimmter resistenter Eltern die Produktivität der Kreuzungen (in Bezug auf die Erzeugung feuerbrandresistenter Nachkommen) entscheidend gesteigert werden kann. Leider sind bis heute keine sicheren Voraussagen möglich, welche Eltern und welche Kreuzungen besonders produktiv sind. Allerdings scheint sich die Benutzung von Eltern aus dem Umfeld von ‚Resi‘ x ‚Julia‘ positiv auszuwirken.

Im Verlaufe der Arbeiten mit diesen Kreuzungen konnte auch die Züchtungsbasis entscheidend erweitert werden, da allein aufgrund der ZUEFOS Kreuzungen über 500 wenig anfällige oder resistente Genotypen erzeugt wurden, die jetzt der Fruchtselektion entgegen wachsen.

In Zukunft werden bei Lubera/Fruture folgend Punkte weiterverfolgt werden:

Herstellung weiterer Kreuzungen auf der Basis der gewonnenen Erfahrungen; Übertragung der Resistenz auf weiter Züchtungsgruppen innerhalb unseres Züchtungsprogramms (Säulenäpfel, rotfleischige Äpfel, Miniäpfel, samenlose Äpfel)

Selektion der wenig anfälligen bis resistenten Genotypen auf Fruchtqualität und schnelle erweiterte Nahtestung dieser Sortenkandidaten; danach schnelle Sortenentwicklung.

2.7.10 Ausblick 2014

Wir haben im ZUEFOS-Jahresbericht 2012 auf die Entwicklung des im Rahmen des Projekts generierten Züchtungsmaterials hingewiesen.

Jahr	Werdegang, Zuchtfortschritt
2008	Kreuzungen, Samenertrag
2009	Aussaat, Schorfscreening, Kultur im 5 l Topf
2010	Produktion von Winterhandveredelungen, Feuerbrandtest in Quedlinburg, Kultur von Reservebäumen in der Baumschule in Buchs
2011	Auspflanzung der resistenten und wenig anfälligen Genotypen (jeweils 2 Pflanzen pro Genotyp) in Buchs
2012	Wachsen langsam aus der juvenilen Phase
2013	Fruchterträge und Fruchtselektion

Mit den Fruchtselektionen 2013 haben wir eine neue Ebene erreicht. 2014 und in den nächsten Jahren sollte es jetzt sehr schnell möglich sein, weitere feuerbrandrobuste Nummern und Züchtungseltern aus diesem Material auszulesen.



Abb. 22: 2013 haben die ersten dieser wenig anfälligen oder gar resistenten Genotypen im Feld zu fruchten begonnen und eine Qualitätsselektion war möglich.

2.8 Pilotanlagen

Die ZUEFOS Pilotanlagen mit feuerbrandrobusten Sorten und Neuzüchtungen an den Standorten Wädenswil, Güttingen, Morges und Conthey sind seit dem Frühjahr 2013 vollständig mit den geplanten Sorten und Neuzüchtungen bepflanzt (Tab. 8). In Conthey wurden die im Vorjahr entstandenen Lücken in der Parzelle FG 664 durch Bäume der gleichen Sorte ergänzt. Durch die kühle Witterung im Frühling verspätete sich an allen vier Standorten die Blüte um 10 bis 14 Tage gegenüber dem langjährigen Durchschnitt. Auch während der Blüte blieben die Temperaturen kühl. Entsprechend verschoben sich auch die Erntezeitpunkte um ein bis zwei Wochen. An allen Standorten war eine mittlere Ernte zu erwarten.



Abb. 23: die Sorte ‚Ladina‘ im September 2013 in der Pilotanlage in Güttingen



Abb. 24: ‚ACW 14995‘ in Conthey, August 2013



Abb. 25: ‚Ladina‘ in Marcelin, September 2013

Güttingen

Die Anlage befindet sich 2013 im dritten Standjahr. Die im April 2012 kopfveredelte ZN ‚ACW 13490‘ ist gut angewachsen. Die Früchte der Parzelle Gu 53 wurden gewogen und teilweise nach Wädenswil transportiert. Die Sorte ‚Ladina‘ wurde für einen Tastlagerversuch verwendet und von Früchten der Sorten ‚Lucy‘, ‚ACW 13490‘ und ‚ACW 14995‘ wurden die Pimpernelle Daten erhoben.

Conthey

Im Frühjahr 2013 waren die nicht gewachsenen ‚JEB I 181/3‘ (‚Lucy‘) Veredelungen zu ersetzen. Die bestellten 15 einjährigen Bäume von Konsortium Südtiroler Baumschulen in Auer (I), wurden nach Conthey transportiert und sofort gepflanzt. Die Parzelle FG 664 ist jetzt komplett. Zur Verbesserung der Wuchsstärke bei den Jungbäumen wurden im Sommer bei der Sorte ‚Ladina‘ vom Team in Conthey die Früchte entfernt.

Marcelin

Die Anlage in Marcelin war 2013 im zweiten Standjahr. Angrenzend an die ZUEFOS Parzelle wurden im Frühling 2013 70 Bäume der feuerbrandrobusten Zuchtnummer ‚ACW 13490‘ (‚Resi‘ x ‚Ariwa‘) gepflanzt. Die gesamte Ernte von ‚Ladina‘ wurde für Degustationen am „Comptoir Suisse“, in Lausanne (21.9.13) und „portes ouvertes“, Marcelin (1./2. 11. 2013) reserviert. Die Ernte 2013 der Sorte ‚Ladina‘ betrug 160 kg. Über die restlichen Früchte der Parzelle darf der Standort verfügen. Von den Sorten ‚Ladina‘, ‚Ariane‘ sowie der ZN ‚ACW 13490‘ wurden Pimpernelle-Daten (Zucker, Säure, Festigkeit) und Stärkewerte direkt nach der Ernte erhoben.



Abb. 26: 'Ladina' in Wa 64 Wädenswil, September 2013

Wädenswil

In Wädenswil wurde in den ZUEFOS Parzellen Wa 64 (Äpfel) und Wa 79 (Birnen) im Juli 2013 die Baumbonitur nach Stufe C durchgeführt. Auf einer Skala von 1 (sehr schwach/sehr wenig) bis 9 (sehr stark/sehr viel), wurde die Wuchsstärke, Garnierung, Blattwerk, Schorf, Mehltau und weitere Schäden beurteilt. Die Behangsstärke wurde ebenfalls mit 1 (extremer Unterbehang) bis 9 (extremer Überbehang) bewertet. Bei den Birnen war aufgrund der mittleren Blühintensität eine geringe Ernte zu erwarten. Die Apfelbäume verzeichneten einen mittleren bis guten Behang. Die Früchte der Sorte 'Ladina' wurden für den Exakt-Lagerversuch verwendet.

Tab. 8: Übersicht der Apfel- und Birnensorten und Züchtungen in ZUEFOS-Pilotanlagen

Standorte	Wädenswil		Güttingen		Conthey		Marcelin	
	2013 4. Standjahr		2013 3. Standjahr		2013 2. Standjahr		2013 2. Standjahr	
Sorten	Anzahl	Unterlage/ZV	Anzahl	Unterlage/ZV	Anzahl	Unterlage/ZV	Anzahl	Unterlage/ZV
Ladina	39	M9 / T337	50	B9	30	M9 T337/ Gold.Del.	50	M9 T337/ Gold.Del.
ACW 14995	39	M9 / T337	50	B9	30	M9 T337/ Gold.Del.	50	M9 T337/ Gold.Del.
ACW 15097	39	M9 / T337	50	B9	30	M9 T337/ Gold.Del.	50	M9 T337/ Gold.Del.
Lucy (UEB I 181/3)	39	M9 / T337	50	B9			50	M9 T337/ Gold.Del.
Rubinstep	39	M9 / T337						
Ariane	39	M9 / T337	50	B9	30	M9 Pajam@2	50	M9 T337/ Gold.Del.
ACW 13490			50	B9			50	M9 T337/ Gold.Del.
Dalinette					30	M9 T337/ Gold.Del.		
	2013 4. Standjahr				2013 3. Standjahr			
ACW 3897	39	Quitte A / Conférence			15	BA29		
ACW 3847	39	Quitte A / Conférence			15	BA29		
ACW 3764	39	Quitte A / Conférence			15	BA29		
ACW 3851					15	BA29		
Harrow Sweet					15	BA29		
Elliot	39	Quitte A / Conférence			15	BA29		
Conférence	80	Q Eline			15	BA29		

Anlage in Samstagern



Abb. 27: 'Ladina' in der Bio-Obstanlage in Samstagern, September 2013

In der Gemeinde Richterswil (Samstagern) wurden im Frühjahr 2012 in einer im Vorjahr stark vom Feuerbrand befallenen Bio-Obstanlage die Züchtung ‚ACW 14995‘ (58 Bäume) und die Sorte ‚Ladina‘ (34 Bäume) gepflanzt. Im Juli 2012 wurden bei diesen Neupflanzungen Symptome von Blüteninfektion durch Feuerbrand festgestellt. Die Sorte ‚Ladina‘ war bei 13 Bäumen symptomfrei. Bei 10 Pflanzen wurde ein Befall von 0-5%, bei je 3 Pflanzen ein Befall von 5-10%, 10-20% und 20 -50% festgestellt. Eine Pflanze war tot, eine weitere nicht vital. Die ZN ‚ACW 14995‘ hatte bei 37 Bäumen keine Symptome. Bei fünf Pflanzen waren die Symptome unklar. Mit 0-5% Befall waren 13 Pflanzen und mit 5-10% Befall zwei Pflanzen zu verzeichnen. Ein Baum war wegen Mäusefrass tot. Die befallenen Zweige wurden entfernt und im August die Anlage nochmals beobachtet. Es konnten keine FB Symptome festgestellt werden. Im Winter 2012/2013 fielen durch Mäusefrass zehn Bäume aus. Im April 2013 wurden diese durch zehn neue ‚Ladina‘ von Agroscope Wädenswil ersetzt. Die Besichtigung im Juni 2013 zeigte, dass die ersetzten Bäume gut angewachsen waren und kein Feuerbrandbefall in der Anlage sichtbar war. Ein Baum war tot, ein weiterer nicht vital. Die im Feuerbrandlabor getesteten drei Verdachtsproben waren negativ.

Blüte 2013

Der Frühling 2013 war geprägt durch kühle Temperaturen im März und einem erneuten Wintereinbruch um die Ostertage. Anfang April befand sich die phänologische Entwicklung der Kernobstbäume gut zwei Wochen im Rückstand gegenüber dem Vorjahr und dem 10 -Jahres-Durchschnitt (vgl. Pflanzenschutzmitteilungen Agroscope 3. April 2013). Bei den Birnen in der Parzelle Wa.79 begann die Blüte Ende April, erreichte während den ersten Maitagen die Vollblüte (BBCH 65) und vor Mitte Mai war die Blüte abgeschlossen. In Wa 64 begannen die Apfelbäume Anfang Mai zu blühen. Die mittelfrühe Sorte ‚Ladina‘ schloss Mitte Mai mit der Blüte ab.

Dank anhaltend kühler Witterung (Höchsttemperaturen deutlich unter 20°) bestand keine Infektionsgefahr für Feuerbrand. Der Entwicklungsrückstand betrug Mitte Mai immer noch ca. eine Woche gegenüber dem Vorjahr und dem langjährigen Durchschnitt (vgl. PSM 14. Mai 2013).

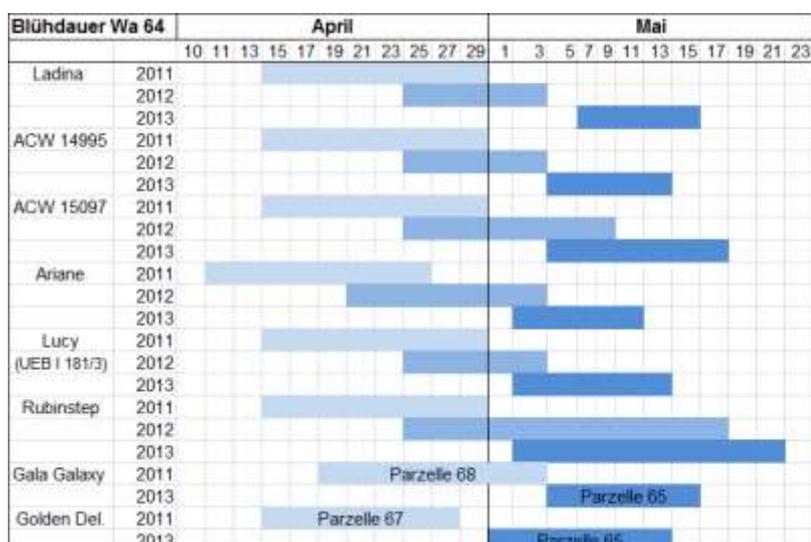


Abb. 28: Blühdauer im Frühjahr 2013 in Wädenswil in der Parzelle Wa 64

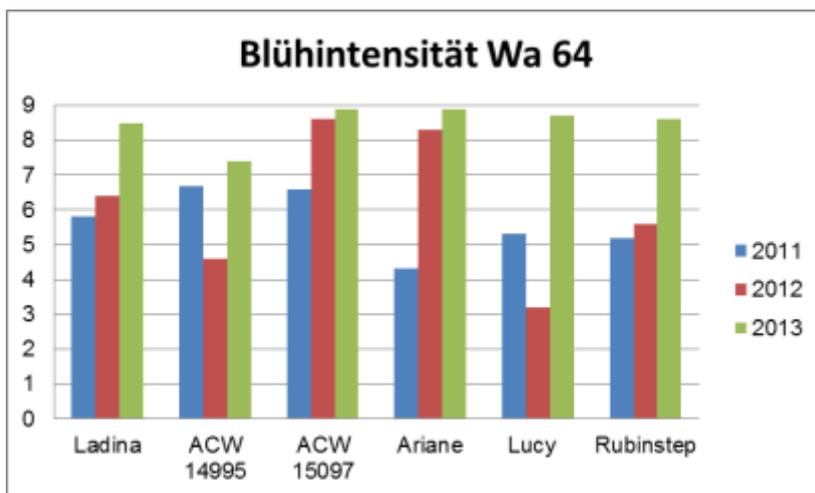


Abb.29: Blühintensität bei der Vollblüte in der Parzelle Wa 64

2.8.1 Ernte aus den Pilotanlagen

Die Erträge bei den Pilotanlagen sind in Tabelle 9 dargestellt. Aufgrund unterschiedlicher Baumanzucht, und unterschiedlichen Baumalters ist die Interpretation anspruchsvoll. Die Wuchsstärke der einzelnen Sorten ist ebenfalls unterschiedlich, ‚Ladina‘ und ‚Ariane‘ wachsen deutlich schwächer als z.B. die Zuchtnummer ACW 15097. In Wädenswil wurde seit 2011 jährlich die Erntemenge der beiden Pilotanlagen erhoben. Es zeigt sich eine konstante Zunahme der Erntemenge mit dem Alter der Apfelbäume. Bei den Birnen in Wa.79 ist eine leichte Alternanz sichtbar. In Conthey wurde bisher nur das Erntedatum erfasst, aber die Früchte nicht gewogen. In Marcelin war der Ertrag pro Baum von ‚Ladina‘ im Erntejahr 2013 erwartungsgemäss deutlich höher als 2012 (erstes Standjahr). Bei den anderen Sorten und Züchtungen aus der ZUE-FOS Parzelle Marcelin wurden 2013 das erste Mal Erntedaten und Waagdaten erhoben.

Tab. 9: Erntemengen und berechnete Mittelwerte pro Baum in den Pilotanlagen in den Jahren 2011 bis 2013

Standorte	Wädenswil						Güttingen						Marcelin			
	Anzahl Bäume	Gesamternte in kg		MW / Baum		Gesamternte in kg		MW / Baum		Anzahl Bäume	Gesamternte in kg		MW / Baum			
Sorten		2011		2012		2013			2012		2013			2012		2013
Ladina	39	51.9	1.3	95.8	2.5	127.9	3.3	50	319	6.4	331	6.6	50	29.4	164	3.3
ACW 14995	39	80.8	2.1	k.A.		200.4	5.1	50	241	4.8	330	6.6	50	k.A.		
ACW 15097	39	83.4	2.1	216.7	5.6	243.6	6.2	50	k.A.		342	6.8	50	k.A.	180	3.6
Lucy (UEB I 181/3)	39	69.8	1.8	57.6	1.5	179.9	4.6	50	k.A.		293	5.9	50	k.A.	165	3.3
Rubinstep	39	52.3	1.3	123.3	3.2	k.A.										
Ariane	39	56.2	1.4	159.4	4.1	217.2	5.7	50	274	5.5	312	6.2	50	k.A.	102	2.04
ACW 13490								50	neu veredelt		113.5	2.3	50	neu veredelt	95	1.9
ACW 3897	39	123.8	3.2	103.2	2.6	237	6.1									
ACW 3847	39	k.A.		23.4	0.6	k.A.										
ACW 3764	39	9.8	0.3	123.9	3.2	111	2.8									
ACW 3851																
Harrow Sweet																
Elliot	39	71.7	1.8	44.1	1.1	92.4	2.4									
Conférence	80	k.A.		85.7	1.1	k.A.										

2.8.2 Auswertung der Qualitätseigenschaften

Seit 2011 wurden zum Zeitpunkt der Ernte die Früchte der Sorte ‚Ladina‘ aus der Parzelle Wa 64 mit Hilfe des Pimpernelle-Analysegerätes untersucht. Die Qualitätseigenschaften Zucker- und Säuregehalt sowie die Fruchtfleischfestigkeit konnten damit erhoben werden. In diesem Jahr wurden erstmals auch die Früchte der Sorte ‚Ladina‘ aus Marcelin einer Analyse unterzogen. In der Abbildung 29 sind die Ergebnisse der drei Erntejahre 2011 bis 2013 in Wädenswil mit den Daten 2013 aus Marcelin im Vergleich mit ‚Ladina‘ aus der Parzelle Wa.84 (Prüfstufe A) dargestellt.

