

Pflanzen
Spezialpublikation | 2016



Schlussbericht Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement - Alternativen zu Streptomycin?

Autoren

Anita Schöneberg, Ina Schlathölder, Cosima Pelludat, Eduard Holliger,
Andreas Naef, Sarah Perren

Partner

CAVO-Stiftung
Kantone AG, LU, SG, TG, ZH
Quality Juice Foundation



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

Herausgeber: Agroscope
Schloss 1, Postfach
8820 Wädenswil
www.agroscope.ch

Auskünfte: Anita Schöneberg

Gestaltung: Anita Schöneberg

Titelbild: Apfelblüte, Anita Schöneberg, Agroscope

Copyright: © Agroscope 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung – Summary	4
2	Projektübersicht	6
3	Teilprojekt 1: Sortenprüfung und Anbau	8
3.1	Triebanfälligkeit.....	8
3.2	Blütenanfälligkeit.....	10
3.3	Vergleich Trieb- und Blütenanfälligkeit.....	14
3.3.1	Statistische Korrelation	14
3.3.2	Synthese: Einstufung der Feuerbrandanfälligkeit einer Sorte	16
3.3.3	Synthese: Datenbank.....	16
3.4	Verarbeitungs- und Saftigenschaften.....	17
3.5	Praxispilot- und Versuchsanlagen: Wuchs, Krankheiten und Ertrag	19
3.5.1	Wuchs	19
3.5.2	Ertrag und Alternanzanfälligkeit	20
3.5.3	Krankheiten.....	20
3.5.4	Unterlagenvergleich MM111 und P14 auf der Parzelle Wa 105: Ertragserfassung, Pimprenelle, Kalibrierung	20
3.6	Synthese: Die „Top 15“ Mostapfelsorten aus dem Projekt HERAKLES	22
4	Teilprojekt 2: Wirksamkeit und Einsatzoptimierung von Pflanzenschutzmitteln und –strategien	23
4.1	Freilandversuche mit künstlicher Feuerbrandinokulation	23
4.2	Praxisversuche zum Vergleich von Streptomycin und LMA	27
4.3	Löslichkeit von LMA in Abhängigkeit der Wassertemperatur und der Konzentration	27
5	Teilprojekt 3: Prävention und Sanierung	28
5.1	Asymptomatischer Befallsfortschritt: Interreg IV- Anlagen	28
5.2	Ballonblütenversuch.....	30
6	Zusammenarbeit	31
7	Dank	32
8	Wissensaustausch	33
9	Literatur	36
Anhang A: Triebtestungen Apfel 2012-2015		37
Anhang B: Triebtestungen Birne 2012-2015		38
Anhang C: Blütentestungen Apfel 2012-2015		41
Anhang D: Blütentestungen Birne 2014 und 2015		47
Anhang E: Saftqualität 2012-2015		48
Anhang F: Praxispilot- und Versuchsanlagen		55
F.1:	Übersicht: Baum, Produktion und Krankheitsanfälligkeit.....	55
F.2:	Wuchsstärke (Niederstammanlagen)	60
F.3:	Erträge	62
F.4:	Pimprenelle-Analyse 2013 und 2014	65
F.5:	Kalibrierung.....	66
Anhang G: Liste der bisher im Triebtest geprüften Apfel- und Birnensorten (HERAKLES und SOFEM)		67

1 Zusammenfassung – Summary

In einem zunehmend liberalisierten Marktumfeld sind eine hohe Saftqualität und kurze Transportwege dank einheimischer Produkte grosse Trümpfe der Schweizer Obstproduzenten und -verarbeiter. Regionalität und Qualität sind bei vielen Konsumenten sehr gefragt. Die Mostobstproduktion wird jedoch durch den Feuerbrand bedroht, welcher durch das Bakterium *Erwinia amylovora* verursacht wird. Feuerbrand ist eine meldepflichtige, hoch ansteckende Krankheit; befallene Kernobstbäume sind gemäss kantonalen Weisungen durch Rückschnitt oder –riss aufwändig zu sanieren. Je nach Befallsstärke müssen Bäume oder ganze Mostobstanlagen sogar gerodet werden. In der Schweiz trat Feuerbrand erstmals im Jahr 1989 auf. Nach den schweren Ausbrüchen mit grossen Schäden in den Jahren 2007 und 2012 war der Bedarf an Lösungen entsprechend gross. Von 2008 bis 2015 war der Einsatz des Antibiotikums Streptomycin zur Bekämpfung von Feuerbrand örtlich und zeitlich begrenzt unter strengen Auflagen erlaubt. Von Beginn an war jedoch klar, dass der Streptomycin-Einsatz nur eine vorübergehende Lösung darstellen konnte. So fiel 2012 der Startschuss für das dreieinhalbjährige Projekt HERAKLES (2012-2015), das von der CAVO-Stiftung, den Kantonen Aargau, Luzern, St. Gallen, Thurgau und Zürich sowie der Quality Juice Foundation finanziert und an der Agroscope in Wädenswil durchgeführt wurde. Das Projekt hat sich für ein nachhaltiges Feuerbrandmanagement auf drei Ansätze fokussiert: robuste Sorten, ein wirksamer Pflanzenschutz und angepasste Kulturmassnahmen.

In den Pflanzenschutzversuchen im Projekt HERAKLES wurden Strategien mit LMA, Vacciplant, Blossom Protect und Myco-Sin für den integrierten und biologischen Anbau geprüft. In diesen Versuchen zeigte sich, dass bisher keine dieser Strategien an die hohen Wirkungsgrade einer Strategie mit Streptomycin heranreicht. Umso wichtiger sind daher feuerbrandrobuste Sorten für ein gesamtheitliches Feuerbrandmanagement. Im Triebtest mit künstlicher Feuerbrandinokulation im Gewächshaus wurden 59 Apfel- und 45 Birnensorten getestet. Im Freiland wurden 39 Apfel- und zwei Birnensorten mit künstlicher Blüteninokulation auf ihre Feuerbrandanfälligkeit geprüft. Jeweils knapp die Hälfte der getesteten Sorten erwies sich als mindestens „niedrig“ anfällig gegenüber Feuerbrand, darunter neun in beiden Tests „sehr niedrig“ getestete Apfelsorten. Unter Einbezug der Daten der Saftverarbeitungsversuche (34 sortenreine Säfte; 28 verschiedene Sorten) und der Auswertung der Anbauversuche auf Hoch- und Niederstamm haben sich mindestens 15 vielversprechende Sorten mit einer guten Krankheitsrobustheit, einer hohen Saftqualität sowie guten Anbaueigenschaften herauskristallisiert, die im Nachfolgeprojekt HERAKLES Plus weiter geprüft werden, z.B. auf Marssoninaanfälligkeit. Feuerbrandrobuste Sorten werden unter starkem Feuerbranddruck zwar auch befallen, der Befall schreitet jedoch langsamer voran als bei anfälligen Sorten. Eine Sanierung durch Entfernen befallener Pflanzenteile ist daher bei robusten Sorten erfolversprechender. Ob eine Pflanzung mit robusten Sorten auch im Befallsgebiet langfristig erfolgreich sein kann, wurde anhand von zwei ausgewählten Hochstammanlagen mit robusten Sorten aus dem Interreg IV-Projekt im Kanton St. Gallen untersucht. Obwohl die Bäume seit der Pflanzung im Jahr 2004 resp. 2007 symptomfrei sind, wurden mittels quantitativer PCR regelmässig Feuerbrandbakterien in den Jungtrieben nachgewiesen. Robuste Sorten sind demnach keine Garantie für eine feuerbrandfreie Anlage. Sie bilden jedoch die entscheidende Grundlage, um den Feuerbrand in Kombination mit einer angepassten Pflanzenschutzstrategie und einer konsequenten Sanierung weitgehend in Schach zu halten.

Die Ergebnisse des Projekts werden zusätzlich zu diesem Bericht auch in Form von Merkblättern und Sortenblättern auf www.feuerbrand.ch und www.obstsorten.ch publiziert. Sie sollen dazu beitragen, die Versorgung mit qualitativ hochwertigem Schweizer Mostobst auch in Zukunft sicherzustellen und den landschaftsprägenden und ökologisch wichtigen Mostobstanbau langfristig zu erhalten und zu fördern.

Summary

In an increasingly deregulated market environment, a high juice quality and short transport distances thanks to local products are major trump cards for Swiss fruit producers and processors. In addition, regionality and quality are very popular with many consumers. But cider fruit production is threatened by the bacterial disease fireblight, caused by *Erwinia amylovora*. Fireblight is a notifiable, highly contagious disease. Infested trees must be extensively sanitized by pruning or tearing off infected plant parts according to the cantonal directives. Depending on the disease severity, trees or whole cider orchards have even to be cleared. In Switzerland, fireblight occurred first in 1989. After severe outbreaks in 2007 and 2012 with economically large losses, the demand for solutions was accordingly high. From 2008 till 2015, the use of the antibiotic streptomycin against fireblight was locally and temporarily limited allowed, however only under strict conditions. Nevertheless, it was clear right from the beginning that the use streptomycin could only be a temporary solution. Hence, in 2012 was the kick-off for the three-and-a-half-year project HERAKLES (2012-2015), which was funded by the CAVO Foundation, the cantons Aargau, Lucerne, St Gallen, Thurgau and Zurich as well as the Quality Juice Foundation. The project, conducted at Agroscope in Wädenswil, focused on three approaches for a sustainable fireblight management: robust varieties, effective crop protection and adapted cultivation methods.