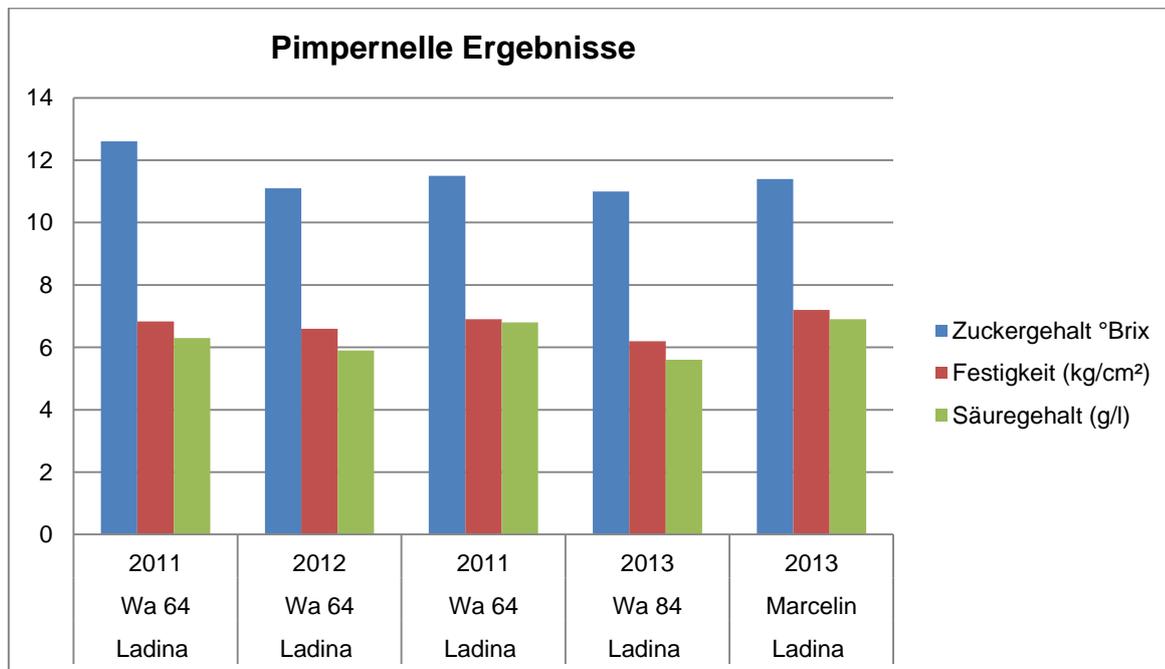


Abb.30: Ergebnisse der Pimpernelle-Analysen von ‚Ladina‘ aus Wädenswil und Marcelin

2.8.3 Birnen

Bei den Birnen sind erst Anfangserträge vorhanden und erste Eindrücke möglich. ‚ACW 3897‘ brachte bisher sehr gute Erträge welche höher sind als diejenigen von ‚Conférence‘. Im Feuerbrand-Triebtest von 2012 schnitt sie etwas schlechter ab als ‚ACW 3851‘ und ‚Elliot‘. ‚ACW 3764‘ wies noch stärkeren Triebbefall auf und kann deshalb entgegen früheren Annahmen nicht mehr als feuerbrandrobust eingestuft werden

Von der Gesamtbewertung auch aus anderen Versuchsanlagen erscheint zur Zeit die Agroscope-Züchtung ‚ACW 3851‘ (Harrow Sweet x Verdi) das grösste Marktpotential und die beste Lagerfähigkeit aufzuweisen. Sie wurde im Herbst 2013 zum Sortenschutz in der Schweiz angemeldet und stösst auch in der Praxis auf vermehrtes Interesse. Im ZUEFOS-Pilotversuch in Conthey wurde diese Neuheit bereits von Anfang an einbezogen, in Wädenswil soll diesen Winter (ca. März 2014) eine ganze Reihe gepflanzt werden.



Abb. 31: Agroscope Birnenzüchtung ‚ACW 3851‘



Abb. 32: ‚ACW 3851‘ in Göttingen als Spindel erzogen

2.8.4 ZUEFOS Birnen im CA –Lagerversuch

Autoren: Franz Gasser, Kathrin von Arx, Sanzio Rombini, Luzia Lussi, Agroscope Wädenswil

Einleitung

In der ZUEFOS Parzelle WA 79 in Wädenswil stehen die drei feuerbrandrobusten Birnenzüchtungen ‚ACW 3764‘, ‚ACW 3847‘ und ‚ACW 3897‘ mit je 40 Bäumen und die Sorte ‚Conférence‘ als Standardsorte mit 80 Bäumen. Erstes Standjahr war 2010. Uns stellte sich die Frage, sind die gezüchteten ZUEFOS Birnen lagerfähig? In den Erntejahren 2012 und 2013 erfolgte ein Tastlagerversuch mit den drei Züchtungen und der Standardsorte aus Wa 79. Dabei bestimmte man die Erntewerte Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt. Während ca. 100 Tagen, von Oktober bis Januar, lagerten die Früchte unter kontrollierter Atmosphäre (CA: 1°C, 92% Luftfeuchtigkeit, 0.8% CO₂, 2% O₂) in der Kleinlagerzelle. Nach der Auslagerung im Januar wurden die Fruchtqualitätsmessungen wiederholt. Durch Aufschneiden der Früchte konnte eine optische Qualitätsbestimmung nach der Lagerung durchgeführt werden.

Versuchsaufbau

Die Birnen mit unterschiedlichem Erntedatum wurden im Kühlraum bei 3°C gelagert. Sobald alle Sorten geerntet waren, konnten die Erntewerte Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt und wenn genügend Früchte vorhanden waren die Jodzahl bestimmt werden. Die drei ZN wurden mit ‚Conférence‘ als Referenzsorte in einer Kleinlagerzelle unter CA Bedingungen eingelagert. Jeweils im Januar wurde die Hälfte der Früchte gleich nach der Auslagerung (AL) auf ihre Fruchtqualität untersucht. Die andere Hälfte wurde eine Woche bei Raumtemperatur in Plastiktragtaschen nachgelagert (NL, Shelflife) und dann ebenfalls auf ihre Qualität untersucht. Die Qualitätsmessungen wurden – falls vorhanden – an 40 Früchten durchgeführt. Bei 20 Früchten wurden mit dem Analyseautomaten Pimpernelle Festigkeitsmessungen durchgeführt und anschliessend der Zucker- und Säuregehalt bestimmt. Die Säurewerte wurden aus zwei Batches à je 10 Früchten bestimmt. Die übrigen 20 Früchte wurden aufgeschnitten und eine optische Qualitätsbeurteilung durchgeführt. Es wurde gezählt, ob und wie viele von 20 Früchten mit Kernhausbräune, Kavernen und Kernhausfäulnis befallen waren. Die Sorte ‚Conférence‘ wurde als Referenzsorte verwendet, um spezielle Eigenheiten des Produktionsjahres, wie z.B. hohen Krankheitsdruck oder tiefe Erntewerte und Pflückzeitpunkte, feststellen zu können.

Resultate

Erntewerte

Die Zuchtnummer ‚ACW 3764‘ wies im Versuchsjahr 2012/2013 zu Beginn tiefe Festigkeits- und Zuckerwerte auf. Die ZN ‚ACW 3897‘ und ‚ACW 3847‘ hatten bei der Festigkeit leicht höhere und beim Zucker ähnliche Werte als ‚Conférence‘. ‚ACW 3897‘ fiel speziell durch hohe Säurewerte auf. Die ‚Conférence‘-Früchte besaßen am wenigsten Säure, obwohl sie am frühesten geerntet wurden. Im zweiten Versuchsjahr 2013/2014 war die Ernte später als im Vorjahr. ‚ACW 3847‘ wurde 16 Tage, am 26. September, die beiden anderen ZN 5 Tage und die Sorte ‚Conférence‘ gar 27 Tage später, am 1. Oktober 2013 geerntet. Bei den beiden ZN ‚ACW 3764‘ und ‚ACW 3897‘ lagen die Werte Festigkeit höher als bei ‚Conférence‘. Die zuerst geerntete ‚ACW 3847‘ lag sogar tiefer als die Standardsorte. Der Zuckergehalt lag bei allen vier Sorten im ähnlichen Bereich. Wie im Vorjahr war der Säurewert bei ‚ACW 3897‘ am Höchsten.

Lagerergebnisse

In beiden Versuchsjahren blieb bei ‚ACW 3764‘ die Festigkeit bis zur Auslagerung gut erhalten, nahm jedoch während der Nachlagerung sehr schnell ab. Die Zuckerwerte sind seit der Einlagerung noch gestiegen und blieben auch während dem Shelflife hoch. Auch die Säure war nach der Aus- und Nachlagerung noch genügend vorhanden. Trotz der guten Qualitätsmesswerte muss hier auf die inneren Schäden hingewiesen werden. Von aussen sahen die Früchte zwar appetitlich aus, jedoch kam nach dem Aufschneiden der Früchte der grosse Befall an Kernhausbräune/-fäule zum Vorschein (Abb.33). Vielleicht kann diese mit anderen Lagerbedingungen verhindert werden.

Tab. 10: Ergebnisse des Tastlagerversuchs aus zwei Erntejahren mit der ZN ‚ACW 3764‘

	Sorte	Festigkeit (kg/0.5cm ²)	Zucker (°Brix)	Säuregehalt (g/l)	Datum Ernte	Datum Messung	KHB %	KAV %	Lagerdauer (Tage)
Ernte 2012	ACW 3764	4.9	8.9	2.5	25.09.2012	28.09.2012			
	AL	4.8	11.5	2.4		18.01.2013	55	70	114
	NL	1.1	10.8	3.5		25.01.2013	30	85	114
Ernte 2013	ACW 3764	5.6	10.1	2.8	01.10.2013	02.10.2013			
	AL	4.6	11.9	2.2		09.01.2014	70	0	99
	NL	1.1	11.9	2.5		15.01.2014	60	0	99



Abb. 33: Bei der Auslagerung am 18. Januar 2013 sahen die Früchte ‚ACW 3764‘ ansprechend aus. Nach dem Aufschneiden wurde das hohe Schadenausmass sichtbar.

Bei der Sorte ‚ACW 3847‘ nahm die Festigkeit sowohl zwischen der Ein- und Auslagerung als auch während dem Shelflife im ersten Versuchsjahr sehr stark ab und beim Aufschneiden der Früchte war ein grosser Teil der Früchte mit Kernhausbräune und Kavernen zu sehen. Auch im zweiten Versuchsjahr nahm die Festigkeit stark ab und einige Früchte zeigten nach dem Aufschneiden Kernhausbräune (Abb. 34).

Tab. 11: Ergebnisse des Tastlagerversuchs aus zwei Erntejahren mit der ZN ‚ACW 3847‘

	Sorte	Festigkeit (kg/0.5cm ²)	Zucker (°Brix)	Säuregehalt (g/l)	Datum Ernte	Datum Messung	KHB %	KAV %	Lagerdauer (Tage)
Ernte 2012	ACW 3847	6.8	10.6	2.9	10.09.2012	28.09.2012			
	AL	4.9	10.3	1.8		18.01.2013	70	80	129
	NL	1	9.6	n.b.		25.01.2013	30	80	129
Ernte 2013	ACW 3847	4	11.5	3.1	26.09.2013	02.10.2013			
	AL	3.1	13.8	2.3		09.01.2014	30	0	104
	NL	1.5	12.9	1.7		15.01.2014	35	0	104



Abb. 34: Aufgeschnittene Früchte ‚ACW 3847‘ bei der Auslagerung am 9. Januar 2014

Die Sorte ‚ACW 3897‘ wies zum Erntezeitpunkt die höchste Festigkeit auf. Jedoch ging die Festigkeit zwischen Aus- und Nachlagerung im ersten Versuchsjahr markant zurück, und war nicht mehr besser als bei den anderen Neuzüchtungen. Im zweiten Versuchsjahr war die Abnahme der Festigkeit weniger stark und blieb die Sorte mit dem höchsten Wert. Auch der Säuregehalt war in beiden Versuchsjahren zu Beginn viel höher als bei den anderen getesteten Sorten. Dieser hat zwar durch die Lagerung abgenommen, war nach dem Shelflife jedoch immer noch viel höher als bei den übrigen Sorten.

Das Schadenausmass innerhalb der drei hier untersuchten Neuzüchtungen war im Versuchsjahr 2012/2013 bei ‚ACW 3897‘ am geringsten. Im zweiten Versuchsjahr waren die Früchte nach dem Aufschneiden einwandfrei (Abb. 35).

Tab. 12: Ergebnisse des Tastlagerversuchs aus zwei Erntejahren mit der ZN ‚ACW 3897‘

	Sorte	Festigkeit (kg/0.5cm ²)	Zucker (°Brix)	Säuregehalt (g/l)	Datum Ernte	Datum Messung	KHB %	KAV %	Lagerdauer (Tage)
Ernte 2012	ACW 3897	7.1	10.9	5.0	25.09.2012	28.09.2012			
	AL	ACW 3897	6.8	12.5		18.01.2013	10	50	114
	NL	ACW 3897	1.1	12.2		25.01.2013	5	25	114
Ernte 2013	ACW 3897	7.4	11.3	4.4	01.10.2013	02.10.2013			
	AL	ACW 3897	6.0	12.5		09.01.2014	0	50	99
	NL	ACW 3897	3.6	12.3		15.01.2014	0	0	99



Abb. 35: Die einwandfreien Früchte ‚ACW 3897‘ bei der Auslagerung im Januar 2014

Conférence (Referenz)

Die Sorte ‚Conférence‘ diente als Referenzsorte zu den Neuzüchtungen. Die Referenzsorte wird benötigt, da die Ernte nicht jedes Jahr gleich ausfällt. Ausserdem ist ‚Conférence‘ eine handelsübliche Sorte, und somit können die Neuzüchtungen gleich mit einer Sorte in Bezug gesetzt werden, welche gut verkauft wird. In beiden Versuchsjahren entstanden an den Birnen der Sorte ‚Conférence‘ keine Schäden.

Tab. 13: Ergebnisse des Tastlagerversuchs aus zwei Erntejahren mit der ZN ‚Conférence‘

	Sorte	Festigkeit (kg/0.5cm ²)	Zucker (°Brix)	Säuregehalt (g/l)	Datum Ernte	Datum Messung	Schäden %	Lagerdauer (Tage)
Ernte 2012	Conférence	6.4	10.4	1.8	03.09.2012	28.09.2012		
	AL	5.8	10.9	1.3		18.01.2013	0	136
	NL					Keine Messung		
Ernte 2013	Conférence	4.5	11.5	3.4	01.10.2013	02.10.2013		
	AL	5.7	13.2	3.0		09.01.2014	0	110
	NL	2.5	13.0	2.7		15.01.2014	0	110



Abb. 36: Die Sorte ‚Conférence‘ nach der Auslagerung im Januar 2014

Fazit

Insgesamt kann gesagt werden, dass die Lagerbedingungen für die drei Neuzüchtungen noch verbessert werden müssen. Vor allem bei den Sorten ‚ACW 3764‘ und ‚ACW 3847‘ traten sehr viele Schäden auf. Bei der ZN ‚ACW 3897‘ waren im ersten Versuchsjahr bei der Aus- und Nachlagerung ein Teil der Früchte nicht mehr geniessbar. Die Qualitätsmerkmale Festigkeit, Zucker und Säure übertrafen die Referenzsorte ‚Conférence‘ bei der Auslagerung. Im zweiten Versuchsjahr war die optische Qualität einwandfrei. Der Brix° Wert lag leicht tiefer als bei Conférence, die beiden Merkmale Festigkeit und Säure waren höher als bei der Referenzsorte. Interessant wäre, die Merkmale auch nach der Nachlagerung zu vergleichen, da bei ‚ACW 3897‘ die Festigkeit während dem Shelflife doch sehr abnahm. Bei der Sorte ‚ACW 3764‘ wäre interessant, ob das Problem der Kernhausbräune durch andere Lagerbedingungen behoben werden kann. Bei ‚ACW 3847‘ muss getestet werden, ob der hohe Anteil an faulen Früchten saisonbedingt oder ein grundsätzliches Problem war. Weitere Lagerversuche mit ‚ACW 3897‘ sind am erfolgversprechendsten, da dort das geringste Schadenausmass auftrat. Ob sich diese Schäden reduzieren lassen, müssen weitere Tests zeigen.

2.9 Praxiseinführung**2.9.1 Markteinführung**

Bei der Markteinführung setzten wir den Fokus auf die neue Agroscope-Sorte ‚Ladina‘, welche in Zusammenarbeit mit der VariCom GmbH und verschiedenen kantonalen Fachstellen für Obst in Pilotanlagen gepflanzt wurde. Neben ‚Ladina‘ zeigen auch die feuerbrandtoleranten und Vf(Rvi6)-schorfresistenten Sorten Ariane® (Herkunft Frankreich) und Opal® (Herkunft Tschechien) Marktchancen.

PRESSETEXTE zum Spatenstich ‚Ladina‘ vom 20.2.2013

Michael Weber – VariCom GmbH – mweber@varicom.ch – www.varicom.ch

Die neue feuerbrandrobuste Apfelsorte ‚Ladina‘ hat gute Chancen sich ab 2015 auf dem Schweizer Markt durchzusetzen. Der Spatenstich beim Apfelproduzenten Andi Brüllhardt in Bischofszell, Thurgau ist der Abschluss zu einer Reihe von ‚Erstpflanzungen in der Saison 2012/13 an sieben Standorten in den Kantonen Zürich, Aargau, Luzern, Thurgau und St. Gallen. Bäume der neuen, feuerbrandrobusten Apfelsorte ‚Ladina‘ werden für die Schweizer Obstbauern ab Herbst 2014 zur Verfügung stehen.