In crop protection trials in the project HERAKLES, strategies with the products LMA, Vacciplant, Blossom Protect and Myco-Sin were tested for integrated and organic farming. These trials demonstrated that so far none of these strategies

could keep up with the high efficiency of a strategy with streptomycin. It is therefore all the more important to include fire blight robust varieties as a key-factor for a holistic fire blight management. In shoot inoculation tests with artificial fireblight inoculation in the greenhouse, 59 apple and 45 pear varieties were tested. In the field, 39 apple and two pear varieties were tested for their susceptibility to fire blight by artificial flower inoculation. In each test almost half of the varieties proved to be at least "low" susceptible to fire blight, including nine apple varieties with the rating "very low" in both tests. In consideration of data from the juice processing trials (34 mono-varietal juices; 28 different varieties) and the evaluation of the agronomic cultivation trials on standard and half-standard trees, at least 15 promising varieties featuring good disease robustness, high juice quality and good cultivation characteristics were identified. These varieties will be further examined in the follow-up project HERAKLES Plus, for example for susceptibility to the fungal disease *Marssonina coronaria*. But even varieties found to be robust to fireblight may be infested under heavy disease pressure. However, the infection progresses more slowly than in susceptible varieties and hence, sanitation by removing infested plant parts is more promising with robust varieties. The question whether robust varieties can be successful in the long term even in a fireblight region was investigated based on two selected standard tree orchards with robust varieties from the Interreg IV project in the canton St Gallen. Although all trees have been asymptomatic since planting in 2004 and 2007, respectively, fire blight bacteria were regularly detected in the young shoots by quantitative PCR. Hence, robust varieties are no guarantee for a fireblight-free orchard. However, they are the decisive basis, in combination with an adapted crop protection strategy and a consistent sanitation, to keep fireblight largely in check.

In addition to this report, the project results will be published in the form of information sheets and variety fact sheets on www.feuerbrand.ch and www.obstsorten.ch. The results will contribute to ensure the supply with high-quality Swiss cider fruits in future as well as to preserve and promote the ecologically important cider production as a characteristic landscape element in the long term.

2 Projektübersicht

Projektziele

Ziel des Projekts HERAKLES ist die Integration verschiedener Ansätze zur Prävention und zum nachhaltigen Management des Feuerbrands und ihre Umsetzung in die Praxis. Das Projekt basiert auf folgenden drei Schwerpunkten:

- Umfassende Prüfung feuerbrandrobuster Kernobstsorten und Veredlungsunterlagen aus der klassischen Züchtung sowie traditioneller Sorten für den Erwerbs- und Feldobstbau.
- Versuche zur Wirksamkeit und Einsatzoptimierung von Substanzen zur biologischen und/oder chemischen Bekämpfung von Feuerbrand als Alternativen zu Streptomycin.
- Erarbeiten wissenschaftlicher Grundlagen für die fachgerechte Feuerbrand-Prävention und Sanierung befallener Obstgärten im Erwerbs- und Feldobstbau.

Teilprojekte: Arbeitspakete und Praxisnutzen

Teilprojekt 1: Sortenprüfung und Anbau

- Testen der Feuerbrandanfälligkeit vielversprechender Kernobstsorten im Gewächshaus und Freiland (Trieb und Blüte)
- Erhebung von Wuchs, Ertrag, Krankheitsanfälligkeit, Qualität und Verarbeitungseigenschaften dieser Sorten
- Empfehlungen für die Sortenwahl im Erwerbs- und Mostobstanbau (Hochstamm- und Erwerbsanlagen)
- Nutzen: Zuverlässige Entscheidungsgrundlagen für die Umstellung des Sortiments

Teilprojekt 2: Wirksamkeit und Einsatzoptimierung

- Aufbau einer Prüfparzelle für Freilandversuche mit künstlicher Feuerbrandinokulation
- Testen der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Wirksubstanzen unter identischen Voraussetzungen
- Einsatzoptimierung von vielversprechenden Produkten bzw. Wirkstoffen und Strategien
- Nutzen: Wirksamkeits- und Einsatzoptimierung verschiedener PSM und Pflanzenschutzstrategien

Teilprojekt 3: Optimierte Prävention und Sanierung

- Untersuchung des nicht sichtbaren Befallsfortschrittes
- Vergleich von Trieb- und Blütenanfälligkeit (Gewächshaus und Freiland)
- Nutzen: Optimierte, praxisnahe Empfehlungen für die Prävention und fachgerechte Sanierung von Kernobstbäumen mit Feuerbrandbefall



Abbildung 1: HERAKLES-Projektstruktur.

Projektbearbeitung und Projektleitung

Hauptverantwortlich für die Projektbearbeitung und Rechnungsführung ist Agroscope.

Projektleitung:

Sarah Perren

Tel. +41 58 460 61 99

E-Mail: sarah.perren@agroscope.admin.ch

Teilprojektleitung Wirksamkeit und Einsatzoptimierung:

Eduard Holliger

Tel. +41 58 460 64 52

E-Mail: eduard.holliger@agroscope.admin.ch

Projektbearbeitung und Kontakt:

Anita Schöneberg

Schloss 1

CH-8820 Wädenswil

Tel. +41 58 460 63 85

E-Mail: anita.schoeneberg@agroscope.admin.ch

Die Projekt- und Mitfinanzierungspartner begleiteten und steuerten die Projektdurchführung gemeinsam. Sie trafen sich dazu jährlich jeweils im vierten Quartal. Das Abschluss-Projekttreffen fand am 25. November 2015 statt.

Projektpartner

- Josiane Enggasser, Stiftungsratspräsidentin CAVO-Stiftung, 6300 Zug
- Andreas Distel, Fachstelle Pflanzenschutz, Liebegg, Kanton AG, 5722 Gränichen
- Beat Felder, Fachstelle Spezialkulturen, BBZN Hohenrain, Kanton LU, 6210 Sursee
- Richard Hollenstein, Fachstelle Obst, LZSG Flawil, Kanton SG, 9230 Flawil
- Urs Müller, Fachstelle Pflanzenschutz, BBZ Arenenberg, Kanton TG, 8268 Salenstein
- David Szalatnay, Fachstelle Obst, Strickhof, Kanton ZH, 8408 Winterthur-Wülflingen
- Paul Zwiker, Quality Juice Foundation

3 Teilprojekt 1: Sortenprüfung und Anbau

Während der vergangenen vier Projektjahre wurden verschiedene Apfel- und Birnensorten auf ihre Feuerbrandanfälligkeit im Gewächshaus und im Freiland getestet, die Früchte vielversprechender, robuster Kandidaten zu Saft verarbeitet und verkostet und parallel wurden ausgewählte Apfelsorten in Praxisanlagen geprüft. Mit steigender Zahl an gesammelten Daten kann so nach und nach ein vollumfängliches Bild der verschiedenen Sorten gezeichnet werden.

Die Beurteilung von Apfel- und Birnensorten hinsichtlich ihrer Feuerbrandanfälligkeit ist komplex. Je nach Witterungsbedingungen, Blühverlauf, Alter der Bäume und Infektionsdruck kann die Anfälligkeit eines Baumes stark variieren. Durch die Kombination von künstlichen Triebinokulationsversuchen im Gewächshaus und Blüteninokulationsversuchen im Feld, mehrjährigen Feldbeobachtungen, der Berücksichtigung bisheriger Erkenntnisse anderer Forschungsinstitute sowie Literaturangaben, kann die Feuerbrandanfälligkeit der verschiedenen Sorten jedoch immer besser abgesichert werden.

3.1 Triebanfälligkeit

Da der Feuerbranderreger *Erwinia amylovora* ein Quarantäneorganismus der Biosicherheitsstufe 2 ist, wurden alle Triebanfälligkeitstests im Quarantänegewächshaus (GX, Biosicherheitsstufe 2) der Agroscope am Standort Wädenswil durchgeführt.

Im Projekt HERAKLES konnten von 2012-2015 insgesamt 59 Apfel- und 45 Birnensorten mittels künstlicher Triebinokulation im Quarantänegewächshaus geprüft werden. Einige vielversprechende Sorten wurden wiederholt getestet, was insgesamt 77 Triebtests für Äpfel und 59 Triebtests für Birnen ergibt. Nimmt man die Auftragstestungen für die Vereinigung Fructus und ProSpecieRara hinzu, kommt man sogar auf insgesamt 114 Apfelsorten (146 Triebtests) und 63 Birnensorten (80 Triebtests). Zusammen mit dem Vorgängerprojekt SOFEM (2008–2011) wurden mittlerweile sogar schon 183 Apfelsorten und 64 Birnensorten auf ihre Feuerbrandanfälligkeit getestet. Im Laufe der beiden Projekte konnten verschiedene Sorten bereits mehrfach getestet, und deren Ergebnisse zur Anfälligkeit somit konsolidiert werden.

Im letzten Projektjahr wurde in drei Serien die Triebanfälligkeit von insgesamt 21 Apfel- und 17 Birnensorten mittels künstlicher Triebinokulationen im GX geprüft. Die Sortenauswahl basierte wiederum auf den Ergebnissen der Triebanfälligkeitstests der Vorjahre, den Verarbeitungsversuchen, auf Hinweisen aus der Praxis und verschiedenen internationalen Züchtungsinstituten und Versuchsstationen, sowie auf Literaturangaben.

Methodik

Für die Triebtestung wurden die Apfel- und Birnenreiser der zu testenden Sorten auf den Unterlagen M9 T337, bzw. BA29 (2015 teilweise mit Zwischenveredelung Conférence), veredelt und in Rosentöpfen (Höhe: 35.5 cm; Durchmesser: 7 cm) während vier bis sechs Wochen im Gewächshaus angezogen (Temperatur 18-25°C, 50-70% relative Luftfeuchte, 11 Stunden Licht). Pro Sorte wurden 12 Pflanzen angezogen, Blüten und Triebe aus der Unterlage wurden regelmässig entfernt. Es wurde ein Schwefelverdampfer gegen Mehltau und ein Insektizid gegen Blattläuse eingesetzt. Bei Erreichen einer Trieblänge von mindestens 10 cm wurden die Pflanzen auf den stärksten Trieb reduziert und im Quarantänegewächshaus in einer randomisierten vollständigen Blockanlage aufgestellt (10 Pflanzen pro Sorte). Die Klimabedingungen waren die gleichen wie in der Anzucht. Im Quarantänegewächshaus konnten sich die Pflanzen noch einige Tage akklimatisieren, bevor sie mit dem Feuerbranderreger inokuliert wurden (Schweizer Stamm *Erwinia amylovora* ACW 610 rif mit einer Konzentration von 10^9 cfu/ml). Die Bakterienlösung wurde mithilfe einer Medizinalspritze 0.5 cm unterhalb des letzten vollentwickelten Blattes direkt in die Spitze des Jungtriebes injiziert (Rezzonico und Duffy 2007), sodass auf der gegenüberliegenden Seite ein Tropfen der Bakterienlösung haften bleibt (Abbildung 2). Von der Einstichstelle aus verbreiten und vermehren sich die Bakterien im Trieb, der sich bei Befall grün-grau bis schwarz verfärbt. Diese äusserlich sichtbare Läsionslänge (LL) wurde wöchentlich, während drei Wochen, ab der Triebspitze gemessen. Zusätzlich wurde bei der ersten Messung die Gesamtrieblänge gemessen. Als Referenzsorten dienten ‚Gala Galaxy‘ (anfällig) und ‚Rewena‘ bzw. ‚Enterprise‘ (robust) (Abbildung 2) für die Äpfel und ‚Passe Crassane‘ bzw. Conférence (anfällig) und ‚Harrow Sweet‘ (robust) für die Birnen.

Zur Beurteilung der Triebanfälligkeit wurde die LL in Prozent der Gesamtrieblänge drei Wochen nach der künstlichen Inokulation (LL3) berechnet (in Anlehnung an Le Lezec und Paulin 1984) und für die Äpfel in Relation zu der LL3 der anfälligen Referenzsorte ‚Gala Galaxy‘ gesetzt. Damit können die Resultate verschiedener unabhängiger Versuchsserien und Jahre verglichen werden. Ist die % LL3 kleiner als 25% von ‚Gala Galaxy‘, kann sie als sehr niedrig, bis 40% von ‚Gala Galaxy‘ als niedrig beurteilt werden (Tabelle 1). Diese Methode hat sich bei den Testungen im Rahmen des BEVOG- und des SOFEM-Projektes bewährt und ergibt eine realistische Darstellung der Ergebnisse, die es erlaubt Jahresunterschiede, sowie Abweichungen zwischen den einzelnen Sorten, abzufangen.

Die Triebanfälligkeit von Birnen wird nach Le Lezec und Paulin (1984) beurteilt. Eine Läsionslänge bis 40% wird als sehr niedrig bis niedrig beurteilt. Eine Läsionslänge über 60% wird als hoch bis sehr hoch anfällig beurteilt (Tabelle 2).

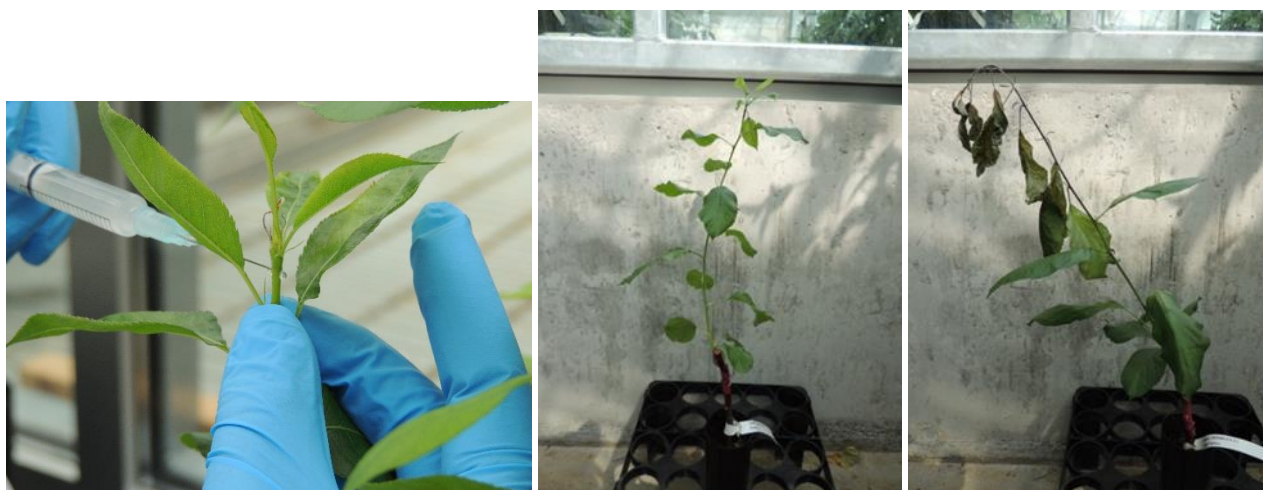


Abbildung 2: Links: Inokulation der Triebspitze mit der Bakterienlösung mithilfe einer Medizinalspritze. Mitte: robuste Apfel-Referenzsorte ‚Rewena‘. Rechts: anfällige Referenzsorte ‚Gala Galaxy‘, jeweils 3 Wochen nach Inokulation.

Tabelle 1: Einstufung der Triebanfälligkeit von Apfelsorten gegenüber Feuerbrand drei Wochen nach der künstlichen Inokulation der Triebspitze (LL3).

Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach Triebinokulation für Apfel	
sehr niedrig	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) < 25 % verglichen mit der %LL3 von ‚Gala Galaxy‘
niedrig	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 25-40 % verglichen mit der %LL3 von ‚Gala Galaxy‘
mittel	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 40-60 % verglichen mit der %LL3 von ‚Gala Galaxy‘
hoch	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 60-100 % verglichen mit der %LL3 von ‚Gala Galaxy‘
sehr hoch	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) > 100 % verglichen mit der %LL3 von ‚Gala Galaxy‘

Tabelle 2: Einstufung der Triebanfälligkeit von Birnensorten gegenüber Feuerbrand drei Wochen nach der künstlichen Inokulation der Triebspitze (LL3) (nach Le Lezec und Paulin 1984).

Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach Triebinokulation für Birne	
sehr niedrig	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 0-20 %
niedrig	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 20-40 %
mittel	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 40-60 %
hoch	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 60-80 %
sehr hoch	Sichtbare Läsionslänge (%LL3) 80-100 %

Resultate

Die Triebinokulationsversuche zeigen, dass sich die Sorten bezüglich der sichtbaren Ausbreitung der Bakterien im Wirtsgewebe unterscheiden. Als robust werden Sorten bei Agroscope eingestuft, welche eine sichtbare Läsion unter 25% im Vergleich zu ‚Gala Galaxy‘ aufweisen. Diese Erkenntnis ist wertvoll für die Praxis, da eine Sanierung durch geeignete Kulturmassnahmen aussichtsreicher ist, wenn sich die Bakterien in der Wirtspflanze langsamer ausbreiten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in den äusserlich gesund aussehenden, grünen Pflanzenteilen nicht bereits Bakterien vorhanden sind. Dies ist für die Praxis insofern brisant, da diese Bäume als „unerkannte“

Infektionsquellen gelten könnten und somit gesunde Wirtspflanzen im Umfeld gefährden. Zu beachten ist weiterhin, dass die Triebtests lediglich Anhaltspunkte für die Ausbreitung der Bakterien im Wirtsgewebe liefern und keine Auskunft über die Blütenanfälligkeit der Sorten geben.

Die robusten Referenzen ‚Rewena‘ und ‚Enterprise‘ weisen eine stabile, sehr niedrige Anfälligkeit von unter 20% LL3 vs. ‚Gala Galaxy‘ auf. Insgesamt wurden im Projekt HERAKLES neun Sorten „sehr niedrig“ anfällig im Triebtest getestet (siehe Anhang A, Seite 37 ff.). Bei ‚Retina‘, ‚Resi‘, ‚Imara‘ und ‚Pomme Boverde‘ war dieses Ergebnis auch in der zweiten Testung reproduzierbar. Aber auch die „niedrig“ getesteten Sorten sind interessant

für weitere Testungen. Hierunter befinden sich neben der modernen Mostapfelsorte ‚Judor‘ des französischen Forschungsinstituts I.N.R.A (Institut National de la Recherche Agronomique) vor allem alte und seltene Sorten wie ‚Mutterapfel‘, ‚Weisser Wintertaffel‘, ‚Adamsparmäne‘, ‚Schöner von Kent‘ oder ‚Eierlederapfel‘. Alle diese Sorten wurden bereits zweimal getestet. Zusammen mit dem Vorgängerprojekt SOFEM ergibt sich dadurch eine Liste mit 16 „sehr niedrig“ und 25 „niedrig“ getesteten Apfelsorten (siehe Anhang G, Seite 67 ff.).

Wiederholt hoch anfällig getestete Sorten waren unter anderem ‚Regine‘, ‚Reglindis‘, ‚Waldhöfler‘, ‚Golden Orange‘, ‚Gravensteiner‘, ‚Rajka‘, ‚Berner Rosen‘ oder ‚Santana‘, jedoch waren alle weniger anfällig als die Referenz ‚Gala Galaxy‘.