Auf Einladung von VariCom, der Schweizer Gesellschaft für das Obstsortenmarketing, trafen sich im Herbst 2010 zum ersten Mal die kantonalen Obst-Fachstellenleiter an der Forschungsanstalt Agroscope in Wädenswil, um die Äpfel zur Erntezeit am Baum zu besichtigen. Daraus ist das FORUM LADINA entstanden, das zum Ziel hat, die Markteinführung von ‚Ladina‘ in der Schweiz vom sortenechten Edelauger über die ersten Pilotanlagen unter Praxisbedingungen bis zum Detailhandel zu begleiten. Im Sommer 2011 sind in einer Baumschule auf Kosten von VariCom 1'200 Bäume der neuen Apfelsorte ‚Ladina‘ veredelt worden. Diese Bäume stellt nun VariCom den Apfelpionieren kostenlos zur Verfügung, um gemeinsam diese erste Phase der Markteinführung einzuläuten.

Der Sortenname ‚Ladina‘ ist anlässlich der Zuger Messe im Oktober 2011 als Favorit unter einer Auswahl von drei Vorschlägen von den Konsumentinnen und Konsumenten ausgewählt worden. ‚Ladina‘ ist ein weiblicher Vorname, der eine rätoromanische Form des ursprünglich lateinischen Namens Latina ist. Die aus Latium stammende Latinerin wird mit Attributen, die Herrliche, die Herzliche, die Fröhliche übersetzt.

Die neue Apfelsorte der Forschungsanstalt Agroscope ist eine Kreuzung zwischen den Sorten ‚Topaz‘ und ‚Fuji‘. Sie ist ausgewogen süß-säuerlich, saftig und hat ein ausgesprochen fruchtiges Aroma. Sie ist schorfresistent und feuerbrandrobust. Die Kreuzung zwischen ‚Topaz‘ und ‚Fuji‘ erfolgte 1999 an der Forschungsanstalt Agroscope durch das Team von Markus Kellerhals. Aus 1379 Sämlingen dieser Kreuzung ist ‚Ladina‘ als erste Sorte ausgelesen worden. Die Kreuzungskombination ‚Topaz‘ x ‚Fuji‘ erwies sich als sehr interessant. ‚Ladina‘ ist also erst 13 Jahre alt, was für eine Apfelzüchtung noch sehr jung ist. Aufgrund der Vf-Resistenz gegen die Pilzkrankheit Schorf und guter Bewertung bezüglich Wuchs und Mehltauanfälligkeit wurde die Neuzüchtung im Sämlingsstadium weiterverfolgt. 2004 konnten die ersten Früchte eines veredelten Bäumchens geerntet und beurteilt werden. Die Bewertung bei der ersten Degustation war bereits ausgezeichnet. Das knackige und saftige Fleisch sowie das besondere Aroma machten die Züchtung zu einem Sortenkandidaten.

Marketing ist das „Komprimierungsverfahren für Innovationen“. Es gilt keine Zeit zu verlieren, braucht es doch von der Identifizierung einer Selektion mit Potential bis zur Bereitstellung von sortenechtem Pflanzmaterial und ersten Rückmeldungen aus dem Verkauf von Früchten einen Zeitraum von 7 Jahren. Diese Zeit wird genutzt, um die Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen, die Standortansprüche zu klären und das Marktpotential, ob regional oder überregional, zu verstehen.

Bei einem Produktlebenszyklus, zwischen Pflanzung und Rodung, von 15 Jahren ist aus Sicht des Obstproduzenten die richtige Sortenwahl eine zentrale Entscheidung für die profitable Bewirtschaftung einer Obstanlage. „Die Wirtschaftlichkeit steht an erster Stelle. Dazu braucht es einen gesunden Baum. Er ist die vertikale Werkbank eines jeden Produzenten. Feuerbrandrobuste Apfelsorten sind ein zentrales Thema für die Zukunft im Schweizer Apfelanbau.“

Der Apfel und seine Qualität sind das Herzstück einer jeden Innovation. Neben der Produktinnovation wird jedoch, insbesondere in reifen Märkten, Innovationskraft auf noch anderer Ebene eingefordert: die effizienzsteigernde Neugestaltung von Prozess Abläufen durch weitreichende Vernetzung zwischen den Partnern entlang der Wertschöpfungskette. Eine zeitliche Abstimmung der Massnahmen, insbesondere der Kommunikation, Verfügbarkeit und Strategie ist ein Erfolgsfaktor an sich.

Die VariCom sieht sich als Bindeglied zwischen Forschung und Praxis. Zahlreiche Teilnehmer entlang der Wertschöpfungskette wie Baumschulen, Produzenten, Lagerhalter, Marketing, Vermarktung und Handel werden integriert. Dieser Prozess spiegelt sich im Konzept wieder. Bis zur Markteinführung einer neuen Apfelsorte vergehen 7 Jahre an Vorbereitungen. Diese Langfristigkeit verblüfft immer wieder Konsumentinnen und Konsumenten. Sie erstreckt sich auf weitere 14 Jahre nach Pflanzung bis die erste Generation eines Produktlebenszyklus einer frisch gepflanzten Apfelplantage abgeschlossen ist.

Umsetzung

Die Aussage von Perikles 490 v. Chr. gilt bis heute: „Es kommt nicht darauf an, die Zukunft vorherzusagen; es kommt darauf an gut vorbereitet zu sein“. Die Markteinführung der neuen feuerbrandrobusten Apfelsorte ‚Ladina‘ gibt uns Gelegenheit, Bedürfnisse und Wünsche der Menschen von heute nach Gesundheit, Nachhaltigkeit und einer umweltfreundlichen Obstproduktion, bereits heute in die Praxis umzusetzen.

2.9.2 Die neue Apfelsorte „Ladina“ aus der Sicht der Apfelmzüchtung

Entstehung der neuen, fruchtigen, feuerbrandrobusten Apfelsorte ‚Ladina‘

Markus Kellerhals, Lucie Leumann und Isabelle Baumgartner, Agroscope

‚Ladina‘ heisst die neue Apfelsorte der Forschungsanstalt Agroscope. Die Kreuzung zwischen den Sorten ‚Topaz‘ und ‚Fuji‘ ist ausgewogen süss-säuerlich, saftig und hat ein ausgesprochen fruchtiges Aroma. Sie ist schorfresistent und feuerbrandrobust.

Die Kreuzung zwischen ‚Topaz‘ und ‚Fuji‘ erfolgte 1999 an der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil durch das Team von Markus Kellerhals. Aus 1379 Sämlingen dieser Kreuzung wurde bisher ‚Ladina‘ als Sorte ausgelesen. Die Kreuzungskombination ‚Topaz‘ x ‚Fuji‘ erwies sich als sehr interessant. ‚Ladina‘ ist also erst 13 Jahre alt, was für eine Apfelmzüchtung noch sehr jung ist. Aufgrund der Resistenz gegen die Pilzkrankheit Schorf und guter Bewertung bezüglich Wuchs und Mehltauanfälligkeit wurde die Neuzüchtung im Sämlingsstadium weiterverfolgt. 2004 konnten die ersten Früchte eines veredelten Bäumchens geerntet und beurteilt werden. Die Bewertung bei der ersten Degustation war bereits ausgezeichnet. Das knackige und saftige Fleisch sowie das besondere Aroma machten die Züchtung zu einem Sortenkandidaten. Der mögliche Favorit wurde im Jahr 2007 mit drei Bäumen in die Prüfstufe A und im März 2010 mit 22 Bäumen in Prüfstufe B gepflanzt. Gesundes, virusfreies Vermehrungsmaterial steht heute zur Verfügung. ‚Ladina‘ wird auch an Versuchsstandorten in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, den Niederlanden und in Belgien geprüft.

Raschere Entwicklung dank zusätzlicher Unterstützung des Bundesamtes für Landwirtschaft

Innerhalb des vom Bundesamt für Landwirtschaft finanzierten Projektes ‚ZUEFOS‘ (Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten) wurden an vier Standorten in der Schweiz (Wädenswil, Conthey, Güttingen, Morges) Pilotanlagen mit fortgeschrittenen feuerbrandrobusten Züchtungen und Sorten von Äpfeln und Birnen gepflanzt. An allen vier Standorten wird auch ‚Ladina‘ unter praxisnahen Bedingungen auf die Anbau- und Markteignung geprüft. Die VariCom GmbH hat in Zusammenarbeit mit verschiedenen kantonalen Obstbau-Fachstellen weitere Standorte ausgewählt, an denen die Praxisausgegänglichkeit von ‚Ladina‘ noch intensiver getestet wird.

Feuerbrandtests über vier Jahre

Erstmals wurde ‚Ladina‘ 2008 in die Feuerbrand-Triebtests von Agroscope aufgenommen und überraschte mit einem geringen Befall von lediglich 25% gegenüber ‚Gala‘. Erfreulicherweise bestätigte sich diese Feuerbrandrobustheit in nachfolgenden Tests nicht nur im Sicherheitsgewächshaus (Trieb- und Blütentests) sondern 2012 auch im Freiland. Sowohl bei der Triebinfektion als auch bei den Blüteninfektion wurde ‚Ladina‘ deutlich weniger stark befallen als ‚Gala Galaxy‘. Die Neuzüchtung ‚Ladina‘ wurde 2011/12 in eine Bio-Obstanlage in der Gemeinde Richterswil gepflanzt. Dort war im Jahr 2011 sehr starker Feuerbrandbefall aufgetreten und ein Grossteil der damals bestehenden Anlage musste gerodet werden. Beobachtungen, die während des Jahres 2012 auf diesem Betrieb gemacht wurden zeigen, dass auch ‚Ladina‘ bei starkem Infektionsdruck befallen werden kann, sich der Befall aber weniger stark ausbreitet als bei anfälligen Sorten (Gala). Die robuste Sorte konnte durch Entfernen des Befalls saniert werden, die Bäume der Sorte ‚Gala‘ in derselben Parzelle mussten gerodet werden.

Anbau

Die Bäume von ‚Ladina‘ besitzen einen aufrechten Wuchs mit einer mittleren Wuchsstärke und guter Verzweigung. Sie sind gut garniert und haben gesundes Laub. Erntebeginn von ‚Ladina‘ ist rund eine Woche nach ‚Gala‘. Die neue Apfelselektion liefert gute Erträge in Wädenswil und an den Prüfstationen im Ausland. Die Pflückbarkeit ist dank einzeln hängender Früchte und mittlerer Stiellänge gut.

Fruchtqualität

An der ACW in Wädenswil wird jeweils zum Erntezeitpunkt eine Stichprobe von 15 Früchten mit dem Analyseroboter ‚Pimprenelle‘ auf Zucker- und Säuregehalt sowie Festigkeit gemessen. Der mittlere durchschnittliche Zuckergehalt liegt je nach Jahr zwischen 11° und 12.5 °Brix, was etwa dem Zuckergehalt der Muttersorte ‚Topaz‘ entspricht. Das langjährige Mittel der Säurewerte liegt bei rund 6 g/l, der Festigkeitswert wurde als Durchschnittswert von 15 Früchten zwischen 6.6 und 7.2 kg/cm² gemessen. Im Februar 2012 wurde an der Messe ‚Fruchtwelt‘ in Friedrichshafen (D) eine Degustation durchgeführt. Über 100 Messebesucher (60% Fachpersonen und 40% Konsumenten) beurteilten bei codierten Früchten Gesamteindruck, Geschmack, Knackigkeit und Aussehen und wählten ihren Favoriten. ‚Gala‘ wurde als optisch schönste Sorte beurteilt. Der Geschmack der neuen Sorte ‚Ladina‘ wurde dem von ‚Gala‘ vorgezogen. Beim Gesamteindruck wurden die beiden Sorten gleich bewertet. Als Favorit wurde ‚Ladina‘ klar häufiger gewählt als ‚Gala‘.

Lagerfähigkeit

Die Lagerfähigkeit von ‚Ladina‘ wurde bisher in Tastlagerversuchen getestet. Gewisse physiologische Störungen bei der Haut wurden beobachtet, deren Ursachen werden genauer untersucht. Im Winter 2012/2013 lief an ACW ein Exakt-Lagerversuch. Eine erste Auslagerung im Februar 2013 hat eine sehr gute Lagerfähigkeit ergeben, der Zuckergehalt stieg auf 13.5 °Brix und sowohl Festigkeit als auch Säuregehalt blieben konstant. Grundsätzlich ist ‚Ladina‘ eine Sorte, die sich für eine lange Lagerung eignet.

Steckbrief

Herkunft

Kreuzung von ‚Topaz‘ x ‚Fuji‘, 1999 durch Agroscope, CH.

Frucht

Grösse: mittelgross.
Gestalt: kugelig-stumpfkegelförmig.
Haut und Farbe: glatt, grüngelbe Grundfarbe mit 3/4 roter Deckfarbe.
Essqualität: Fleisch mittelfest mit feiner Textur, saftig, knackig mit harmonisch bis säuerlich-süßem Geschmack.
Reife: 10 - 14 Tage nach Gala



Abb. 37: ‚Ladina‘ kurz vor der Ernte im September

Ernte und Lagerung

Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	
Legende:			Erntezeit				Kühllager			CA Lager		

Baum

Wuchs:	mittel stark, mittlere Garnierung.
Krankheiten:	schorfresistent (Vf), robust gegen Feuerbrand, wenig mehltauanfällig.
Blüte:	diploid, Blütezeit mittelspät.
Befruchtung:	geeigneter Pollenspender: ‚Topaz‘.
Produktion	Früher Ertragseintritt, gute Erträge, gute Lagerfähigkeit.
Verwendung	Tafelapfel. Die Robustheit gegen Feuerbrand ist ein herausragendes Plus dieser Neuheit.

Das einzigartige Geschmackserlebnis dieser Apfelneuheit und die rote Deckfarbe bieten dem Konsumenten alles was ein Schweizer Apfel braucht.

Der natürliche Schutz vor Krankheiten erlaubt dem Schweizer Produzenten eine ökologisch orientierte, nachhaltige Apfelproduktion.

2.10 Degustationen

Die sensorische Bewertung von Lebensmitteln, in unserem Fall von Tafeläpfeln ist eine anspruchsvolle und komplexe Aufgabe. In der Apfelzüchtung von Agroscope sind es in den ersten Prüfstufen die Mitarbeitenden des Züchtungsteams welche wichtige Eigenschaften bewerten: In der Prüfstufe 1 sind es Textur (Fleischbeschaffenheit), Saftigkeit und Geschmack sowie ein Gesamturteil zur Frucht. Bei aussichtreichen Neuzüchtungen der höheren Prüfstufen wird das Spektrum der Bewertenden und der Bewertungen breiter und die Kriterien feiner. Wichtig ist der Schritt in die Fachgremien wie die Fachkommission für Obstsortenprüfung, die deutsche Fachkommission Kernobst. Oft erfolgt parallel dazu auch der Schritt in die Öffentlichkeit mit Degustationen.

Agroscope Tag der offenen Tür 2013

An den Tagen der offenen Tür vom 7./8. Juni 2013 in Wädenswil hatte das Publikum die Gelegenheit unsere neuen Apfelzüchtungen und Sorten zu degustieren und ihr Urteil darüber abzugeben. Am Freitag besuchten die Schüler aus Wädenswil den Anlass und verglichen die drei Sorten ‚Ladina‘, ‚CH101-Galiwa®‘ und ‚Gala‘ mittels Blindverkostung. Dabei bevorzugten die Schüler die beiden ACW- Sorten ‚Ladina‘ und ‚CH101-Galiwa®‘ der Sorte ‚Gala‘. Als Favorit wurde ‚Ladina‘ mit 46 vor ‚CH101-Galiwa®‘ mit 39 Nennungen gewählt. Insgesamt nahmen an der Umfrage 117 Schüler teil.

Die Erwachsenen verglichen die drei Sorten ebenfalls codiert. Die Kriterien Gesamteindruck, Geschmack, Knackigkeit und Aussehen wurden auf einer Skala von 1 (sehr ungern) bis 9 (sehr gern) bewertet. ‚Ladina‘ wurde leicht vor ‚CH101-Galiwa®‘ und klar vor ‚Gala‘ als gern bewertet. An der Umfrage beteiligten sich 79 Konsumenten.

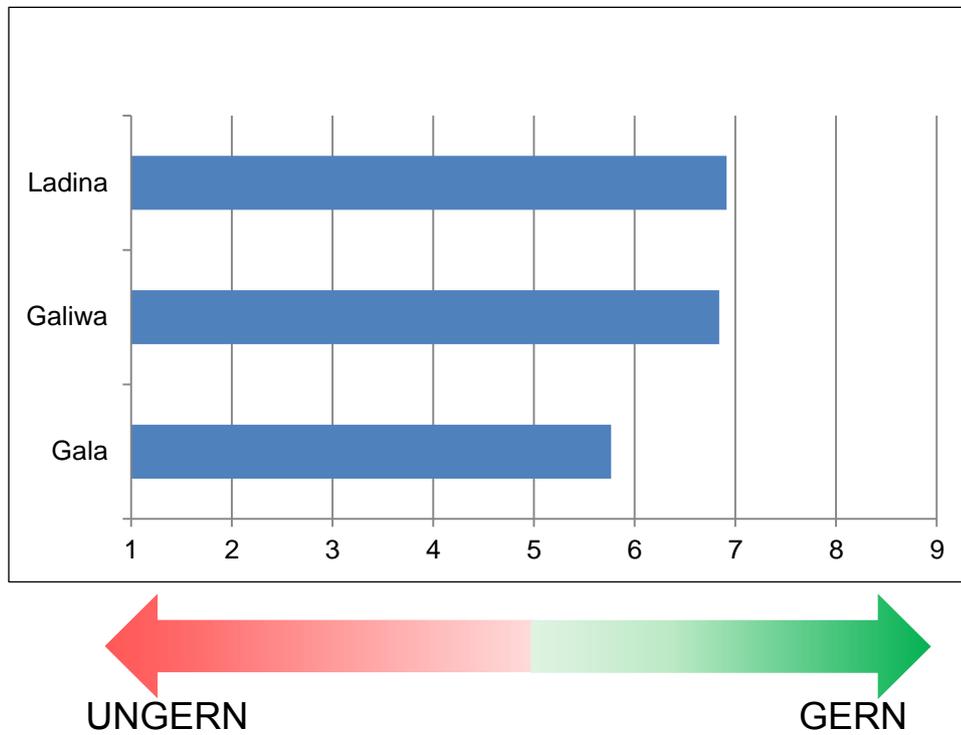


Abb. 38: die Beliebtheit der Apfelsorten aus der Blinddegustation bei 79 Erwachsenen am Agroscope Tag Off 2013

Eine weitere Befragung beim Publikum, wobei die drei Sorten mit dem Namen bezeichnet degustiert wurden, ergab ein ähnliches Ergebnis. Als beliebteste Sorte wurde ‚Ladina‘ mit 86, ‚CH101-Galiwa®‘ mit 44 und ‚Gala‘ mit zehn Nennungen als Favorit gewählt. Auch interessierte uns, was die Konsumenten besonders an ihrer Nummer eins mögen. Bei ‚Ladina‘ wurde die Eigenschaft Säure bevorzugt, bei ‚CH101-Galiwa®‘ war die Süsse die bevorzugte Eigenschaft (Abb. 39).

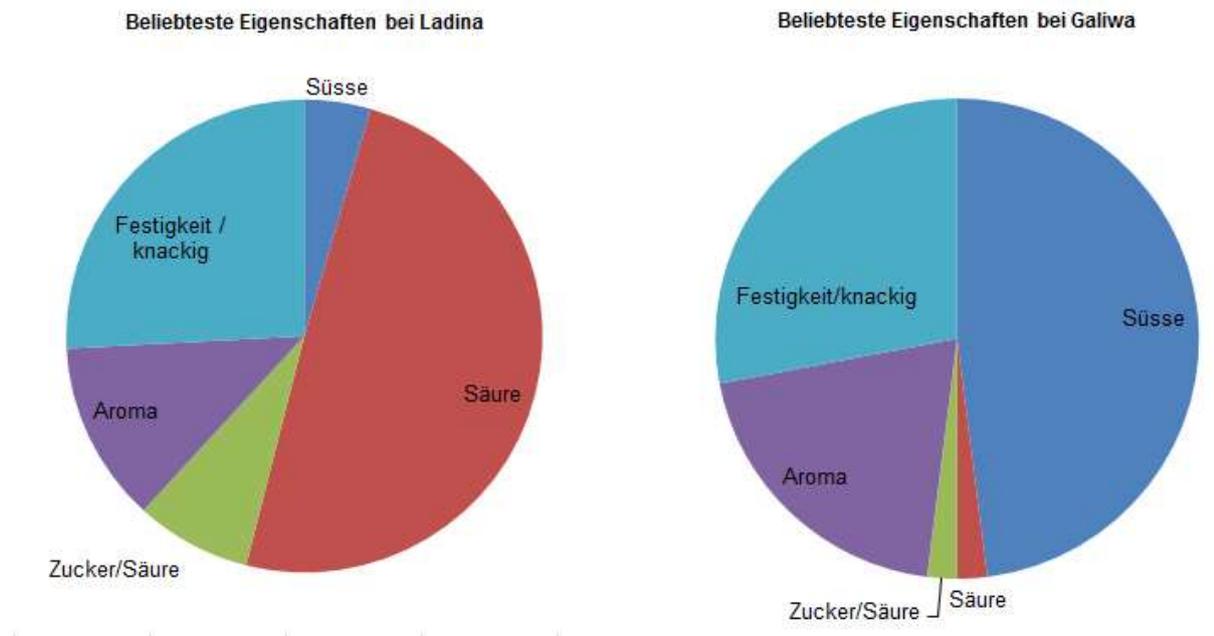


Abb. 39: Die Frage „Was gefällt ihnen besonders an ihrer gewählten Nummer eins?“ wurde differenziert beantwortet (Tag der offenen Tür Agroscope, 7. und 8.6.2013).

Comptoir Suisse, Lausanne

In Zusammenarbeit mit Cyrielle Coutant von der Union Fruitière Lémanique wurde anlässlich des „Comptoir Suisse“ in Lausanne, vom 16. bis 18. September 2013 eine Apfeldegustation mit einer Publikumsbefragung durchgeführt. Dabei konnten die 80 Teilnehmenden die Essqualität und das Aussehen der Sorten ‚Ladina‘ und ‚Gala‘ beurteilen. Die beiden Kriterien waren auf einer Skala von 1 (ausserordentlich schlecht) bis 9 (ausserordentlich gut) zu bewerten. Sowohl bei der Essqualität wie auch beim Aussehen gefiel dem Publikum die Sorte ‚Gala‘ besser als die Sorte ‚Ladina‘. Die Erntezeit von ‚Ladina‘ ist Mitte bis Ende September, 10 bis 14 Tage nach ‚Gala‘. Im Jahr 2013 war die Erntezeit für Kernobst um ca. zwei Wochen später als im Durchschnitt vergangener Jahre. Die verwendeten Früchte der Sorte ‚Ladina‘ wurden für diesen Anlass in Marcelin aus der ZUEFOS Parzelle geerntet und waren erst knapp reif. Dies dürfte der Grund sein für das vergleichen mit ‚Gala‘ etwas weniger gute Abschneiden von ‚Ladina‘.

Tag der offenen Tür Marcelin (Morges)

Am 1. und 2. November 2013 fanden an der landwirtschaftlichen Schule in Marcelin in Morges Tage der offenen Tür statt. Organisiert durch Cyrielle Coutant, Leiterin der Union Fruitière Lémanique, der Obstproduzentenorganisation am Genfersee, fanden am Freitag Präsentationen und Degustationen für Kindergartenkinder sowie Schulklassen (Primarschulen und Gymnasium) statt. Agroscope war durch einen Stand der Apfelzüchtung vertreten, betreut von Simone Schütz und Markus Kellerhals. Zu degustieren und bewerten gab es die neuen Agroscope-Sorten ‚Ladina‘, ‚CH101-Galiwa®‘ sowie die schon bekannten Milwa (Diwa®) und La Flamboyante (Mairac®). Ergänzt wurde die Degustation durch Informationen zur Züchtung neuer Apfelsorten. Am Freitag bewerteten 55 Schüler und sechs Lehrpersonen die Sorten ‚Ladina‘, ‚CH101-Galiwa®‘ und ‚La Flamboyante-Mairac®‘. Die Fragen „Wie gefällt ihnen dieser Apfel?“ und „Wie ist der Gesamteindruck dieses Apfels?“ beantworteten sie auf einer Skala von 1 (sehr ungerne) bis 9 (sehr gerne). Alle Sorten erreichten eine sehr hohe Wertung. Beim Aussehen lag ‚CH101-Galiwa®‘ knapp vor ‚Ladina‘ und ‚La Flamboyante-Mairac®‘ beim Gesamteindruck erreichte ebenfalls ‚CH101-Galiwa®‘ die beste Bewertung, dicht gefolgt von ‚Ladina‘.

Am Samstag verglichen 42 Besucher die beiden ACW Sorten ‚Ladina‘ und ‚CH101-Galiwa®‘ mit der französischen Sorte ‚Ariane‘. Auf der Skala eins bis neun wurde die Sorte ‚CH101-Galiwa®‘ beim Aussehen, nach der Degustation wurde der Gesamteindruck von ‚Ladina‘ am besten bewertet.



Abb. 40: Agroscope präsentierte sich am Tag der offenen Tür in Wädenswil (oben) und Marcelin (unten) mit erfolgreichen Züchtungen und neuen Sorten

3 Molekulare Selektion und Genomik WP2

3.1 Molekulare Selektion

Ziel von Task 2.1 war die Kartierung von zwei Feuerbrandresistenzen in Selektionen bzw. Sorten mit guten Fruchteigenschaften. Die Arbeit erfolgt im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen ‚ZUEFOS II‘ und dem von siebten Framework Programme FP7 finanzierten EU Projekt ‚FruitBreedomics‘ (siehe www.fruitbreedomics.com). Im Januar 2012 wurde entschieden, die Resistenz der INRA-Angers-Selektion X6398 und der Sorte Enterprise zu untersuchen. FruitBreedomics plante die Genotypisierung ihres Pflanzenmaterials mit einem Illumina Infinium RosBreed Apple Chip mit 9'000 SNP (single nucleotide polymorphism). Ein SNP Chip erlaubt die Genotypisierung eines Organismus mit tausenden von SNP Markern innerhalb weniger (3) Tage (für mehr Details siehe:

http://res.illumina.com/documents/products/workflows/workflow_infinium_ii.pdf). Es stellte sich heraus, dass dieser Chip für die vorhergesehene FruitBreedomics Arbeit nicht geeignet war. So hat FruitBreedomics einen neuen Chip mit 20'000 SNP (20k Chip) entwickelt. Der neue Chip war erst im Frühjahr 2013 bereit, so dass die Genotypisierung des FruitBreedomics Pflanzenmaterials bis im Sommer erfolgte. Die Vorbereitung der genetischen Daten, die zusammen mit den 2012 produzierten phänotypischen Daten (siehe Zwischenbericht) für die QTL Kartierung nötig sind, wird erst jetzt abgeschlossen. Deshalb kann die Kartierung der Feuerbrandresistenz in der Kreuzung ‚X6398‘ x ‚X6683‘ (Material von FruitBreedomics) mit Pedigree Based Approach (PBA) voraussichtlich nicht im Rahmen von ZUEFOS II abgeschlossen werden aber sie ist im Gange. PBA ist eine Methode, welche die Kartierung von Merkmalen in Züchtungsmaterial erlaubt. Dabei macht man sich die genetische Struktur des Züchtungsmaterials über mehrere Generationen (Stammbäume) zunutze.



Abb. 41: Pflanzen (ca. 900!) der ‚Gala‘ x ‚Enterprise‘-Kreuzung inokuliert mit *E. amylovora* (Frühsommer 2013)

Im FruitBreedomics Pflanzenmaterial fehlte eine Population mit der Sorte ‚Enterprise‘, dem Träger der zweiten ausgewählten Feuerbrandresistenz, die in Rahmen von ZUEFOSII zu untersuchen ist. Wegen der sich abzeichnenden Verspätung in der Entwicklung des 20k Chip wurde eine klassische QTL Kartierung gegenüber einer mit PBA bevorzugt. Diesen Strategiewechsel erlaubte eine von FruitBreedomics unabhängige Kartierung der Resistenz von ‚Enterprise‘. Die Nachkommen der Agroscope Kreuzung ‚Gala‘ x ‚Enterprise‘ wurden mit dem 20k Chip genotypisiert und mit *E. amylovora* mit Hilfe einer Nadelspritze inokuliert (8 Pflanzen pro Genotyp, (Abb. 41). Die Resultate der

Inokulation (Abb. 42) zeigen keine bimodale Verteilung der Daten, die ein Zeichen der Segregation von einem Haupt-Resistenzgen in der Population gewesen wäre. Die Daten sind im Gegenteil kontinuierlich verteilt. Die sehr starke Robustheit von ‚Enterprise‘ basiert also auf mehreren QTLs.

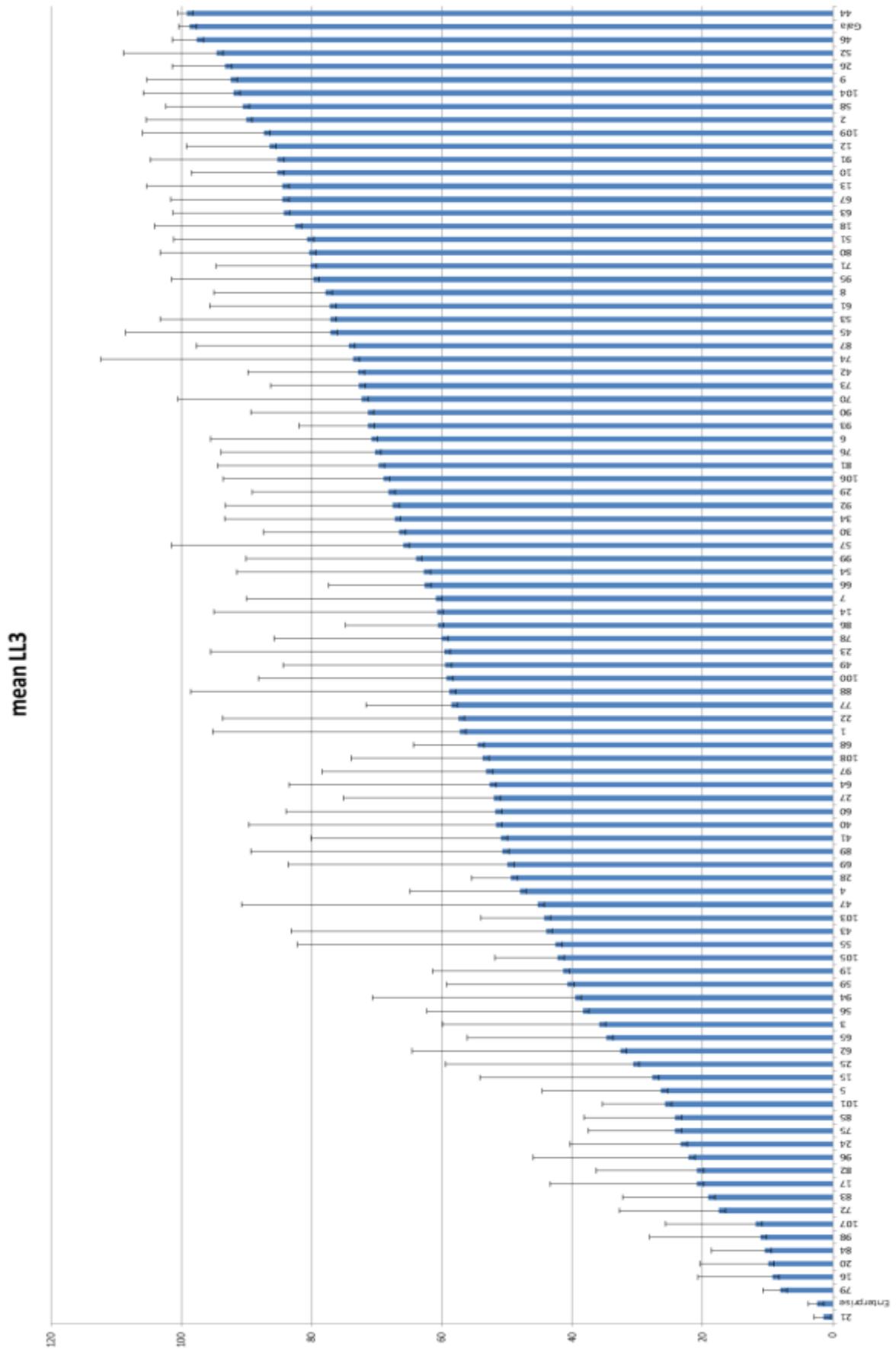


Abb. 42: Prozentuale Läsionslänge (PLL) und Standardabweichung 3 Wochen nach Inokulation mit *E. amylovora* bei der Nachkommenschaft ‚Gala‘ x ‚Enterprise‘