Die Testung von Birnensorten mittels künstlicher Triebinokulation gestaltet sich schwieriger, da Birnen deutlich anfälliger sind als Äpfel. Die Chance, robuste Birnensorten zu finden, ist daher geringer. Auch die Schwankungen zwischen den einzelnen Testserien sind bei den Birnen grösser. 2012 und 2015 wurde beispielsweise sogar die robuste Referenz ‚Harrow Sweet‘ nur mittel anfällig getestet. Deshalb, und weil bei den Birnen die Anfälligkeit bisher nicht anhand der anfälligen Referenzsorte berechnet wird, sind die Birnen-Triebtests immer im Vergleich innerhalb der jeweiligen Versuchsserie zu betrachten.

Zusammen mit den im Projekt SOFEM getesteten Birnensorten wurden 4 Sorten „sehr niedrig“ und weitere 4 Sorten „niedrig“ anfällig getestet (siehe Anhang G, Seite 70 ff.). Wiederholt robust zeigte sich die Tafelbirne ‚Madame Verté‘ mit meist geringeren Läsionslängen als die robuste Referenz. Weitere „sehr niedrig“ getestete Sorten sind ‚Harrow Delight‘, ‚Old Home‘ und die ‚Petersbirne‘ (erst einmal getestet). Wiederholt „niedrig“ wurden neben der robusten Referenz ‚Harrow Sweet‘ auch ‚Josefine von Mecheln‘, die ‚Wahlsche Schnapsbirne‘ und die ‚Wilde Eierbirne‘ getestet. Zwar nur „mittel“, aber niedriger als die robuste Referenz ‚Harrow Sweet‘ im Jahr 2012 mit eher hohen Läsionslängen, wurden ‚Trübler‘ und ‚Affelträngler‘ getestet. Eine Übersicht aller im Projekt HERAKLES getesteten Birnensorten befindet sich im Anhang B ab Seite 38.

3.2 Blütenanfälligkeit

Die Blüte ist der wichtigste Infektionsweg unter Feldbedingungen (Thomson 2000). Wenn zur Blütezeit eine hohe Infektionsgefahr besteht, können grundsätzlich alle Kernobstsorten vom Feuerbrand befallen werden. Es konnte jedoch beobachtet werden, dass sich die sichtbaren Feuerbrandsymptome je nach Sorte unterschiedlich schnell von der Blüte bis ins Holz ausbreiten. Blüteninokulationsversuche unter Freilandbedingungen erweitern somit das Anfälligkeitsbild einer Sorte und verbessern die Aussagekraft für die Situation im Feld. Für die Blütentestung wurden die vielversprechenden Kandidaten aus der Triebtestung ausgewählt.

Im Frühjahr 2013 konnte am Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof in Wintersingen (BL) eine im Rahmen des Projektes HERAKLES neu erstellte, schweizweit einmalige totaleingezogene Versuchsparzelle für Freilandversuche mit Feuerbrand in Betrieb genommen werden. Durch das insektendichte Netz wird gewährleistet, dass keine Vektoren ein- oder austreten können. Die Parzelle kann nur durch eine Schleuse betreten werden. Um die Gefahr einer Verschleppung der Feuerbrandbakterien zu minimieren, wird aus der Parzelle heraustransportiertes Material dekontaminiert. Nach Abschluss der Versuche werden zudem jährlich Wirtspflanzen in einem Umkreis von 500 m um die Parzelle auf Feuerbrandbefall kontrolliert.

Methodik

Die zu testenden Sorten wurden auf der Unterlage M9 T337, teils mit einer ‚Golden Delicious‘ Zwischenveredelung, veredelt. Die 2- bis 3-jährigen Bäume wurden eingetopft (Topfvolumen: 10 l), ein weiteres Jahr kultiviert und anschliessend im Frühjahr in der Parzelle aufgestellt. Die Bäume der ersten Testserie eines Jahres beginnen mit dem Jahresverlauf zu blühen. Im Gegensatz dazu ist die Blüte in der zweiten Serie terminiert: Die Bäume werden im Kühlraum überwintert und zum gewünschten Zeitpunkt herausgenommen und so im Sommer zum Blühen gebracht. Pro Sorte wurden zwölf 2- bis 3-jährige Topfbäume in jeweils drei Wiederholungen zu je vier Bäumen aufgeteilt und in einer randomisierten vollständigen Blockanlage in der Parzelle aufgestellt. Die Bäume wurden über ein Einzel-Tropfbewässerungssystem mit Wasser versorgt. Während der Blüte sorgten innerhalb der totaleingezogenen Parzelle zwei Bienenvölker für die Bestäubung. Für die Inokulation wurden pro Baum zehn Blütenbüschel in der Vollblüte (BBCH65) markiert und mithilfe eines Handsprühers mit einer *E. amylovora*-Lösung (Schweizer Stamm ACW 610 Wildtyp, Konzentration: 3.5×10^8 cfu/ml) inokuliert (Abbildung 3).



Abbildung 3: Inokulation der offenen Blüten mit der Bakterienlösung mithilfe eines Handsprühers.

Anschliessend wurde im Versuchsjahr 2013 die Hälfte der Blütenbüschel für sechs Tage in Plastikbeutel eingetütet, um einen Witterungsschutz und gute Infektionsbedingungen für die Bakterien zu schaffen. Bei der anderen Hälfte der Blütenbüschel im Jahr 2013 sowie in

Versuchsjahren 2014 und 2015 wurde auf diese Plastikbeutel verzichtet, da 2013 kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Befallsergebnissen eingetüteter und nicht eingetüteter Blütenbestand (Daten hier nicht gezeigt). Die inkulierten Blütenbüschel wurden nach 7, 14, 21 und 28 Tagen auf Befall bonitiert. Als Referenzsorten dienten ‚Gala Galaxy‘ (anfällig) und ‚Enterprise‘ bzw. ‚Rewena‘ (robust). Das Boniturschema umfasst neun Klassen und reicht von keinen bzw. unklaren Symptomen über Infektionen einzelner Blüten und ganzer Blütenbüschel bis hin zu Nekrosen im Holz mit unterschiedlicher Ausprägung (Tabelle 4). Für die Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach Blüteninokulation wurde der Anteil an Blütenbüscheln > Klasse 5 (in %) zum Boniturtermin 28 Tage nach Inokulation in Relation zu ‚Gala Galaxy‘ betrachtet (Tabelle 3).

Resultate

Im Projekt HERAKLES konnten seit 2013 39 Apfelsorten (44 Testungen mit Referenzen) und zwei Birnensorten auf ihre Blütenanfälligkeit gegenüber Feuerbrand getestet werden. Bei den meisten Sorten konnte die zuvor im Triebtest bereits festgestellte Robustheit auch im Blütentest bestätigt werden. Es gab jedoch auch Abweichungen in beide Richtungen (siehe auch Kapitel 3.3.1 Statistische Korrelation).

Bei Sorten mit einem hohen Anteil an Blütenbüscheln in den Klassen 3 bis 5 beschränken sich die sichtbaren Symptome auf die Blütenorgane. Eine Sanierung bei diesen Sorten ist vermutlich erfolgversprechend. Es ist jedoch immer anzunehmen, dass sich auch jenseits der sichtbaren Symptomausbreitung Bakterien in optisch gesundes Gewebe verbreitet haben. Bei Befall ab Klasse 6 hingegen hat sich der Feuerbrandbefall auch optisch über die Blüten hinaus ausgebreitet. Ab Klasse 7 ist im Holz eine klare Nekrose zu erkennen. Die Sanierung wird bei diesen tief gehenden Symptomen bereits schwieriger. Die Referenzsorten befanden sich auch im Blütentest jeweils an der unteren und oberen Grenze der Anfälligkeitsskala (Abbildung 4). Knapp die Hälfte der getesteten Sorten wurde „sehr niedrig“ oder „niedrig“ anfällig getestet. Die meisten Sorten schnitten besser ab als die anfällige Referenz ‚Gala Galaxy‘. Lediglich in der zweiten Versuchsserie 2013 hatte ‚Sauergraeuch‘ mehr Blütenbüschel > Klasse 5 als ‚Gala Galaxy‘. In der zweiten Serie 2013 waren die Symptome jedoch bei allen Sorten

aufgrund der höheren Temperaturen im Juni stärker ausgeprägt. Sie ist deshalb nur bedingt mit den anderen Versuchsserien vergleichbar. Im Allgemeinen können die Schwankungen bei Freilandversuchen mit Feuerbrand je nach Witterungsbedingungen grösser sein als unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus.

Als „sehr niedrig“ anfällig nach künstlicher Blüteninokulation im Freiland zeigten sich die schorfresistenten Sorten ‚Rubinola‘, ‚Reanda‘ und ‚Remo‘ sowie ‚Empire‘, ‚Dalinette‘, ‚Spartan‘, ‚Grauer Hordapfel‘, ‚Envy®‘ und ‚Santana‘. Neben den robusten Referenzen ‚Enterprise‘ und ‚Rewena‘ zeigte jedoch nur ‚Rubinola‘ überhaupt keine Symptome > Klasse 5 (Abbildung 4). Eine ganze Reihe von Sorten zeigte sich im Blütentest „niedrig“ anfällig: ‚Florina‘, ‚Reglindis‘, ‚Schweizer Orange‘, ‚Heimenhofer‘, ‚Resi‘, ‚Kanada Reinette‘, ‚Bittenfelder‘ und ‚Ingol‘. Bis auf ‚Envy®‘, ‚Kanada Reinette‘, ‚Santana‘ und ‚Schweizer Orange‘, die im Triebtest mittel bis sehr hoch anfällig waren, bestätigt sich das Ergebnis der Triebtestungen bei den anderen Sorten.