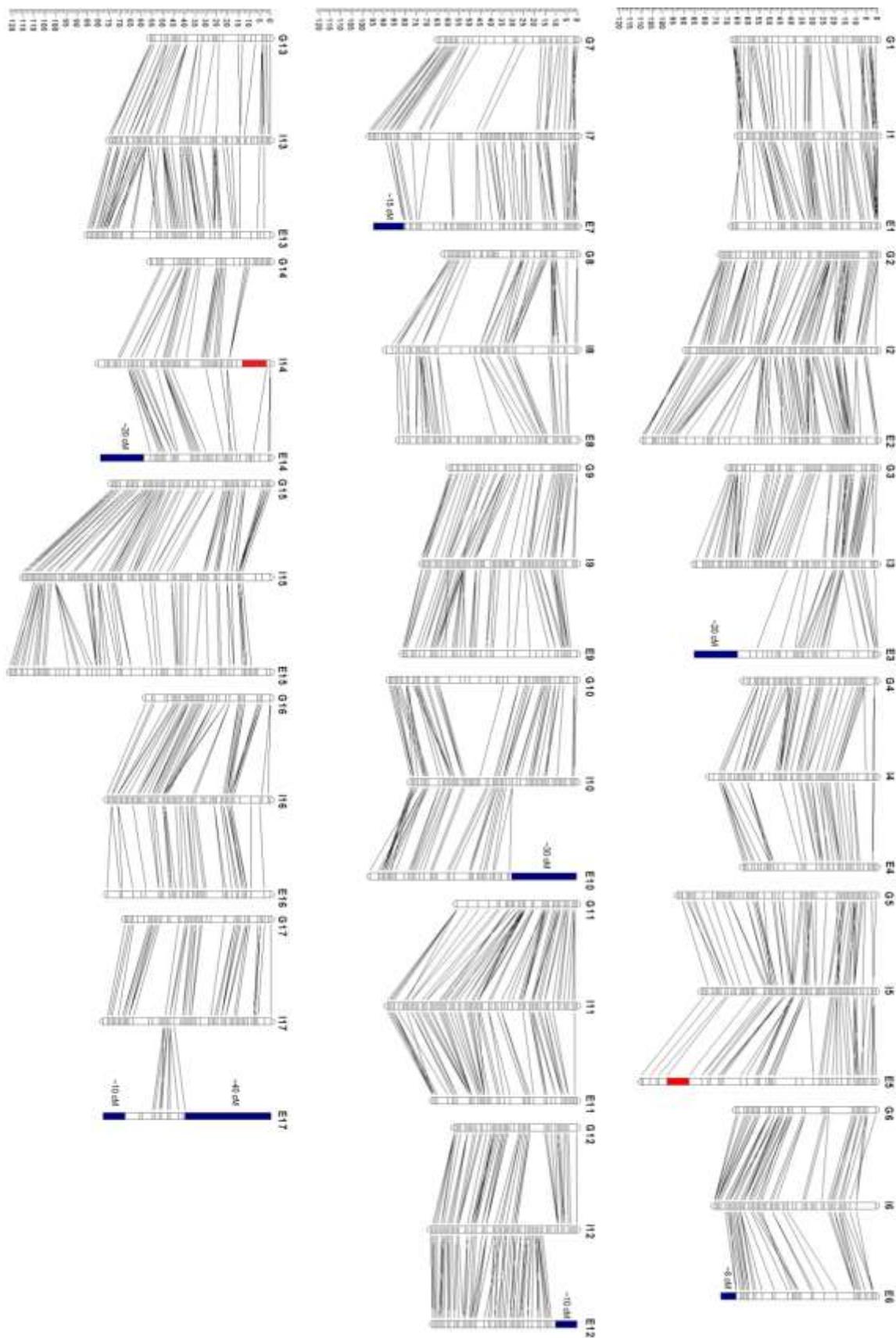
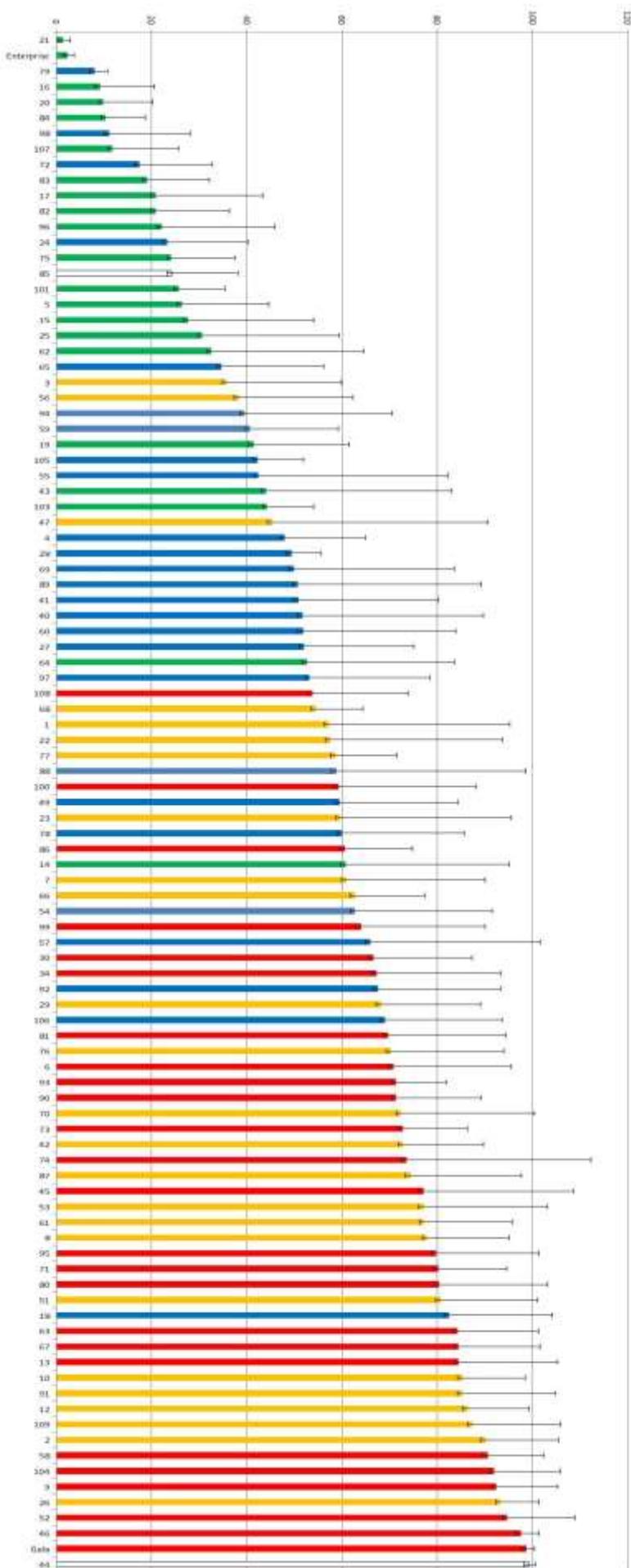


Abb. 43: Gentische Karten von ‚Gala‘ (G) und ‚Enterprise‘ (E) verglichen mit der integrierten (I) Karte. Die integrierte Karte entstand durch die Integration der genetischen Karten von drei FruitBreedomics Populationen. Diese Art von integrierten (genetischen) Karten können für die Überprüfung von anderen genetischen Karten benutzt werden. Rot: Regionen grösser als 10cM ohne Marker (zwischen zwei Markern); Blau: Regionen an den Extremitäten der linkage group.



Durchschnittliche PLL3
mean LL3

Abb. 45: Vergleich von Resistenzniveau (PLL3) und Allel-Kombination von 2 Markern, welche mit den QTLs auf LG7 (GD_01516_L7_PA) und 13 (F_0191439_L13_PA) gekoppelt sind. Grün = 2 „gute Allele; Blau = „gutes“ Allel von QTL auf LG7 und „schlechtes“ von LG13; Orange = „schlechtes“ Allel von QTL auf LG7 und „gutes“ von LG13; Rot: 2 „schlechte“ Allele; Weiss: „gute“ Allele von QTL auf LG7 und „keine Information“ für LG13.

Die Daten der Untersuchung der Nachkommen der Population mit dem 20k Chip ermöglichten die Berechnung der genetischen Karten von ‚Gala‘ und ‚Enterprise‘ (Abb. 43). Die Karte von ‚Gala‘ besteht aus 1897 SNP Markern für eine gesamte Länge von 912.6cM. Die durchschnittliche Markerdichte ist 1 SNP Marker jede 0.59cM, und der grösste Abstand zwischen zwei Markern ist 7.9cM in der Kopplungsgruppe (linkage group LG) 6. Die Karte von ‚Enterprise‘ besteht aus 1626 SNP Markern für eine gesamte Länge von 1285.7cM. Die durchschnittliche Markerdichte ist 1 SNP Marker alle 0.79cM und der grösste Abstand zwischen zwei Markern ist 10.04 cM im LG 5. Acht Regionen verteilt auf 7 linkage groups scheinen homozygot zu sein, da dort kein Marker kartiert werden konnte. Vier Regionen sind grösser als 20 cM (LG3, 10, 14; und 17); drei andere Regionen liegen zwischen 8 und 15 cM (LG6, LG7, 12, und LG17). Da ‚Enterprise‘ das Produkt einer Geschwister-Kreuzung ist, war dieses Resultat zu erwarten.

Das QTL mapping erlaubte die Identifikation von zwei QTLs (Tabelle 14, Abb. 44): ein Major-QTL auf der LG7 und ein Minor-QTL auf LG13. Obwohl das QTL auf LG13 (*FB_E13*) knapp über der Schwelle der Signifikanz ist, ist sein Effekt sehr gross (Tabelle 15). Wie gross dieser Effekt ist, wird ersichtlich, wenn man die Nachkommen der Population nach der Kombination der „guten“ und „schlechten“ Allele der zwei informativsten Marker näher am QTL Peak unterteilt. Pflanzen die für beide Marker das „schlechte“ Allel geerbt haben, zeigen ein PLL3 von ca. 76%, während die Pflanzen die nur das „gute“ Allel des QTL auf dem LG7 besitzen, ein PLL3 von 47% zeigen (Reduktion um ca. 30% von PLL3). Betrachtet man auch das QTL auf LG13, zeigen die Pflanzen, die für beide QTLs die „guten“ Allele aufweisen, eine weitere Senkung des PLL3 auf ca. 30%. Das entspricht einer weiteren Verbesserung des PLL3 von ca. 30%. In Abbildung 45 ist ersichtlich, wie nützlich das Minor-QTL von LG13 ist. Selektiert man die Pflanzen nur für das Vorhandensein des „gutes“ Allels von LG7 (grüne und blaue Pflanzen), würde man viele Pflanzen mit einem PLL höher als 50 auswählen. Selektiert man dagegen die Pflanzen, welche die „guten“ Allele der 2 QTLs (blaue Pflanzen) besitzen, identifiziert man (mit wenige Ausnahmen) die Pflanzen der Population die am resistentesten sind. Da es aber Pflanzen gibt, die sehr resistent sind, die das „gute“ Allel von LG7 besitzen aber nicht das „gute“ Allel von LG13, muss es andere unentdeckte QTLs geben, die mit dem QTL von LG7 synergistisch interagieren.

Ein QTL für Feuerbrandresistenz auf LG7 wurde in ‚Fiesta‘ gefunden (*FBF7*), dessen Quelle die Sorte ‚Cox Orange‘ darstellt (Calenge et al. 2005, Khan et al. 2006). Für diesen QTL existieren zwei SCAR Marker, die das QTL *FBF7* von Fiesta flankieren (Khan et al. 2007). Da die zwei Marker von Enterprise und nicht von Gala amplifiziert werden können, wurden sie in der Kreuzung ‚Gala‘ x ‚Enterprise‘ kartiert. Die zwei Marker flankieren auch das QTL auf der LG7 von ‚Enterprise‘. Deshalb ist es naheliegend, dass es sich um den gleichen QTL handeln könnte. Da aber ‚Cox Orange‘ nicht im Pedigree von ‚Enterprise‘ ist, wurde mit dieser Studie eine neue „Quelle“ des QTL *FBF7* gefunden. Welche Genotypen des Pedigrees von Enterprise das *FBF7* QTL tragen ist noch nicht untersucht worden. Die Analyse wird stattfinden, sobald die genetischen Daten von FruitBreedomics zur Verfügung stehen werden.

Fazit

Aus der Studie der Feuerbrandresistenz von ‚Enterprise‘ wurde viel gelernt:

- Eine neue Quelle des *FBF7* QTL wurde gefunden
- Der Effekt dieses QTL kann erhöht werden mit dem Minor QTL *FB_E13*
- Die hohe Feuerbrandresistenz von ‚Enterprise‘ basiert auf der Summe der QTLs von *FBF7*, *FB_E13* und anderen unentdeckten Minor-QTLs.
- Da einige andere Minor-QTLs bekannt sind (z.B. *FB-Fl010*, Le Roux et al., 2010), können diese zusammen mit *FBF7*, *Fb_E13* in der Apfelzüchtung pyramidiert werden. Damit liessen sich qualitativ gute Sorten entwickeln, welche eine gute und dauerhafte Feuerbrandresistenz aufweisen sollten.

Tab. 14: Signifikante QTLs identifiziert mit „interval“ und „restricted“ QTL mapping in der Kreuzung ‚Gala‘ x ‚Enterprise‘

QTL	Linkage group	Genome-Wide LOD threshold	Peak (cM)	1-LOD threshold (cM)	2-LOD threshold (cM)	Nearest Marker	KW value	LOD	PVE (%)
FB_7	7	3.10	72.53	68.5-74.6	67.5-78.2	GD_01516_L7_PA	0.0001	13.82	47.20
FB_13	13	3.10	68.98	36.5-78.6	18.4-84.6	GD_02333_L13_PA	0.001	3.27	8.00

Tab. 15: Einfluss (PLL3) der Kombination der „guten“ und „schlechten“ Allele der zwei informativsten Marker in der Nähe der zwei QTL Peaks. Marker GD_01516_L7_PA liegt nahe an QTL Peak auf LG7, Marker F_0191439_L13_PA liegt nahe an QTL Peak auf LG13. Zahlen in Klammer zeigen der Anzahl Pflanzen in der jeweiligen Gruppe; unterschiedlichen Buchstaben zeigen Gruppen mit statistisch unterschiedlichen PLL3.

		F_0191439_L13_PA	
		1	0
GD_01516_L7_PA	1	30.26C (21)	47.85B (26)
	0	67.46A (26)	76.65A (24)

3.2 Einfluss von *Malus x robusta 5* und 'Evereste' Kandidatengen auf die Resistenz gegen Feuerbrand (*Erwinia amylovora*) beim Apfel

(T. Kost, G. Brogini, C. Gessler, ETH)

Feuerbrandresistenz wurde in den Genotypen *Malus x robusta 5* und 'Evereste' identifiziert. Die genaue genetische Kartierung erfolgte im Rahmen der Dissertation von Johannes Fahrentrapp im Projekt ZUEFOS anhand grosser Nachkommenspopulationen (über 2000 Individuen). Die Sequenzierung der Genomstellen der Resistenz erlaubte die Identifizierung von einem einzigen Resistenzgenkandidat in *Malus x robusta 5* (*FB_MR5*) und von mehreren Kandidaten in 'Evereste', deren Funktion im Projekt ZUEFOS II nachgewiesen werden sollte. Die Funktionalität der Kandidatengene wurde durch Komplementationsexperimente analysiert, indem in die anfällige Sorte 'Gala' das jeweilige Resistenz-Kandidatengen eingebaut wurde und diese genetisch veränderten 'Gala'-Linien auf Feuerbrandanfälligkeit getestet wurden. Es zeigte sich, dass das *FB_MR5* allein genügt, um eine Feuerbrandresistenz zu bewirken. Der Einbau von zwei putativen 'Evereste'-Resistenzgenkandidaten führte hingegen nicht zu erhöhter Resistenz gegenüber Feuerbrand. Die GV-Pflanzen waren transgener Art, d.h. sie enthielten noch Selektionsgene von Bakterien. Es wurde versucht, eine cisgene Linie von 'Gala' mit dem *FB_MR5* Gen herzustellen, wobei bis zum Schluss dieses Projektes noch keine solche cisgene Linie produziert werden konnte. Um die Abwehrreaktion zu verstehen, die spezifisch durch *FB_MR5* aktiviert wird, als Reaktion auf eine Inokulation mit dem Feuerbranderreger, wurde eine Gesamttranskriptomanalyse durchgeführt. Dabei kann festgestellt werden, welche Gene bei der Abwehr des Feuerbrandes gezielt aktiviert werden. Im Detail wurde RNA-Proben aus Apfelblättern von 'Gala' extrahiert und mit den transgenen 'Gala' Linien mit *FB_MR5* zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Inokulation mit Feuerbrand verglichen. Sequenzen welche in unterschiedlicher Menge vorhanden (quantitative Differenzen) sind, werden mittels spezifischer Datenbanken Genen zugeordnet. Diese Gene haben somit eine Rolle in der Abwehrkette, die durch das Erkennen des Pathogens durch *FB_MR5* in Gang gesetzt wird.

Ausgangslage

Feuerbrand bei Apfel und Birne und seine Bekämpfung ist zurzeit Gegenstand von Beratung bis Grundlagenforschung. Genetische Resistenz der Pflanze ist anerkannterweise die kostgünstigste und umweltfreundlichste Bekämpfungsart. Die klassische Züchtung erreichte erste erfolgreiche Schritte. Die Dauerhaftigkeit der Resistenz ist zentral in der Züchtung und beim Anbau resistenter Sorten. Genetisch bedingte Resistenz der Pflanze gegen ein Pathogen kann sehr spezifisch sein und von einzelnen Pathotypen durchbrochen werden. Diese Pathotypen treten meistens erst nach mehrjährigem und grossflächigem Anbau der resistenten Sorte auf. Früherkennung, dass eine verwendete Resistenz durchbrechbar ist, erlaubt es, geeignete Massnahmen zu ergreifen, um die Resistenz genügend lang zu erhalten. Ziel dieses Projektteils war die Interaktion zwischen dem Resistenzgen(e)produkt und dem Pathogen zu verstehen. Wie kommunizieren die zwei Organismen (Erkennung und Einleiten der Abwehr, konstitutive Abwehr), kann das Pathogen mutieren, sodass die Abwehr (Erkennung) umgangen wird, bringt das Fitness-Nachteile oder ist es neutral. Da beim Apfel keine „Near isogenic lines“ (Linien, die sich genetisch fast nur durch das Vorhandensein der Resistenz unterscheiden) durch Rückkreuzung produziert werden können, wählten wir den Einbau des Resistenzgens in eine feuerbrandanfällige Sorte als Methode, sodass ausser der Resistenz das Genom unverändert bleibt (gleicher genetischer Hintergrund). Zum Vergleich wird dann das gesamte Transkriptom (die gesamte Übersetzung der Gene in RNA) sequenziert und quantitativ der Ausdruck aller Gene bestimmt. Vergleiche zwischen dem Transkriptom von Blättern der Sorte 'Gala' und den GV-'Gala' Linien (Genetisch veränderten durch Beifügen des Feuerbrandresistenzgens) führt dann zu den erwünschten Antworten.

Resultate

Testen der Funktionalität von *FB_MR5*

Kontrollsequenzen (Promoter und Terminator) sind Elemente, welche die Expression eines Gens regeln. Wir haben einerseits den bekannten CaMV35S (viralen Ursprungs) als starken konstitutiven Promoter und den OCS Terminator verwendet, andererseits die natürlichen Promoter- und Terminator-Sequenzen des *FB_MR5* Gens. Diese Konstrukte wurden in Zellen der Sorte ‚Gala‘ eingebaut und daraus wieder ganze Pflanzen regeneriert. Sobald diese GV-‚Gala‘-Pflanzen eine Trieblänge von 15-20 cm erreichten wurden sie mit Feuerbrandbakterien (Stamm Ea222_JKI) inokuliert. Die Resultate zeigen, dass die Pflanzen mit dem Resistenzgen gegen Feuerbrand zu jedem erhobenen Zeitpunkt eindeutig weniger Symptome aufweisen im Vergleich zu ‚Gala‘-Kontroll-Pflanzen ohne Resistenzgen. Bei den „normalen“ ‚Gala‘-Pflanzen dehnte sich die Krankheit kontinuierlich aus bis zum Tod der Pflanzen nach 3-4 Wochen. Erstaunlicherweise wiesen sämtliche transgenen Pflanzen, unabhängig von ihren oben erwähnten Promotoren, eine ähnlich ausgeprägte Feuerbrand-Resistenz auf. Das Experiment wurde am JKI-Dresden mit einem anderen *E. amylovora* Stamm wiederholt und führte zu vergleichbaren Resultaten. Eine entsprechende Publikation ist bereit entworfen und wird noch vor Ende 2013 eingereicht.

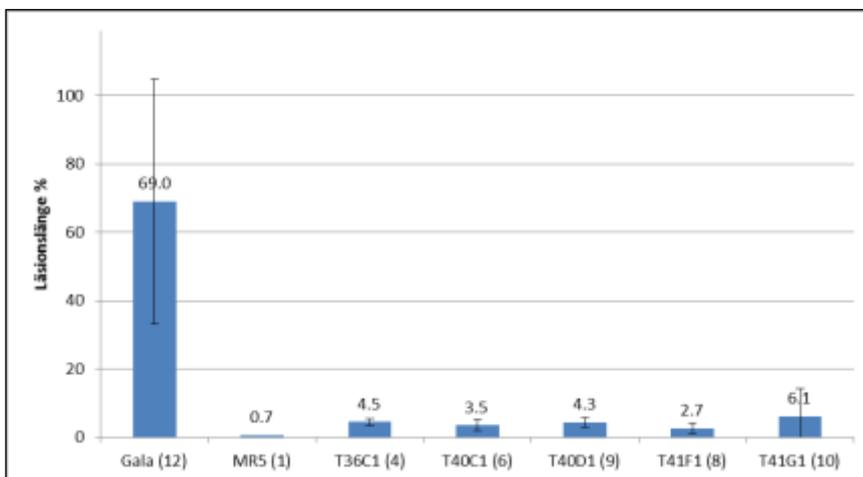


Abb. 46: Läsionslänge (% der Gesamtrieblänge) 28 Tage nach Blatt-Schnittinokulationen mit *E. amylovora* Ea222_JKI mit Standardabweichung. Die Zahlen in Klammer geben die Anzahl inokulierte Triebe an (MR5= *Malus x robusta* 5, resistente Kontrolle). In Linien T40C1 und T40D1 war *FB_MR5* unter Kontrolle des CaMV35S Promoter, in alle anderen Linien war es unter Kontrolle des natürlichen Promoters.

Testen der Funktionalität von Resistenzgen-Kandidaten aus 'Evereste'

Parallel zu den oben erwähnten Pflanzen wurden auch Konstrukte mit den Kandidatengen *MdE-EaK7* und *MdE-EaN* getestet, welche in der Dissertation von Gabriella Parravicini (COST Projekt 2007) identifiziert wurden. Das Vorgehen um die phänotypische Resistenz nachzuweisen war identisch mit der



oben beschriebenen Methode, ausser dass zur Inokulation der Stamm CFBP1430 anstelle von Ea222 verwendet wurde. Die Resultate weisen drauf hin, dass das alleinige Einsetzen dieser putativen Resistenzgene zu keiner Zunahme der Feuerbrandresistenz führt im Vergleich zu ‚Gala‘-Kontroll-Pflanzen.

Abb. 47: Apfeltriebe der Sorte ‚Gala‘ (links), *Malus x robusta* 5 und 5 GV-‚Gala‘ Linien, (T36C1 - T41G1) mit dem Gen *FB-MR5* 39 Tage nach Inokulation mit *Erwinia amylovora* Ea222_JKI (Ausgewählte Triebe von Experiment Abb. 46).

Erzeugung cisgenetischer ‚Gala‘-Linien mit Gen *FB_MR5*

Erste Transformationen mittels *Agrobacterium tumefaciens* für die Entwicklung cisgenetischer Apfelpflanzen mit dem *FB_MR5*-Resistenzgen zeigten bereits erste Teilerfolge. Ähnlich zu der Methode, die bereits zur Entwicklung von cisgenen schorfresistenten ‚Gala‘ Linien verwendet wurde, wurde auch in diesem Fall ein Transformationsvektor benutzt, der theoretisch die Entfernung der unerwünschten Selektionsmarker nach erfolgter Integration im Genom ermöglicht (Abb. 48). Der Vektor wurde von Mitarbeitern des Julius Kühn Instituts (JKI), Deutschland, entworfen und sollte eine nicht patentierte Alternative zu den bestehenden Vektoren darstellen. 39 Linien wurden bereits erzeugt. Keine dieser Linien war eine cisgene ‚Gala‘ Linie, da die Effizienz des Herausschneidens der unerwünschten Selektionsmarker zu gering war. Über hundert Weitere werden noch im Laufe des nächsten Jahres untersucht.

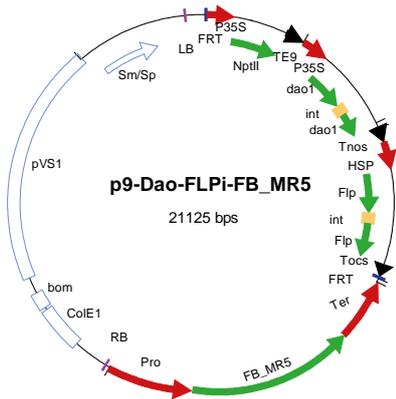


Abb. 48: Karte des Vektors p9-Dao-FLPi-FB_MR5 zur Herstellung von cisgenen feuerbrandresistenten Linien der Sorte ‚Gala‘

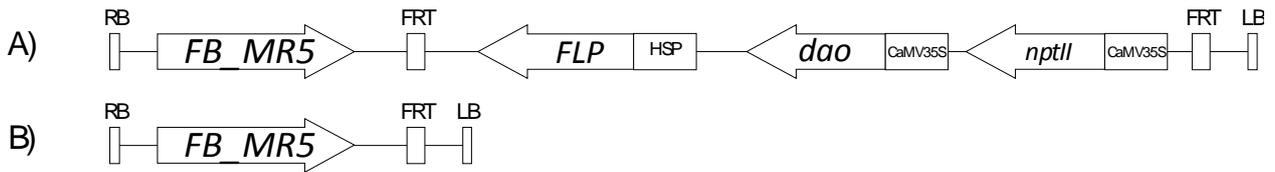


Abb. 49: Schematische Struktur des T-DNA des p9-Dao-FLPi-FB_MR5 vor (A) und nach (B) dem hitzeinduzierten Ausschneiden von den Transgenen (*FLP*, *dao* und *nptII*). Vor der Ausschneiden sind die Genotypen noch „transgen“, jedoch nach dem Ausschneiden sollten diese mit der Definition von „cisgen“ übereinstimmen.

Transkriptom Analyse

Im Sicherheitsgewächshaus des JKI in Quedlinburg wurden Apfelblätter der anfälligen Sorte ‚Gala‘ sowie einer transgenen *FB_MR5* feuerbrandresistenten Linie dreimal innerhalb von 24 Stunden nach Inokulation mit *E. amylovora* EA222_JKI oder entsprechendem Kontrollverfahren mit PBS-Puffer (Schereninokulation oder nach Vakuuminfiltration (Abb. 50)geerntet. Die Vakuuminfiltrationsmethode wurde von der INRA Angers, Frankreich, übernommen und ermöglicht die homogene und zeitgleiche Inokulation der Wirtszellen des ganzen Blatts mit dem Pathogen, im Gegensatz zum Schereninokulation mit einer wandernden Kontakt-Front.

Von diesen Blättern wurde RNA (mindestens drei biologischen Wiederholungen zu jedem Zeitpunkt und für jeden Genotyp) extrahiert und auf Qualität geprüft. Zum Schluss des Projektes wurden bereits Versuche gemacht, um die für Gesamt-Transkriptomanalyse (RNA Sequenzierung) nötigen Libraries herzustellen. Resultate werden erst im März 2014 erwartet und nach Bestätigung der Resultate durch ein eigenständiges qPCR Experiment werden alle diese Daten in einer entsprechenden Publikation veröffentlicht. Die Optimierung der qPCR ermöglichte bereits die Identifizierung von Primerpaaren, welche geeignete Referenzgene für solche qPCR Experimente amplifizieren.

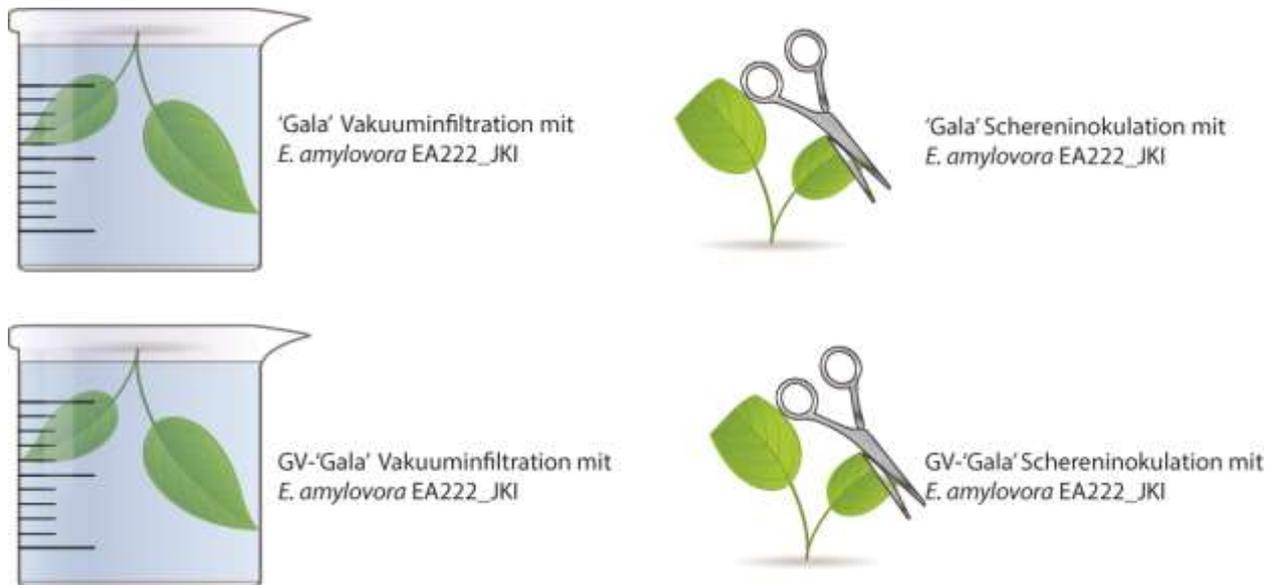


Abb. 50: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Bedingungen, unter denen RNA extrahiert und sequenziert wird. RNA wird dann sequenziert und ein Vergleich soll die durch FB_MR5 spezifisch induzierten Gene nach Kontakt mit dem Pathogen aufzeigen.

Wie weiter?

Nach Ende ZUEFOS II sind die Auswertungen noch nicht abgeschlossen. Etliche bedeutende Arbeiten wie die Bestätigung durch andere Techniken der Gesamttranskriptomanalyse müssen noch durchgeführt werden. Dazu wurde ein, heute bewilligtes, Nationalfondgesuch im Frühjahr 2013 eingereicht, welches diese Arbeiten (3. Jahr Dissertation Thomas Kost) finanziert. Das im Rahmen von ZUEFOS und ZUEFOS II sowie weiteren damit zusammen hängenden Projekten erarbeitete Material wird von Agroscope übernommen (Material Transfer Agreement). Die Kooperationen (Dresden, Wageningen, Angers) werden ab Mai 2014 von Agroscope weitergeführt. Das Knowhow welches für die klassische Züchtung von Bedeutung ist, wird ebenfalls an die Agroscope übergehen.

4 Generationsbeschleunigung WP3

Die Generationsbeschleunigung ermöglicht mit den beiden Methoden „Fast Track“ und „Early Flowering“, in einer verkürzten Entwicklungszeit einen Apfel zu erhalten, der die Resistenzeigenschaften des Wildapfels und die gute Fruchtqualität des Kulturapfels vereint.

4.1 Fast Track im Gewächshaus

Rückblick

Im ZUEFOS II wurde die im ZUEFOS entwickelte Methode Fast Track zur Verkürzung des Generationszyklus weiter angewendet. Im Gewächshaus konnte mittels klassischer Züchtung, optimierten Umweltbedingungen (Licht und Nährstoffe) und Behandlungen mit Prohexadione-Ca (Regalis®, Konz. 0.08%) zur Wuchshemmung sowie der künstlichen Wintersimulation eine weitere Generation entwickelt werden. In den beiden Projektjahren wurden die F2 Nachkommen weitergezogen und die F3 Generationen mit dem Feuerbrandresistenz QTL des Wildapfels ‚Evereste‘ (*Fb_E*) bzw. *Malus x robusta* 5 (*FB_MR5*) ausgesät. Die Früchte der F2 Nachkommen wurden gewogen und degustiert. Sie enthalten noch stark die Eigenschaften des Wildapfels. Die Früchte sind klein und wenig geniessbar.

Übersicht Fast Track im Gewächshaus

Die Pflanzen der Generationen F2-Evereste und F3-MR5 (Serien 4 bis 6) wurden am 17. Dezember 2012 aus der Winterruhe genommen und ins Gewächshaus gestellt. Am 11. Januar 2013 öffneten sich die ersten Blüten. Während rund einem Monat wurde Pollen entnommen und anschliessend im Kühler bei -26° C aufbewahrt. Die Kreuzungen mit ‚Hanners Jumbo‘ und ‚Nicogreen-Greenstar®‘, die während dieser Zeit durchgeführt wurden, ergaben wenige Früchte und konnten im Juni geerntet und bewertet werden. Nach der Stratifikation wurden die Samen als Serie 8 im September 2013 ausgesät. Im Juli 2013 blühten die sieben Bäume der F2-Evereste Generation ein zweites Mal. Bei ‚1003_37‘ und ‚1003_10‘4 wurde Pollen entnommen und eingefroren. Mit ‚Hanners Jumbo‘ wurde der Genotyp ‚1003_104‘ bestäubt, diese Kreuzung ergab aber keine Früchte.

Aussaat und Auflafrate Fast Track F3 von MR5

Im Jahr 2012 wurden im Feld Kreuzungen mit Pollen der F2 Generation MR5 aus dem Gewächshaus durchgeführt. Das daraus gewonnene Saatgut wurde am 15. Januar 2013 ausgesät. Bei 463 ausgesäten Samen war die Auflafrate 83.5% (Tab. 16). Von den Sämlingen der Kreuzungskombinationen 1201 bis 1204 (Serie 7), welche der F3 Generation von MR5 entsprechen, wurden Anfang Februar Blattproben für Markeranalysen an die Firma ‚Ecogenics‘ in Schlieren gesandt. Aufgrund der Ergebnisse konnten 114 Sämlinge selektieren werden, welche das MR5-Resistenzgen enthalten sollten. Diese wurden am 10. Mai 2013 getopft und ins Gewächshaus 5.2 zur beschleunigten Entwicklung gestellt (Abb. 51). Die nach Resistenz und Wachstum selektierten Fast Track-Bäume wurden Ende November aus dem Gewächshaus in den Kühlraum gebracht. Die Winterruhe dauerte zehn Wochen bei 2°C.

Tab. 16: Fast Track Kreuzungen 2012 mit Eltern und daraus gewachsenen Anzahl Pflanzen der F3 Generation MR5

Kreuzungs Nr.	Mutter (Resistenz)	Vater (Resistenz)	erwartete Aufspaltung (% resistente)	Anzahl gute, geerntete Samen	Anzahl effektiv gesäte Samen	Anzahl Samen aufgelaufen	Auflauf rate in %
1201	Hanners Jumbo (-)	0803_125 (Rvi6, FB_MR5) (ACW 11303 x DA02.2.40 (Idared x MR5))	0.5	138	138	105	76.09
1202	Nicogreen Greenstar (-)	0804_5 (Rvi6, FB_MR5)	0.5	133	128	124	96.88
1203	Nicogreen Greenstar (-)	0804_109 (Rvi6, FB_MR5)	0.5	433	134	122	91.04
1204	ACW 22018 = 0802_167 (FB_MR5) (Rekombinante!)	Hanners Jumbo (-)	0.5	63	63	44	69.84
Total				767	463	365	83.46

Legende Resistenzen und Marker:

<i>Rvi6</i>	<i>Schorfresistenz von Malus floribunda 821</i>	<i>CHVf1</i>
<i>Rvi4</i>	<i>Schorfresistenz von Russian Seedling</i>	<i>CH02C02a</i>
<i>FB_MR5</i>	<i>Feuerbrandresistenz von Malus x robusta 5</i>	<i>FEM19 und FEM47</i>
-	<i>keine Resistenz nachgewiesen</i>	



Abb. 51: Fast Track Sämlinge der F3 Generation mit MR5 im Gewächshaus

Kreuzungen Fast Track 2013 im Gewächshaus

Im Dezember 2012 wurden die Pflanzen der Serien 4, 5 und 6 aus der Winterruhe genommen und ins Gewächshaus 5.2 gestellt. Neun Bäume der Serie 4, bzw. ein Genotyp der Serie 5 mit F2 von ‚Evereste‘ (‚Topaz‘ x (‚ACW 11303‘ x ‚Evereste‘)) blühten zwischen dem 11. Januar und 12. Februar 2013. Von sieben Genotypen wurden die Pollen gesammelt und eingefroren. Anschliessend wurden die Blüten mit Pollen von ‚Nicogreen-Greenstar®‘ und ‚Hanners Jumbo‘ bestäubt (Tab. 17). Ab dem 28. Mai bis zum 27. Juni konnten die Früchte geerntet und bewertet werden (Abb. 52, Tab. 18).

Tab. 17: Kreuzungseltern und die Anzahl daraus geernteten Früchte und Samen der F3 ‚Evereste‘

Mutter (Resistenz)	Standort	Vater (Resistenz)	Standort	Anzahl Blüten bestäubt	Anzahl Früchte	Anzahl gute Samen	Anzahl schlechte Samen
1003_4	GH5.2	Nicogreen Greenstar®	Wa 67, 69	4	0	0	0
1003_37	GH5.2	Hanners Jumbo	Wa 11, 110	32	4	30	9
1003_52	GH5.2	Hanners Jumbo	Wa 11, 110	8	1	7	1
1003_101	GH5.2	Hanners Jumbo	Wa 11, 110	1	0	0	0
1003_104	GH5.2	Nicogreen Greenstar®	Wa 67, 69	4	0	0	0
1003_117	GH5.2	Nicogreen Greenstar®	Wa 67, 69	1	0	0	0
1003_123	GH5.2	Nicogreen Greenstar®	Wa 67, 69	16	5	28	0
1118_8	GH5.2	Nicogreen Greenstar®	Wa 67, 69	26	4	0	16



Abb. 52: Früchte F2-‚Evereste‘, ‚1003_123‘ x ‚Nicogreen-Greenstar®‘ und ‚1003_37‘ x ‚Hanners Jumbo‘, geerntet im Juni 2013

Tab. 18: Ergebnisse der Fruchtbewertung der F2-, 'Evereste' Generation aus dem Gewächshaus.