Die „mittel“ und „hoch“ getesteten Sorten, sowie der „sehr hoch“ getestete ‚Sauergraeuch‘, stammen grösstenteils aus der bereits erwähnten 2. Serie 2013. Diese Sorten werden im Nachfolgeprojekt HERAKLES Plus noch einmal wiederholt. Nicht in dieser 2. Serie waren jedoch ‚Schneiderapfel‘ und ‚Maunzenapfel‘, die sich trotz niedriger Einstufung im Triebtest „hoch“ anfällig im Blütentest zeigten. Unter den „hoch“ anfälligen Sorten im Blütentest war ‚Waldhöfler‘ bereits im Triebtest als „hoch“ anfällig eingestuft worden.

Bei den zwei bisher getesteten Birnen wurde ohne Referenzsorten gearbeitet und die beiden Sorten wurden in unterschiedlichen Jahren getestet. Deshalb ist der Vergleich zwischen den Sorten schwierig. Die ‚Schweizer Wasserbirne‘ zeigte sich im Blütentest 2014 sehr robust, mit nur 25% Blütenbüscheln in der Klasse 6, bonitiert vier Wochen nach Inokulation. Bei der 2015 getesteten ‚Karcherbirne‘ wurden hingegen 62% Blütenbüscheln mit Symptomen in den Klassen 6 bis 9 bonitiert.

Eine detaillierte Übersicht zu den Ergebnissen der Blütentestungen im Projekt HERAKLES befindet sich im Anhang C ab Seite 41.

Tabelle 3: Einstufung der Feuerbrandanfälligkeit von Apfelsorten nach Blüteninokulation vier Wochen nach der künstlichen Blüteninokulation.

Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach Blüteninokulation für Apfel		
sehr niedrig	< 25 %	Blütenbüschel > Klasse 5 verglichen mit ‚Gala Galaxy‘
niedrig	25-40 %	Blütenbüschel > Klasse 5 verglichen mit ‚Gala Galaxy‘
mittel	40-60 %	Blütenbüschel > Klasse 5 verglichen mit ‚Gala Galaxy‘
hoch	60-100 %	Blütenbüschel > Klasse 5 verglichen mit ‚Gala Galaxy‘
sehr hoch	> 100 %	Blütenbüschel > Klasse 5 verglichen mit ‚Gala Galaxy‘

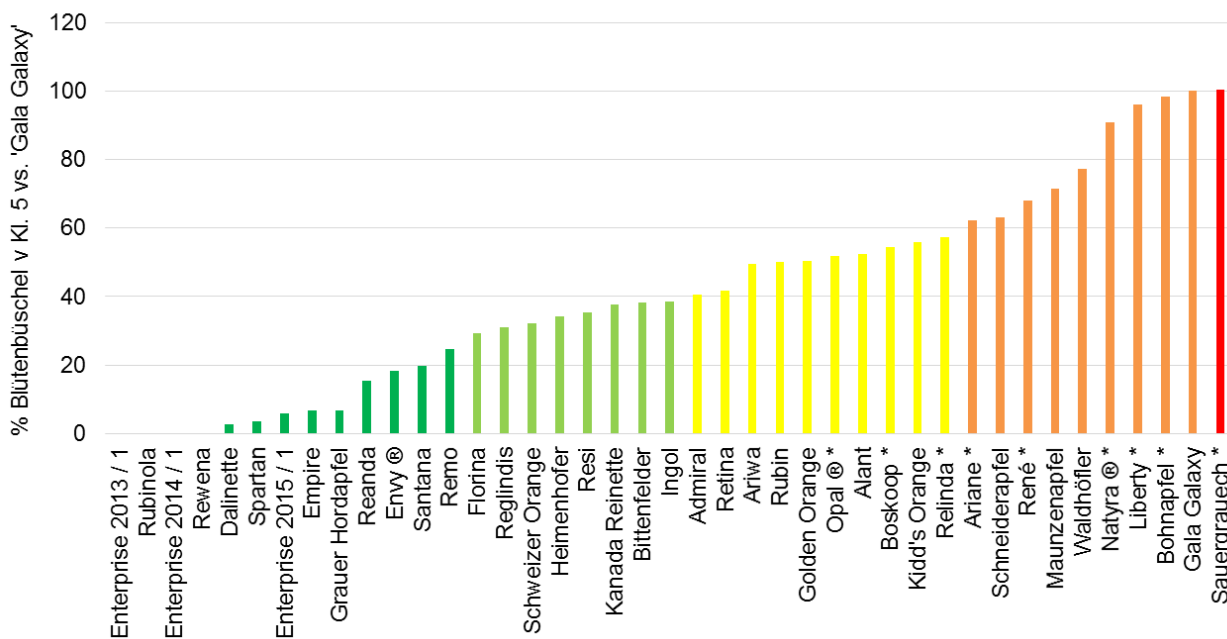


Abbildung 4: Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach künstlicher Blüteninokulation mit *Erwinia amylovora* für die im Projekt HERAKLES von 2013 bis 2015 getesteten Apfelsorten. Dargestellt ist der prozentuale Anteil von Blütenbüscheln > Klasse 5 vs. ‚Gala Galaxy‘, bonitiert 4 Wochen nach Inokulation. Robuste Referenzen ‚Enterprise‘ und ‚Rewena‘, anfällige Referenz ‚Gala Galaxy‘. Dunkelgrün = < 25%, hellgrün = 25-40%, gelb = 40-60%, orange = 60-100%, rot = > 100% Blütenbüschel > Klasse 5 vs. ‚Gala Galaxy‘. Die mit einem Stern (*) markierten Sorten wurden in der zweiten Serie 2013 (Juni) getestet, wo aufgrund der höheren Temperaturen die Symptome bei allen Sorten stärker ausgeprägt waren. Diese Daten sind deshalb nur bedingt mit den anderen Versuchsserien vergleichbar.

Tabelle 4: Boniturskala für die Blüteninfektion nach künstlicher Inokulation im Freiland.

Klasse		Beschreibung	
1	keine Infektion	<ul style="list-style-type: none"> Alle Blüten bzw. ganzer Büschel ohne optisch erkennbare Symptome Verfärbung & Verwelken entsprechen dem sortentypischen Abblühen 	
2	unklare Symptome	<ul style="list-style-type: none"> Blütenboden, -stiel & Kelch grün Staub- und / oder Fruchtblätter braun-schwarz verfärbt Symptome nicht eindeutig als Feuerbrand einzustufen 	
3	Blüteninfektion < 1/3	<ul style="list-style-type: none"> Staub-, Fruchtblätter braun-schwarz verfärbt Kelchblätter und / oder Blütenboden orange bis schwarz verfärbt Stiel ohne Nekrose oder weniger als 1/3 Stiellänge nekrotisch verfärbt 	
4	Blüteninfektion > 1/3	<ul style="list-style-type: none"> Blütenboden und -stiel orange bis schwarz verfärbt Stiel ganz oder mindestens 1/3 Stiellänge nekrotisch verfärbt Blütenstandstiel grün, klare Abtrennung 	
5	Blütenbüschel und Blütenstandstiel	<ul style="list-style-type: none"> Nekrose nicht nur auf Blütenstiele beschränkt Blütenstandstiel dunkel verfärbt, Blätter gesund 	
6	Blütenbüschel, Blütenstandstiel und Jungtrieb	<ul style="list-style-type: none"> Vorhandene Jungtriebe krank Sind keine Jungtriebe vorhanden, ganzer Büschel bis zum Holz krank (inkl. Blütenstandstiel und Blätter) Keine Nekrose im Holz sichtbar 	
7	Nekrose im Holz < 5 cm	<ul style="list-style-type: none"> Nekrose auch im Holz sichtbar (< 5 cm) 	
8	Nekrose im Holz > 5 cm und < 10 cm	<ul style="list-style-type: none"> Nekrose im Holz sichtbar (< 10 cm) 	
9	Nekrose im Holz > 10 cm	<ul style="list-style-type: none"> Nekrose im Holz sichtbar (> 10 cm) 	

3.3 Vergleich Trieb- und Blütenanfälligkeit

3.3.1 Statistische Korrelation

Die Methode der Triebinokulation erlaubt es, viele verschiedene Sorten in relativ kurzer Zeit auf ihre Feuerbrandanfälligkeit zu prüfen. Der wichtigste Infektionsweg im Feld ist jedoch über die Blüte (Thomson 2000). Die Methode der Blüteninokulation entspricht daher eher den natürlichen Infektionsbedingungen in der Praxis. Die Vorbereitung der Blütenbäume erfordert allerdings eine Vorlaufzeit von zwei bis drei Jahren und die Versuchsdurchführung ist ebenfalls zeitaufwendig. Die Ergebnisse sind zudem von der Witterung während der Blüte abhängig. Sorten, die während günstigen Infektionsbedingungen blühen, haben ein grösseres Risiko infiziert zu werden als beispielsweise Sorten mit der Blüte in einer kühleren Periode.

Für die Korrelationsanalyse wurde die im Triebtest ermittelte prozentuale Läsionslänge (gemessen 3 Wochen nach Inokulation) im Verhältnis zu ‚Gala Galaxy‘ (% LL3 vs. ‚Gala Galaxy‘) mit dem im Blütentest ermittelten prozentualen Anteil der Blütenbüschel mit Feuerbrand-symptomen > Boniturklasse 5 im Verhältnis zu ‚Gala Galaxy‘ verglichen. Ab der Boniturklasse 6 gehen die sichtbaren Symptome ins Holz über, sodass die Bakterien sich im Baum ausbreiten können. Die Sorten wurden zumeist mindestens zweimal im Triebtest geprüft (ausser für ‚Bohnapfel‘, ‚Rubinola‘, ‚Grauer Hordapfel‘, ‚Rubin‘, ‚Ariwa‘ und ‚Spartan‘). Für die Korrelationsanalyse wurde der Mittelwert der bisher ermittelten Werte für die % LL3 vs. ‚Gala Galaxy‘ berechnet. Die Blütentestungen wurden bisher erst einmal mit jeder Sorte durchgeführt (ausgenommen Referenzsorten).

Trotz der noch ausstehenden Wiederholungen der meisten Sorten in der Blüteninokulation lässt die Korrelationsanalyse bereits erste Rückschlüsse zur Vergleichbarkeit der beiden Testmethoden zu. Die mit den beiden Methoden festgestellte Feuerbrandanfälligkeit einer Sorte korreliert nur schwach, aber positiv und signifikant (Spearman-Korrelationskoeffizient = 0,3,

Bestimmtheitsmass $R^2 = 0.1$, $p = 0.023$). Das bedeutet, es besteht grundsätzlich ein positiver linearer Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Triebtestung und der Blütentestung. Sorten mit einer niedrigen Anfälligkeit in der Triebinokulation zeigten tendenziell auch eher eine niedrige Anfälligkeit in der Blüteninokulation und umgekehrt. Dass die Korrelation nur schwach ist (der Spearman-Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei 0 keine und 1 die stärkste Korrelation bedeutet), zeigt aber, dass es auch einige Sorten gibt, bei denen dieser Zusammenhang nicht zutrifft (Abbildung 5). Nimmt man die zweite Serie 2013 mit den aussergewöhnlich stark ausgeprägten Feuerbrand-symptomen aus der Auswertung heraus, verbessert sich der Spearman-Korrelationskoeffizient auf 0,5, was als eine mittelstarke Korrelation interpretiert werden kann (Bestimmtheitsmass $R^2 = 0.3$, $p = 0.001$).

‚Gala Galaxy‘ zeigt im Trieb- und im Blütentest mit die höchste Anfälligkeit. Die robusten Kontrollen ‚Enterprise‘ und ‚Rewena‘ sind ebenfalls bei beiden Untersuchungsmethoden am unteren Rand der Skala zu finden. Auch bei anderen in der Triebinokulation als „sehr niedrig“ eingestuft Sorten konnte das Ergebnis im Blütentest meist bestätigt werden, wie z.B. bei ‚Empire‘; ‚Dalinette‘, ‚Resi‘ oder ‚Grauer Hordapfel‘.

In unseren Versuchen erwiesen sich jedoch einige Sorten in der Triebinokulation als deutlich robuster als in der Bewertung der Feuerbrandanfälligkeit nach der Blüteninokulation, z.B. ‚Admiral‘, ‚Alant‘, ‚Maunzenapfel‘, ‚Retina‘ oder ‚Schneiderapfel‘. Auch der umgekehrte Fall trat auf, z.B. bei ‚Spartan‘, ‚Envy®‘ oder ‚Reglindis‘ (Abbildung 5). Dies beobachteten auch Persen *et al.* (2011) und Horner *et al.* (2014) in ähnlichen Versuchen. Mit der Triebinokulationsmethode alleine kann die Feuerbrandrobustheit einer Sorte unter Feldbedingungen also über- oder unterschätzt werden. Horner *et al.* (2014) vermuten, dass die Ursache für diese unterschiedlichen Ergebnisse aus den beiden Methoden zur Feuerbrandanfälligkeit unter anderem daher rührt, dass die genetische Basis (Quantitative Trait Loci, QTLs) für den jeweiligen Resistenzmechanismus für die Anfälligkeit des Triebes und der Blüte verschieden ist.

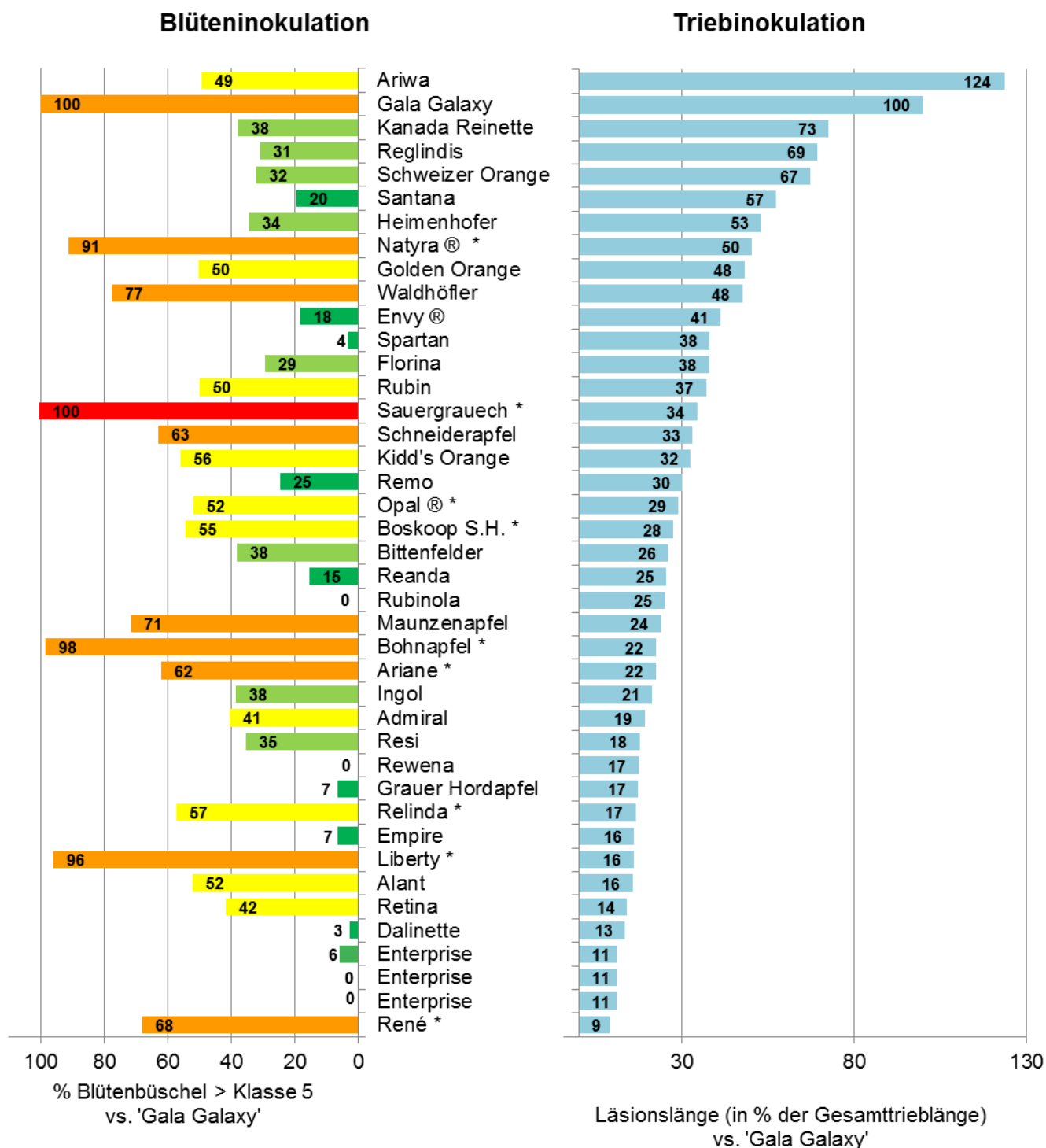


Abbildung 5: Ergebnisse der Blüteninokulation (links) in % Blütenbüschel > Klasse 5 vs. die anfällige Referenzsorte ‚Gala Galaxy‘ vier Wochen nach der Inokulation und der Triebinokulation (rechts), angegeben als Läsionslänge (in % der Gesamtrieblänge) vs. ‚Gala Galaxy‘ gemessen drei Wochen nach der Inokulation. Bei im Triebtest mehrfach getesteten Sorten sind die Mittelwerte abgebildet. Die mit einem Stern (*) markierten Sorten wurden im Blütentest in der zweiten Serie 2013 (Juni) getestet, wo aufgrund der höheren Temperaturen die Symptome bei allen Sorten stärker ausgeprägt waren. Diese Daten sind deshalb nur bedingt mit den anderen Blütentest-Versuchsserien vergleichbar.

3.3.2 Synthese: Einstufung der Feuerbrandanfälligkeit einer Sorte

Die weniger arbeits- und kostenintensive Triebinokulation ist eine gute Methode, um das vorhandene Sortenmaterial vorzuselektieren. Eine in der Triebinokulation „hoch anfällig“ eingestufte Sorte wird in der Blüteninokulation selten bedeutend besser abschneiden. Vielversprechende und im Anbau relevante Sorten sollten jedoch mit der Blüteninokulation weiter auf ihre Feuerbrandanfälligkeit hin untersucht werden. Mit der Methode der Blüteninokulation kann die Aussagekraft zur Feuerbrandanfälligkeit einer Sorte unter Feldbedingungen erhöht werden. Durch die Kombination beider Testmethoden und Beobachtungen zur Anfälligkeit der Sorten aus der Praxis können verlässliche Empfehlungen feuerbrandrobuster Sorten für den Schweizer Kernobstanbau gemacht werden.

Agroscope-intern haben sich die Forschenden auf folgendes Vorgehen geeinigt, wann eine Sorte als „robust“ eingestuft werden kann (Abbildung 6). Demnach sind als

Grundvoraussetzung mindestens zwei Triebtestungen notwendig, in der die Sorte „sehr niedrig“ anfällig getestet wurde. Beim Triebtestergebnis „niedrig“ braucht es einen Blütentest mit dem Ergebnis „eher niedrig“ oder entsprechende aussagekräftige Praxiserfahrungen, die eine Einstufung als „robust“ bestätigen. Zusätzlich zum Triebtest muss die Sorte im Blütentest ebenfalls „sehr niedrig“ getestet werden. Wenn kein Blütentest vorliegt, können aber auch aussagekräftige Praxiserfahrungen mit der Sorte im Hinblick auf Feuerbrand hinzugezogen werden.