Kreuzungs NR	Ernte	Anz. Früchte	g/ Baum	Ø Fruchtgewicht g	Aussehen	Textur	Saftigkeit	Geschmack	Urteil	Bemerkung
1003_37	20.06.2013	3	49.5	16.5	3	8	6	4	3	leicht bitter, knapp reif, langer Stiel
1003_52	20.06.2013	1	29	29	6	9	6	4	2	grün, bitter
1003_123	28.05.2013	5	64	12.8	6	4	6	5	3	sauer, nicht bitter, langer Stiel
1118_8	20.06.2013	4	112	28	2	9	6	2	2	bitter, adstringierend, harte Schale, langer Stiel,

Legende Fruchtbewertung:

Aussehen: 1 = sehr schlecht; 9 = sehr schön

Textur: 1 = sehr weich; 9 = sehr fest, zäh

Saftigkeit: 1 = sehr trocken; 9 = sehr saftig, ausgezeichnet

Geschmack: 1 = sehr schlecht; 9 = sehr gut ausgezeichnet, aromatisch

Urteil: 1 = unbrauchbar; 9 = sehr interessant

Aussaat Fast Track F3 Evereste

Die Samen der im Mai und Juni 2013 geernteten Früchte von Fast-Track-Bäumen konnten nach der Stratifikation Anfang September als Serie 8 mit den Kreuzungsnummern 1301 bis 1304 ausgesät werden. Bei der Kreuzung 1304 (1118_8' x ,Nicogreen Greenstar®') wuchsen keine Sämlinge heran (Tab. 19). Die Samen waren schlecht oder wurden zu früh geerntet. Fünf Wochen nach dem Auflaufen wurden den Sämlingen der Kombinationen 1301 bis 1303 Blattproben für die Markeranalysen entnommen.

Tab. 19: Eltern und Anzahl Sämlinge der Fast Track Serie 8, die F3 Generation von ,Evereste'

Kreuzungsnummer	Mutter (Resistenzmarker)	Vater (Resistenzmarker)	Anzahl effektiv gesäte Samen	Aufgelaufen Anzahl	(%)
1301	1003_37 (F2 Fb_E)	Hanners Jumbo (-)	30	18	60
1302	1003_52 (F2 Fb_E)	Hanners Jumbo (-)	8	5	62.5
1303	1003_123 (F2 Fb_E)	Nicogreen Greenstar®	27	19	70.4
1304	1118_8 (F2 Fb_E)	Nicogreen Greenstar®	16	0	0



Abb. 53: Fast Track Sämlinge der F3 Generation ‚Evereste‘ im Pflanzenschutzgewächshaus

4.2 Fast Track Nachkommen im Freiland Agroscope

Im Projektmodul Fast Track wurden in den Jahren 2012 und 2013 Kreuzungen im Freiland durchgeführt. Die Nachkommen aus dem Jahr 2012 entsprechen der F3 Generation MR5. Mittels Markeranalyse konnten Resistenz- und Fruchtqualitätsloci definiert werden. Die 114 selektierten Sämlinge wurden im Mai 2013 ins Gewächshaus gestellt (siehe Fast Track im Gewächshaus).

Das Ziel, im Freiland durch die Kreuzung von fortgeschrittenen Zuchtnummern mit feuerbrandrobusten Wildäpfeln der F2-Generation ‚Evereste‘ (*FB_E*) sowie *Malus baccata* und *Malus fusca* eine nächste Generation der Feuerbrand-Resistenz zu erhalten, konnte teilweise erreicht werden.

Apfelkreuzungen 2013

Entsprechend der späten Blütezeit im Frühjahr 2013 fanden die Bestäubungen vom 5. bis 8. Mai statt. Für ZUEFOS II wurden 2589 Blüten bestäubt. Leider waren die für die Kreuzung ‚ACW 13883‘ x ‚1003_52‘, bzw. ‚ACW 13883‘ x ‚1003_123‘ verwendeten Pollen schlecht (Blüte war bei der Entnahme nicht optimal entwickelt), so dass keine Früchte entstanden. Die Kreuzungen ‚ACW 19256‘ x ‚1003_37‘ ergaben 216 und ‚ACW 15714‘ x ‚1118_8‘ 76 Samen. Mit Pollen von den Wildäpfeln *M. baccata* und *M. fusca* wurden die Sorte ‚Ladina‘ und die ZN ‚ACW 14739‘ bestäubt. Der Pollinationsindex (gute Samen/ bestäubte Blüten) war bei allen Kreuzungen tiefer als erwartet (Tab. 20). Insgesamt werden im Februar 2014 757 Samen aus den Kreuzungen 2013 ausgesät.

Tab. 20: Fortgeschrittene Zuchtnummern wurden mit feuerbrandrobusten Wildäpfeln gekreuzt

Mutter (Resistenz)	Standort	Vater (Resistenz)	Standort	Anzahl bestäubte Blüten	Anzahl gute Samen	Pollinationsindex (gute Samen / best. Blüten)
ZUEFOS II						
ACW 19256 (Milwa x Krimskoe)	Wa.84	1003_37 (Topaz x (11303xEvereste))	GH 5.2	450	216	0.48
ACW 13883 (Pacific Beauty x Pinkie)	Wa 84, R8, 781	1003_52 (Topaz x (11303xEvereste))	GH 5.2	120	0	0.00
ACW 13883 (Pacific Beauty x Pinkie)	Wa 84, 781	1003_123 (Topaz x (11303xEvereste))	GH 5.2	243	0	0.00
ACW 15714 (Topaz x ACW 8244)	Wa 84, 1288	1118_8 (Hanners x (11303xEvereste))	GH 5.2	320	76	0.24
Ladina	Wa 84, R8, 769	Malus baccata MAL0004	Pollen aus Anzucht FB-Test 2013	304	132	0.43
ACW 14739 (Milwa x ACW 10652)	Wa 84, R2, 1237	Malus fusca MAL0045	Pollen von Peil; JKI	330	22	0.07
ACW 14739 (Milwa x ACW 10652)	Wa 84, R2, 1237	Malus baccata MAL0004	Pollen von Peil; JKI	209	111	0.53
Gala	Gottshalde P104	F1 Evereste 0801/12 (FB-Test am besten)	Wa 11	613	200	0.33
Total ZUEFOS II				2589	757	

Prüfstufe 1 in Wa 84

Die 329 feuerbrandrobusten Züchtungen der Jahre 2008 bis 2011 stehen in der Parzelle Wa 84 in der Prüfstufe 1 (Tab. 21). Im Herbst 2013 konnten von 294 Bäumen Früchte geerntet werden. Im Feld wurden die Baumeigenschaften und im Winter 2013/14 die Fruchteigenschaften bewertet. (siehe WP1, Selektion Zuchtmaterial). Die Firma ‚Ecogenics‘ in Schlieren analysierte Blattproben und mit molekularen Markern. Das Ziel ist, eine Züchtung zu selektieren, die nach weiteren Prüfstufen als Tafelapfel oder geeignet für Hochstammkulturen präsentiert werden kann.

Tab. 21: Übersicht der Pflanzen mit Feuerbrandresistenzen aus ‚Evereste‘ und Malus x robusta 5 in Stufe 1, Wa 84 und in der Genreserve Parzelle 11

Kreuzungsnummer	Mutter (Resistenzmarker)	Vater (Resistenzmarker)	Standort	Anzahl in Stufe 1	Zuchtnummern	1. Standjahr	Ø Mehltaubefall	Ø Baumselektionsurteil	Anzahl mit Früchten	Fruchtgewicht in g/Baum	Ø Fruchtgewicht in g	Gesamturteil Anzahl x Urteil
0801	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	Evereste (Fb_E, Rvi6)	Wa 84, Reihe 17 (n=1); Wa 11, 317 - 328 (n=11)	12	21771	2011	4; N.B.	4; n.B.	1; 9	199	40.7	1x1; 4 x 3 5 x 1
0802	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	DA02. 2.7 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 16	115	21970 - 22084	2011	1.4	4.5	105	411	48	22 x 3 83 x 1
			Wa 84, Reihe 16	6	22142 - 22147	2012	1	4				
0803	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	DA02. 2.40 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 21	41	20940 - 20980	2011	1.3	4.9	41	468	52.2	7 x 3 34 x 1
			Wa 84, Reihe 16	4	22148 - 22151	2012	1	5	2	323	38	2 x 1
0804	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi2 scar, Rvi4, AE, FR, MR)	DA02. 1.27 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 21	27	20981 - 21007	2011	2.9	4.6	28	436	35.6	3 x 3 25 x 1
			Wa 84, Reihe 16	2	22152 - 22153	2012	5	5.5	1	300	33	1 x 1
0805	La Flamboyante - Mairac®	DA02. 2.7 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 16	20	22156 - 22182; 22162 - 22168 gerodet wegen FB	2012	3	4.8	18	270	45.9	16 x 1; 2 x 3
0806	La Flamboyante - Mairac®	DA02. 1.27 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 15- 16	35	22154, 22183 - 22216	2012	5.2	4.6	32	346	32.1	10 x 3 22 x 1
0807	La Flamboyante - Mairac®	DA02. 2.40 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 15- 16	29	22155, 22217 - 22244	2012	2.6	4.4	25	332	43.7	7 x 3 18 x 1
0808	unbekannte Mutter	DA02. 2.7 (Idared x MR5; FB_MR5)	Wa 84, Reihe 17	4	21794 - 21797	2011	3	5	3	715	41.4	1 x 3 2 x 1

Fast Track Pflanzen in der Genreserve

Im Winter 2012/13 wurden von den im Gewächshaus stehenden Kreuzungen 2008 von fünf Genotypen der F2 Generation ‚MR5‘ und von einer F1 ‚Evereste‘ aus dem Kreuzungsjahr 2009 Reiser geschnitten. Die Veredelungen wurden in die Genreserve in der Parzelle Wa 11 gepflanzt. Im Jahr 2012 waren nur vereinzelt Früchte vorhanden, im Herbst 2013 (Abb. 54) konnten von allen Bäumen der F1 ‚Evereste‘ Früchte geerntet und bewertet werden (Tab. 23).

Tab. 22: Übersicht der Genreserve in der Parzelle Wa 11

Züchtungszyklus	Sämlingsnummer	Mutter (Eltern; Resistenzmarker) x Vater (Eltern; Resistenzmarker)	Bemerkungen
F1 Evereste	0801/2	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 323
F1 Evereste	0801/5	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 317
F1 Evereste	0801/6	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 326
F1 Evereste	0801/12	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 327
F1 Evereste	0801/13	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 322
F1 Evereste	0801/20	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 320
F1 Evereste	0801/21	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 324
F1 Evereste	0801/26	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 328
F1 Evereste	0801/31	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 318
F1 Evereste	0801/33	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 319
F1 Evereste	0801/35	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 321
F2 <i>M. x robusta</i> 5	0802/168	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x DA02. 2.7 (Idared x MR5; FB_MR5)	Parzelle 11, Baum 427
F2 <i>M. x robusta</i> 5	0803/111	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x DA02. 2.40 (Idared x MR5; FB_MR5)	Parzelle 11, Baum 428
F2 <i>M. x robusta</i> 5	0803/125	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x DA02. 2.40 (Idared x MR5; FB_MR5)	Parzelle 11, Baum 429
F2 <i>M. x robusta</i> 5	0804/5	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x DA02. 1.27 (Idared x MR5; FB_MR5)	Parzelle 11, Baum 430
F2 <i>M. x robusta</i> 5	0804/109	ACW 11303 (ACW 6104 x Rewena; Rvi6, Rvi4 , Rvi2 scar, AE, FR, MR) x DA02. 1.27 (Idared x MR5; FB_MR5)	Parzelle 11, Baum 431
F1 Evereste	0901/83	ACW 6707 (Maigold x Rubinette; -) x Evereste (Fb_E, Rvi6)	Parzelle 11, Baum 425, 426



Abb. 54: Der F1 ‚Evereste‘ Mutterbaum ‚0801/35‘ steht in der Genreserve in Parzelle Wa 11

Tab. 23: Ergebnisse der Fruchtbewertung der Mutterbäume in Wa 11

Komb. Nr.	Erntedatum	g/Baum	Anzahl Früchte	Ø Frucht gewicht	Aussehen	Textur	Saftigkeit	Geschmack	Selektionsurteil	Bemerkungen
0801/05		470	36	13.1	4	4	4	5	1	trocken, süß, mehlig-weich
0801/06	04.10.2013	855	56	15.3	4	8	4	4	2	grobfaserig, trocken, süß
0801/12	04.10.2013	570	29	19.7	4	9	3	4	1	Sternapi-Form, holzig
0801/13	04.10.2013	1300	86	15.1	5	8	3	5	2	trocken, süß, aromatisch
0801/20	04.10.2013	25	2	12.5	5	7	5	5	3	grobfleischig, saftig, leicht säuerlich, aromatisch, weiterkreuzen
0801/26	04.10.2013	240	14	17.1	4	6	3	4	2	hart, trocken
0801/31	04.10.2013	720	35	20.6	5	8	4	5	2	trocken, süß, sehr fest, weiterkreuzen
0801/33	04.10.2013	825	3	275	4	4	5	5	2	zu gross, zähe Haut, weich-mehlig
0801/35	07.10.2013	1785	52	104.2	4.3	6	4	4.7	2	trocken, süß, aromatisch, mittelfest, weiterkreuzen
0802/02	04.10.2013	45	1	45	5	7	5	4	2	grob, glasig, fettige Haut beeinträchtigt Aroma
0916/162	24.10.2013	1135	110	10.2	5	8	4	3.5	1	trocken, süß, kein Aroma, grobfaserig, zäh, wild klein

Legende Fruchtbewertung:

Aussehen: 1 = sehr schlecht; 9 = sehr schön

Textur: 1 = sehr weich; 9 = sehr fest, zäh

Saftigkeit: 1 = sehr trocken; 9 = sehr saftig, ausgezeichnet

Geschmack: 1 = sehr schlecht; 9 = sehr gut ausgezeichnet, aromatisch

Urteil: 1 = unbrauchbar; 9 = sehr interessant



Abb. 55: Die Früchte 0801/35 aus der Parzelle Wa 11 sind noch klein und mit Wildcharakter

4.3 Blühverfrühung (Early flowering)

Kreuzungen zwischen Apfel-Kultursorten ermöglichen schon in der F1-Generation Nachkommen mit guter Fruchtqualität. Bei Kreuzungen zwischen Wildapfel und Kulturapfel ist die Fruchtqualität ungenügend und mindestens 4-5 weitere Kreuzungsgenerationen sind nötig, um den ungünstigen genetischen Ballast des Wildapfels zu vermindern. Die ‚Early flowering‘-Methode beruht auf einer gentechnischen Veränderung. Sie bewirkt durch den Einbau eines Birkengens eine frühe Blütenbildung bei den Nachkommen. Das Endprodukt nach mehreren Rückkreuzungsgenerationen enthält jedoch keine fremden Gene. Das Birkengen dient lediglich zur Beschleunigung der Generationszeit bis zum qualitativ hochwertigen Endprodukt. In ZUEFOS II wurden die begonnenen Kreuzungen aus ZUEFOS weitergeführt. Die Nachkommen der letzten produzierten Generation aus ZUEFOS, welche den Feuerbrandresistenz-QTL des ‚Wildapfels‘ ‚Evereste‘ enthalten, wurden in Richtung einer Marktsorte weiter gekreuzt.

Ziel dieser Task ist die Produktion der dritten und vierten Generation (F3 d.h. BC'2 = zweite Rückkreuzungsgeneration und der F4 d.h. BC'3 = dritte Rückkreuzungsgeneration). Beide Generationen konnten im Rahmen von ZUEFOS II hergestellt werden. Im ZUEFOS II Zwischenbericht 2012 wurde über die erfolgreiche Produktion der BC'2 Generation berichtet. 13 BC'2 Pflanzen trugen die gesuchte Kombination des Birkengens (BpMADS4) und der Feuerbrandresistenz (QTL *Fb_E*). Dank der Bestäubung dieser Pflanzen mit Pollen von ‚Granny Smith‘ wurden 45 Äpfel produziert. Nach der Stratifikation in März 2013 wurden alle 111 gewonnenen Samen ausgesät. 75 Sämlinge wuchsen und konnten molekular untersucht werden. 23 Sämlinge trugen sowohl das Birkengen als auch *Fb_E*. Vier von diesen Pflanzen starben oder wurden ausgesiekt. Neun von den restlichen 18 Sämlingen blühten im Laufe des Sommer 2013 und wurden mit Pollen von Braeburn bestäubt. Leider entwickelte nur eine BC'3 Pflanze (BC'3-5) drei Äpfel (Abb. 56, Tabelle 24). Diese Äpfel werden voraussichtlich in Januar 2014 geerntet, so dass 10-12 Samen der BC'4 (F5) Generation bereits 2014 zur Verfügung stehen werden. Der Grund für den schlechten Fruchtansatz könnte die ungenügende Qualität des Pollens sein, der für die Bestäubung benützt wurde. Schöne und kräftige BC'3 Pflanzen liegen vor. 2014 planen wir sie wieder zu bestäuben. So erwarten wir per Ende 2014 eine gute Produktion von Samen der BC'4 (F5) Generation. Da die BC'4 Generation nur noch Spuren vom Genom des wilden Apfels ‚Evereste‘ trägt, werden in dieser Generation die Pflanzen ausgesucht, welche die Feuerbrandresistenz von ‚Evereste‘ aufweisen, aber das Silberbirkengen nicht tragen. Falls es der gesetzli-

che Status dieser Pflanzen erlauben wird, können sie als Resistenzspender in der klassischen Züchtung benützt werden.

2012 hatten wir über die Entdeckung von Trägern des Birkengens und der *Fb_E* Resistenz mit einer unerwartet schwachen Feuerbrandresistenz berichtet. Die Wiederholung der Inokulation bestätigte das Resultat (Abb. 57). Zwei Hypothesen können formuliert werden, um das beobachteten Phänomen zu erklären:

1) Für die Resistenz von *Fb_E* ist das Vorhandensein eines spezifischen Allels an einem zweiten Locus nötig. Dieses spezifische Allel ist in ‚Evereste‘ homozygot, so dass alle Pflanzen der F1 Generation es tragen. Ab der F2 Generation erben nicht alle Nachkommen dieses zweite Allel und die Feuerbrandresistenz in diesen Pflanzen ist niedriger als erwartet. Gespräche über die Überprüfung diese Theorie mit INRA-Angers sind im Gange.