Nach diesen strengen Auflagen konnte durch in den Projekten SOFEM und HERAKLES durchgeführte Trieb- und Blütentests die Robustheit von neun Sorten bestätigt werden. Dies sind ‚Enterprise‘, ‚Rewena‘, ‚Dalinette‘, ‚Empire‘, ‚Grauer Hordapfel‘, ‚Reanda‘, ‚Remo‘, ‚Rubinola‘ und ‚Spartan‘ (ohne Triebtest bei Agroscope). Vielversprechende Kandidaten aus den Triebtestungen werden im Nachfolgeprojekt HERAKLES Plus in der Blütentestung getestet, um ein aussagekräftiges Ergebnis zur Feuerbrandanfälligkeit weiterer Sorten zu erhalten.

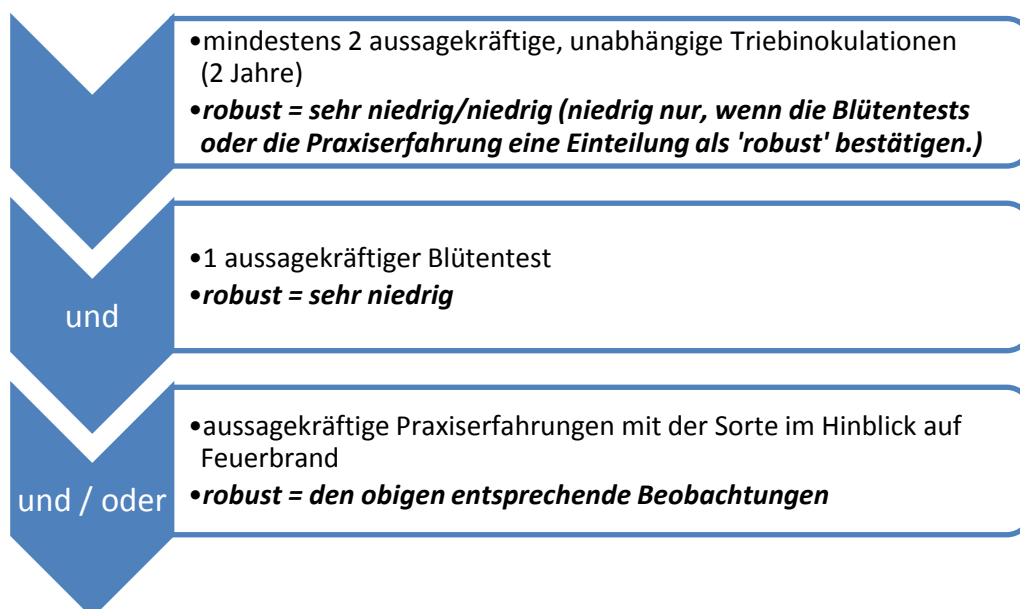


Abbildung 6: Agroscope-internes Schema zur Einstufung einer Sorte als „feuerbrandrobust“.

3.3.3 Synthese: Datenbank

Zur Verwaltung der Ergebnisse der Triebtest bei Agroscope und aus weiteren Quellen wird im Rahmen des Projekts HERAKLES die im Vorgängerprojekt SOFEM aufgebaute Access-Datenbank weiter betreut und ständig aktualisiert. Im Nachfolgeprojekt HERAKLES Plus soll diese Datenbank auf die Ergebnisse der Blütentestung erweitert werden, um die Suche nach robusten Sorten noch effizienter zu gestalten.

3.4 Verarbeitungs- und Saftigenschaften

Aus Sicht der Mostereien ist das wichtigste Kriterium für eine Sorte die Saftqualität, gemessen an Geschmack und Aroma sowie an Zucker-, Säure- und Gerbstoffgehalt. Im Projekt HERAKLES wurden die Verarbeitungsversuche für die Prüfung der technologischen Eignung der Sorten aus dem Vorgängerprojekt SOFEM fortgeführt. Vielversprechende Sorten wurden wiederholt getestet, da es für eine zuverlässige Beurteilung Vergleiche über mehrere Versuchsjahre benötigt. Jahres- und standortbedingte Schwankungen bei Zucker- und Säuregehalt, der Zustand der verarbeiteten Früchte und der Reifegrad können die Analysenwerte beeinflussen.

Anforderungsprofil an eine gute Mostapfelsorte

Das Anforderungsprofil für eine gute Mostapfelsorte wurde im Vorgängerprojekt folgendermassen definiert:

- Feuerbrandrobust und allgemein robust gegen Krankheiten (z.B. Schorf, Mehltau, Krebs, Marssonina)
- Säuregehalt ab 5 g/l, Zuckergehalt ab 11.2 °Brix (45 °Oe) und gute technologische Eigenschaften (z.B. mind. 77% Saftausbeute)
- Sehr hohe Saftqualität (Geschmack und Aroma)
- Gute und regelmässige Erträge
- Kurzes Erntefenster und Eignung für maschinelle Ernte
- Gute Wuchseigenschaften und stabiler Kronenaufbau

Pressversuche und Laboranalysen der Säfte

Insgesamt wurden 34 sortenreine Säfte gepresst, auf Inhaltsstoffe analysiert und verkostet. 27 Säfte wurden in Kleinstmengen von 25 kg gepresst, 5 Säfte mit 250 kg. Die Säfte wurden in Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Wädenswil mit Versuchspressen verarbeitet. Weitere 2 Säfte („Jazz™“ („Scifresh“) und „Tentation®“ („Delblush“)) wurden in der Mosterei Ramseier Suisse AG sortenrein gepresst und an der Agroscope degustiert. Die Verarbeitungsversuche wurden analog zu den Versuchen im Projekt SOFEM (2008-2011) durchgeführt. Es wurde kein Gebrauch von Enzymen, Klärungs- oder anderen Zusatzstoffen gemacht. Die Brix-Werte ab Presse wurden mit dem Biegeschwinger bestimmt (Saft unfiltriert). Der Saft wurde in Glasflaschen abgefüllt, mit Kronkorken verschlossen und 20 min bei 74 °C pasteurisiert.

Die sortenreinen Säfte wurden im Labor der Arbeitsgruppe Lebensmittelqualität und Ernährung (Institut für Lebensmittelwissenschaften ILM) der Agroscope in Wädenswil analysiert. Untersucht wurden der Gesamtzucker (°Brix und g/l), der Gehalt verschiedener Zuckerarten (Glucose, Fructose, Saccharose), die titrierbare Apfelsäure (g/l) und der Gehalt an Gesamtphenolen (mg/l). Diese Inhaltsstoffe gehören zu den wichtigsten Geschmackskomponenten von Apfelsäften (Schobinger U. & Müller W., 1975). Ob ein Saft als süss oder sauer empfunden wird, ergibt sich aus dem Verhältnis von Gesamtzucker (g/l) und Gesamtsäure

(g/l) (Zucker/Säure-Verhältnis ZSV). Herbe oder adstringierende Noten werden hauptsächlich den Polyphenolen zugeschrieben.

Für die Laboranalysen wurden die folgenden Methoden verwendet:

- ° Brix (Zucker): Atago Refraktometer (mit Papierfilter filtrierter Saft)
- Säure (g/l titrierbare Apfelsäure): Titration mit Mettler DL67-Titrator bzw. Metrohm Tiamo
- Gesamtphenole (sekundäre Pflanzenstoffe): Test nach Folin-Ciocalteu auf dem Arena-Analysator, Angaben in Catechin-Äquivalenten (mg/l)
- Einzelzucker: enzymatisch auf dem Arena-Analysator

Die Labor-Messwerte wurden für die Beschreibung der Säfte und die Darstellung in Spinnennetz-Diagrammen in Klassen von 1 bis 5 (sehr niedrig bis sehr hoch) eingeteilt (Tabelle 5).

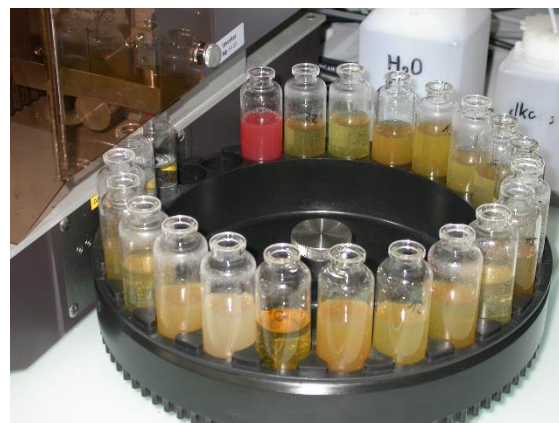


Tabelle 5: Bewertung der Analytik-Werte der Saftmuster in Klassen von 1 bis 5 (sehr niedrig bis sehr hoch).