2) Das Birkengen bewirkt in der Pflanze eine starke Veränderung des Habitus. Die Triebe sind meistens sehr dünn und die Internodien länger. Es wäre nicht erstaunlich, wenn diesen Veränderungen eine Wirkung auf die Ausbreitung von *E. amylovora* in der Pflanze hätten. Um diese Theorie zu überprüfen, werden wir 2014 die Feuerbrand Resistenz von *Fb_E* Pflanzen der BC'2 Generation mit und ohne Birkengen vergleichen.

Fazit

Unabhängig von den Resultaten der geplanten Experimente zur Überprüfung der zwei Hypothesen haben die Resultate der Versuche mit der Methode der Blühverfrühung gezeigt:

- i) dass es substantielle Unterschiede zwischen den Pflanzen mit Birkengen gibt, bezüglich der Zeit, die sie zur Produktion der ersten Blüten brauchen (mindestens 5 Wochen)
- ii) Um mit diesem Problem umzugehen, müssen genügend (80 bis 100) Pflanzen pro Generation produziert werden, damit 20-25 Pflanzen mit Resistenz und Birkengen pro Generation zur Verfügung stehen
- iii) dass so eine Generation pro Jahr möglich ist und
- iv) dass eine 4- bis 5-fache Reduktion der Zeit, um fortgeschrittene Selektionen zu produzieren, die eine Resistenz aus einem Wildapfel tragen und gute Frucht- und Baum-eigenschaften haben, auch möglich ist.

Damit diese Methode in der Züchtung eine Anwendung finden kann, muss jetzt noch die gesetzliche Situation in der Schweiz und in Europa für die mit dieser Methode erzeugten Pflanzen ohne Birkengen abgeklärt werden. Kollegen an der JKI Dresden haben die gesetzliche Situation nach deutschem Gesetz gestartet. Sobald das Resultat der Abklärungen in Deutschland vorliegt, sollte die Abklärungen in der Schweiz beginnen. In den USA gelten diese Pflanzen als nicht gentechnisch verändert.

Tab. 24: Stand (Ende November 2013) der Entwicklung der BC'4 Generation

Züchtung Zyklus	Kreuzung	Anzahl Mutterpflanzen bestäubt	Anzahl Blüten bestäubt	Anzahl Früchte	Zeit von Aussaat bis 1.Blüte der transgenen Sämlinge in Wochen
BC'4	BC'3_5 x 'Braeburn'	1	≥ 5	3	24
	BC'3_10	0	0	0	0
	BC'3_21 x 'Braeburn'	1	≥ 20	0	22
	BC'3_33	0	0	0	0
	BC'3_66 x 'Braeburn'	1	≥ 30	0	8
	BC'3_68 x 'Braeburn'	1	≥ 12	0	23
	BC'3_69 x 'Braeburn'	1	≥ 35	0	8
	BC'3_71 x 'Braeburn'	1	≥ 8	0	24
	BC'3_75 x 'Braeburn'	1	≥ 8	0	29
	BC'3_37 x 'Braeburn'	1	≥ 5	0	26
	BC'3_38 x 'Braeburn'	1	≥ 2	0	28
	BC'3_39 x 'Braeburn'	1	≥ 3	0	30
	BC'3_41 x 'Braeburn'	1	≥ 10	0	24
	BC'3_46	0	0	0	0
	BC'3_49	0	0	0	30
	BC'3_50 x 'Braeburn'	1	≥ 12	0	24
BC'3_60 x 'Braeburn'	1	≥ 15	0	22	



Abb. 56: Äpfel (3) der einzigen BC'3 Pflanze die Ende November 2014 Früchte trägt

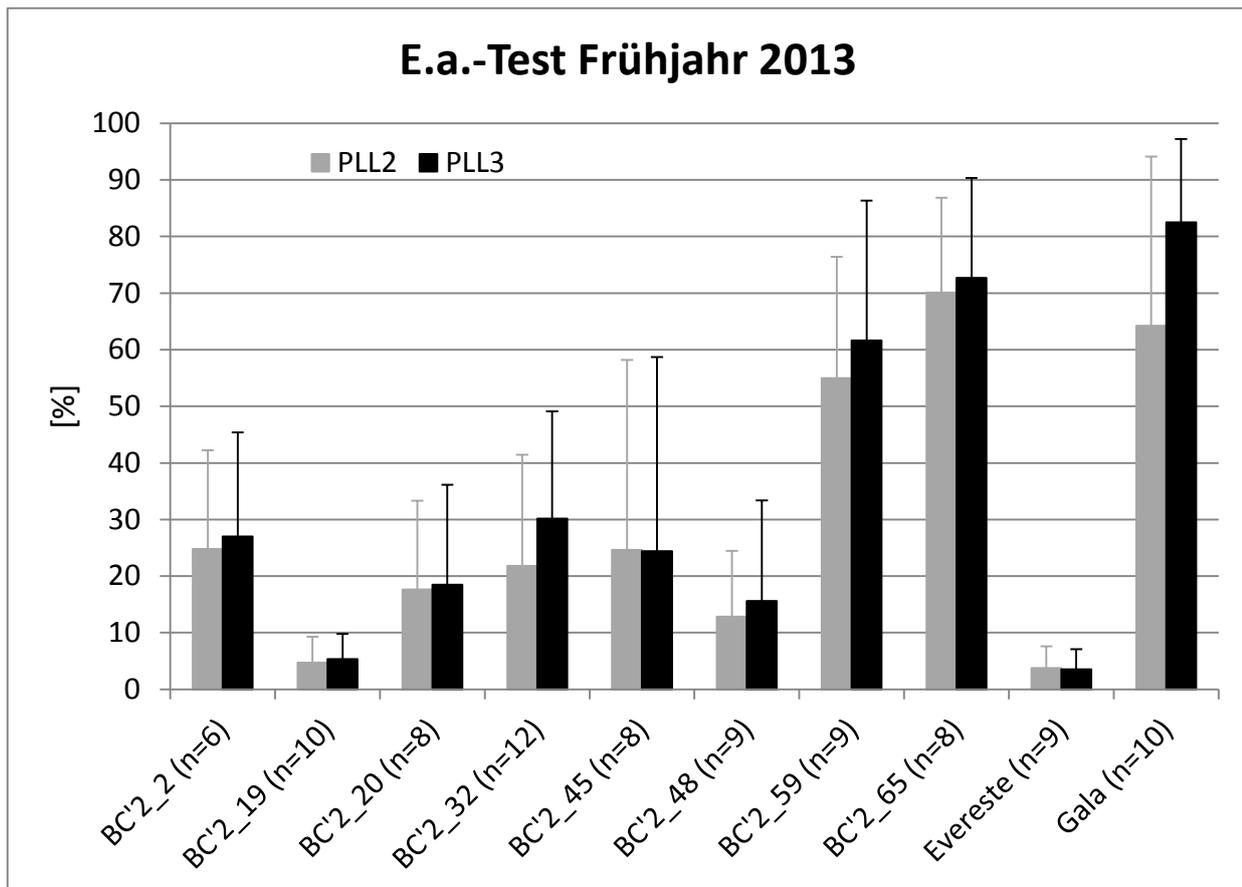


Abb. 57: Prozent Läsionslänge 2 (PLL2) und 3 Wochen nach Inokulation (PLL3) mit *E. amylovora* der 8 BC'2 Selektionen mit BpMADS4 und Feuerbrand Resistenz QTL von Evereste (Fb_E) die 2012 Früchte produziert haben sowie ‚Evereste‘ und ‚Gala‘ als resistente bzw. anfällige Kontrolle

5 Publikationen und Literatur

Literatur

- Calenge, F., Drouet, D., Denancé, C., Van de Weg, W.E., Brisset, M.-N., Paulin, J.P., and Durel, C.-E. 2005. Identification of a major QTL together with several minor additive or epistatic QTLs for resistance to fire blight in apple in two related progenies. *Theor. Appl. Genet.* 111(1): 128–135.
- Khan, M.A., Duffy, B., Gessler, C., and Patocchi, A. 2006. QTL mapping of fire blight resistance in apple. *Mol. Breed.* 17(4): 299–306.
- Khan, M.A., Durel, C.-E., Duffy, B., Drouet, D., Kellerhals, M., Gessler, C., and Patocchi, A. 2007. Development of molecular markers linked to the 'Fiesta' linkage group 7 major QTL for fire blight resistance and their application for marker-assisted selection. *Genome*, 50(6): 568–577.
- Le Roux, P.-M.F., Khan, M.A., Broggin, G.A.L., Duffy, B., Gessler, C., and Patocchi A. 2010. Mapping of quantitative trait loci for fire blight resistance in the apple cultivars 'Florina' and 'Nova Easygro'. *Genome* 53: 710–722.

Publikationen

- Baumgartner I.O., Leumann L.R., Frey J.E., Joos M., Voegelé R.T., Kellerhals M., 2012. Breeding apples to withstand infection pressure by fire blight and other diseases. Proc. of the 15th International Conference on Organic fruit –Growing, 20.-22.2.12, Hohenheim, Germany, Foeko, Weinsberg (D), 14-21.
- Baumgartner I.O., Patocchi A., Lussi L., Peil A., Kellerhals M., 2014. Accelerated introgression of fire blight resistance from *Malus x robusta* 5 and other wild germplasm into elite apples. *Acta hort.*, accepted.
- Broggin, G.A.L., Fahrenttrapp J, Kost T., Wöhner T., Flachowsky, H., Peil, A., Hanke M.V., Richter, K., Patocchi A. and Gessler C. 2014. Engineering Fire Blight resistance into Gala cultivar by an apple cisgene. Submitted to Plant biotech.
- Fahrenttrapp J. 2012. Fire blight resistance of *Malus x robusta* 5. ETH-Zürich Dissertation Nr 20321.
- Fahrenttrapp J, Broggin GAL, Kellerhals M, Peil A, Richter K, Malnoy M, Gessler C. 2012. A candidate gene for Fire Blight resistance in *Malus x robusta* 5 is coding for a CC-NBS-LRR. *Tree Genetics and Genome* 9(1):237-251. doi 10.1007/s11295-012-0550-3.
- Fahrenttrapp J., Broggin G.A.L., Gessler C., Peil A., Malnoy M., Kellerhals M., Richter K., 2013. Fine Mapping of Fire Blight Resistance Locus in '*Malus x robusta* 5' on Linkage Group 3. *Acta Horticulturae*: 976, 499-500.
- Le Roux P.M.F., Christen D., Duffy B., Tartarini S., Dondini L., Yamamoto T., Nishitani C., Terakami S., Lespinasse Y., Kellerhals M., Frey J.E. and Patocchi A., 2012. Redefinition of the map position and validation of a major quantitative trait locus for fire blight resistance of the pear cultivar "Harrow Sweet" (*Pyrus communis* L.). *Plant Breeding*, doi:10.1111/j.1439-0523.2012.02000.x
- Hunziker K., Noser S., Ingenfeld A., Frey J.E., Kellerhals M., 2013. Obstgenressourcen: Vielfalt für die Zukunft. *Agrarforschung* 4 (1) 16-23.
- Kellerhals M., Baumgartner I., Leumann L., Lussi L., Christen D., Patocchi A., LeRoux P.M. Leumann R., Kobelt M., Weber M., Fahrenttrapp J., Broggin G., Gessler C., 2012. Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten. *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau* 14, 12-15.
- Kellerhals M., Baumgartner I., Leumann L., Lussi L., Patocchi A., LeRoux P.M. , Egger S., Christen D., Leumann R., Kobelt M., Weber M., Fahrenttrapp J., Broggin G., Gessler C., 2012. Sélection de variétés de fruits tolérantes au feu bactérien. *Revue suisse Vitic, Arboric, Hortic.* 44(&), 350-356.
- Kellerhals M., Szalatnay D., Hunziker K., Duffy B., Nybom H., Ahmadi-Afzadi M., Höfer M., Richter K., M. Lateur, 2012. Diversity in European pome fruit genetic resources evaluated for disease resistance. *Trees* 26, 179–189. DOI: 10.1007/s00468 – 011 – 0660 – 9
- Kellerhals M., Baumgartner I., Leumann L., Lussi L., Christen D., Patocchi A., LeRoux P.M. , Egger S., Leumann R., Kobelt M., Weber M., Fahrenttrapp J., Broggin G., Gessler C., Scheer C., 2012. Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten. *Obstbau* 10, 530-532.

- Kellerhals M., Baumgartner I.O., Leumann L., Lussi L., Patocchi A., LeRoux P.M., Egger S., Christen D., Leumann R., Kobelt M., Weber M., Fahrenttrapp J., Broggin G., Gessler C., 2012. Sélection de variétés de fruits tolérantes au feu bactérien. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* Vol. 44(6)/2012, 350-356.
- Kellerhals M., Baumgartner I.O., Leumann L., Frey J.E., Patocchi A., 2013. Progress in Pyramiding Disease Resistances in Apple Breeding. *Acta Hort.* 976, 487-491.
- Kellerhals M., Baumgartner I.O., Leumann L., Lussi L., Schütz S., Patocchi A. 2014. Breeding high quality apples with fire blight resistance. *Acta hort.*, accepted.
- Le Roux P.M.F., Christen D., Duffy B., Tartarini S., Dondini L., Yamamoto T., Nishitani C., Terakami S., Lespinasse Y., Kellerhals M., Frey J.E. and Patocchi A., 2012. Redefinition of the map position and validation of a major quantitative trait locus for fire blight resistance of the pear cultivar "Harrow Sweet" (*Pyrus communis* L.). *Plant Breeding*, DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.02000.x.
- Leumann L., Baumgartner I.O., Lussi L., Frey L., Nölly M., Kellerhals M., Weber M., 2013. Ladina, die neue feuerbrandrobuste Apfelsorte. *SZOW* Vol. 01/2013, 10-13.
- Perren S., Egger S. und Kellerhals M., 2012. Mit robusten Sorten dem Feuerbrand trotzen. *Landfreund* Vol. 11/2012, 2-5.
- Wöhner T, Vogt I, Richter K, Garcia-Libreros T, Fahrenttrapp J, Peil A, Gessler C, Broggin GAL, Hanke M-V, Flachowsky H (2012). QTL mapping for resistance to fire blight using several *Erwinia amylovora* strains resulting in different host-pathogen-interactions. *Acta Horticulturae*: 976, 509-512

Vorträge

- Baumgartner I. Accelerated introgression of fire blight resistance from *Malus x robusta* 5 and other wild germplasm into elite apple germplasm. 13th International Fire Blight Workshop, Zürich, 06.07.2013.
- Broggin G., *FB-MR5* is an apple gene providing resistance to fire blight. 13th International Fire Blight Workshop Zürich, 02.07.2013.
- Gessler C. II ISHS workshop on Biotech Fruit, 2012, Nelson NZ. 25.03.2012. Cisgenic Gala containing the scab resistance gene from *Malus floribunda* 821 and the fire blight resistance genes from *Malus cv Everest*.
- Gessler C. 10th international congress of plant pathology Beijing, China 25-30 August, 2013. Genetical engineering fruit plants to reduce fungicide input in orchards.
- Gassmann J., Obstgenressourcen als Quelle für die Züchtung. ProfiCrops IP Feuerbrand Abschlussmeeting Zürich, 2.7.13
- Kellerhals M., The new apple varieties 'CH 101-Galiwa®', 'Ladina' and the new pear selection 'ACW 3851' from the Agroscope breeding program. Fruitbreedomics Annual Meeting, Lleida, Spain, 20.2.13.
- Kellerhals M., Forschung und Praxis für ein erfolgreiches Feuerbrand-Management in der Schweiz. ProfiCrops IP Feuerbrand Abschlussmeeting Zürich, 2.7.13.
- Kellerhals M., Breeding high quality apples with fire blight resistance. 13th International Fire Blight Workshop, Zürich, 05.07.2013.
- Kellerhals M., „Züchtung neuer Apfelsorten-Beitrag zur Lösung des Problems Feuerbrand“ Medientag LID und SOV zum Tag des Apfels, 20.9.13.
- Kellerhals M., Robuste Sorten für den ökologischen Obstbau aus der Sicht des Züchters. INERTVITIS INTERFRUCTA, 61. Deutscher Weinbaukongress, Oekologischer Obstbau, 26.4.13.
- Kellerhals M. Züchtung von Apfelsorten mit dauerhafter Krankheitsresistenz. Universität Kassel (D), 19.11.13.
- Kellerhals M., Neue Ergebnisse aus der Agroscope-Obstzüchtung. Jahrestagung der Fachkommission Kernobst (D), JKI, Dresden-Pillnitz, 12.12.13.

6 Dank

Wir bedanken uns bei allen Beteiligten des Projektes für die gute Zusammenarbeit. Dr. Danilo Christen, Agroscope danken wir speziell für die Zusammenarbeit im Bereich der Birnen. Den Verantwortlichen und Betriebsleitern der Pilotversuche ein besonderer Dank für die Zusammenarbeit und die Betreuung der Versuche. Ein spezieller Dank geht auch an Dr. Klaus Richter, JKI Quedlinburg, Dr. Andreas Peil, JKI Dresden-Pillnitz, Prof. Ralf Vögele, Universität Hohenheim sowie an Dr. Christian Scheer, KOB Bavendorf für die gute Zusammenarbeit.

Dem Obstbauteam und dem Gemüsebauteam Agroscope in Wädenswil und dem Team des Steinobstzentrums Breitenhof ein Dank für die grosse Mithilfe zur Baumherstellung und Betreuung unserer Versuche mit Kompetenz und Engagement. Jost Brunner, Agroscope, danken wir für die kompetente Unterstützung beim Layout dieses Berichtes.

Dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und den weiteren Geldgebern, insbesondere dem Schweizer Obstverband (SOV) danken wir bestens für die Finanzierung und Unterstützung des Projektes ZUEFOS II.