Einstufung	1	2	3	4	5
° Oechsle (Press)	<41	41-45	45.1-50.5	50.6-55.5	>55.6
° Brix	<9.6	9.7-10.8	10.9-12.1	12.2-13.3	>13.3
Apfelsäure (g/l)	<4.0	4.0-5.0	5.1-6.0	6.1-9.0	>9.0
Saccharose (g/l)	<20	20-30	30-40	40-50	>=50
Glucose (g/l)	<10	10-15	15-20	20-25	>=25
Fructose (g/l)	<45	45-55	55-65	65-75	>=75
Phenole (Folin, mg/l)	<100	100-199	200-299	300-399	>399

Zudem wurden die Säfte jeweils im Rahmen der Frühjahrsmarktkontrolle des Schweizer Obstverbands (SOV) durch Projektpartner und Vertreter der gewerblichen Mostereien sensorisch bewertet. Die Säfte wurden in zufälliger Reihenfolge und verschlüsselt verkostet. Die Beurteilung erfolgte in der Gruppe anhand des 18-Punkte Bewertungs-Schemas des SOV. Dabei werden maximal 3 Punkte vergeben für „Klarheit & Farbe“ (klar, trüb bzw. normal oder unnatürlich), und je maximal 5 Punkte für „Geruch“ (von sauber, fruchtig bis defekt, störend), „Geschmack“ (von harmonisch, gehaltvoll bis defekt) sowie „Gesamteindruck“ (vorzüglich bzw. unbrauchbar), wobei jeweils auch halbe Punkte vergeben werden können. Klassiert werden die Säfte aufgrund der erreichten Totalpunktzahl: <9 verdorben, 9-10 unbrauchbar, 10.5-11.5 ungenügend, 12-13 genügend, 13.5-14.5 gute Handelsware, 15-16 sehr gute Handelsware und 16.5-18 vorzüglich. Da die säurereichen Säfte oft eher eine tiefe Punktzahl erreichen, ist für eine komplette Beurteilung der Saftigenschaften die Erfassung mündlicher Kommentare wie „fruchtig, aromatisch, als Mischpartner geeignet, schöne Gerbstoffe“ unverzichtbar. Gerade solche Sorten können in Mischung als hervorragende Säurelieferanten dienen, zum Beispiel bei der Verwertung von Tafelobst-Abgang, welcher meist säurearm ist.

Resultate

Das Ergebnis aus drei Jahren Verarbeitungsversuche ist erfreulich: es gibt eine ganze Reihe von Sorten, die sowohl robust gegenüber Feuerbrand sind als auch eine gute Saftqualität aufweisen. Die meisten getesteten Sorten erfüllten die Mindestanforderungen an Säure- und Zuckergehalt sowie die Ausbeute.

Einen zu niedrigen Säuregehalt wiesen die Säfte aus den Sorten ACW 11303 (3.8 g/l), ‚Regine‘ (4.25 g/l), ‚Florina‘, ‚Resi‘ und ‚Retina‘ (je 4.3 g/l). Diese auch in der Degustation eher süsslich empfundenen Säfte eignen sich zwar weniger als Säurelieferanten, könnten aber sortenrein gepresst, z.B. für Direktvermarkter, durchaus interessant sein. Auch ‚Admiral‘, ‚Natyra®‘, ‚Rubinola‘, ‚Tentation®‘ (‚Delblush‘) und ‚Empire‘ (teilweise) wurden als eher süss oder mild empfunden.

Die Sorten ‚René‘ (9.7 °Brix), ‚Dettighofer‘ (10.9 °Brix) und ‚Florina‘ (11 °Brix) hingegen wiesen in einem der Pressversuche einen geringeren Zuckergehalt auf. ‚Dettighofer‘ zeichnet sich zudem durch einen hohen Säuregehalt (13.8 g/l) aus, was ihn als Mischpartner interessant macht. Auch die Mostsorten ‚Boskoop‘, ‚Heimenhofer‘ und ‚Remo‘ konnten ihren Ruf als säurereicher Mischpartner erneut verteidigen, aber neben der alten Sorte ‚Dettighofer‘ erwies sich auch ‚Imara‘ von Better3Fruit als ein potentieller Mostapfel mit hohen Säuregehalten.

Hinsichtlich der sensorischen Eigenschaften konnten im Projekt HERAKLES einige vielversprechende Resultate aus dem SOFEM-Projekt bestätigt werden. Insbesondere ‚Liberty‘ (16 Punkte) und ‚Heimenhofer‘ (15.5 Punkte) wiesen erneut hervorragende Saftigenschaften auf. Aber auch ‚Remo‘, ‚Natyra®‘ (erstmalig getestet) und die Sorte ‚Wehntaler Hagapfel‘ (erstmalig getestet) mit je 15 Punkten, dicht gefolgt von ‚Admiral‘, ‚Empire‘ und der

Agroscope-Zuchtnummer ACW 12556 (erstmalig getestet) mit je 14.5 Punkten, konnten im Geschmackstest überzeugen. Mit 14 Punkten schnitten auch ‚Florina‘ sowie ‚Reglindis‘ und ‚Golden Orange‘ erneut gut ab und auch ‚Alant‘ kann mit 13.5 Punkten noch in die Liste der sensorisch gut bewerteten Kandidaten aufgenommen werden. Obwohl ‚Natyra®‘, ‚Florina‘ und der ‚Wehntaler Hagapfel‘ eher süsslich sind, weisen sie eine sehr schöne Aromatik auf, sind fruchtig, ausgewogen und könnten auch sortenrein verarbeitet werden.

In der Gesamtschau (Erntezeitpunkt, Ausbeute, Inhaltsstoffe und Geschmack) fielen vor allem die Sorten ‚Dettighofer‘, ‚Empire‘, ‚Golden Orange‘, ‚Opal®‘, ‚Reglindis‘, ‚Remo‘, ‚Rubinola‘, ‚Schweizer Alant‘ und natürlich ‚Boskoop‘, ‚Heimenhofer‘ und ‚Liberty‘ mit guten Resultaten auf.

Bei den drei Birnensorten stach vor allem die Tafelbirne ‚Madame Verté‘ geschmacklich heraus, die Ausbeute war mit 71.5% aber sehr gering. Die ‚Schweizer Wasserbirne‘ konnte bereits zum zweiten Mal gepresst werden, vermochte aber trotz der guten Ausbeute von 85% im sensorischen Test aufgrund der einseitigen Süsse als sortenreiner Saft nicht ganz zu überzeugen. Die ‚Oheimer Weinbirne‘ wies ausserordentlich hohe Gerbstoffgehalte auf, was vielleicht am zu frühen Erntezeitpunkt gelegen haben könnte.

Die aufgeführten Resultate stellen keine abschliessenden Ergebnisse dar, für eine zuverlässige Beurteilung braucht es Vergleiche über mehrere Versuchsjahre. Jahres- und standortbedingte Schwankungen bei Zucker- und Säuregehalt, der Zustand der verarbeiteten Früchte und der Reifegrad können die Analysenwerte beeinflussen. Die detaillierten Ergebnisse der Verarbeitungsversuche sind im Anhang E ab Seite 48 dargestellt.



3.5 Praxispilot- und Versuchsanlagen: Wuchs, Krankheiten und Ertrag

Vier Projektjahre sind bei einer langfristigen Kultur wie Obstbäumen nicht lange. Bei neueren Sorten braucht die mehrjährige Beurteilung bezüglich Ertrags- und Wuchsverhalten Zeit. Deshalb konnten verschiedene Pilotanlagen des Vorgänger-Projekts SOFEM im Projekt HERAKLES weitergeführt und laufend ergänzt werden:

Mostobstparzelle Wa 105, Agroscope, Wädenswil
Pflanzjahr 2009 (Herbst). 10 Sorten jeweils auf der Unterlage P14 (intensiv mit Gerüst, Niederstamm) und MM111 (extensiv ohne Gerüst, Halbstamm)

Mostobst-Pilotparzelle am landwirtschaftlichen Zentrum St. Gallen (LZSG), Flawil
Pflanzjahr 2011 (Herbst). Niederstamm. 11 Sorten, Unterlagen MM111, CG11 oder M26., je nach Wuchsstärke der Sorten.

Strickhof Wülflingen, Winterthur
Pflanzjahr 2012 (Frühjahr). Niederstamm. 11 Sorten, Unterlagen M26 oder CG11, je nach Wuchsstärke der Sorten. Vergleichssorte: Boskoop S.H.

Betrieb Schilliger, Flawil
Pflanzjahr 2009-2015 (ständig erweitert). Hochstamm. 17 Sorten auf ‚Schneiderapfel‘.

Betrieb Schweizer, Neukirch a. d. Thur
Pflanzjahr 2009. Hochstamm. 10 Sorten auf Otava.

Betrieb Staub, Wädenswil
Pflanzjahr 2010-2014 (ständig erweitert). Hochstamm. 11 Sorten auf ‚Blauacher Wädenswil‘



Abbildung 7: Betriebsbesichtigung mit Fachgespräch, Praxisanlage Schilliger in Flawil, 2013.

In Zusammenarbeit mit den kantonalen Obstbau-fachstellen wurden diese sechs Pilotanlagen mit vielversprechenden Mostobstsorten jährlich auf Wuchs- und Produktionseigenschaften sowie Robustheit gegenüber Schädlingen und Krankheiten bonitiert (vgl. Tabelle 6). Die Hälfte der Anlagen ist nun im 6. Standjahr, sodass sich erste Aussagen treffen lassen. Der Vollertrag ist jedoch noch in keiner der Anlagen erreicht, was aus den jährlich steigenden Erträgen ersichtlich ist. Die detaillierten Ergebnisse für alle Sorten sind im Anhang F (Seite 55 ff.) dargestellt, sie bilden die Grundlage für neue Sortenblätter und -empfehlungen.

Tabelle 6: Boniturskala von 1-9 zur Beurteilung der wichtigsten Baum- und Produktionseigenschaften.

	1	3	5	7	9
Ertrag	sehr schwach	ungenügend	genügend	hoch	sehr hoch
Alternanz	fehlend	gering	mässig	stark	sehr stark
Wuchsstärke	sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr hoch
Kronengrösse	sehr klein	klein	mittel	gross	sehr gross
Kronenstabilität	sehr schlecht	ungenügend	genügend	gut	sehr gut
Garnierung	sehr schwach	schwach	mittel	stark	sehr stark
Krankheitsanfälligkeit	resistent	schwach	mittel	hoch	sehr hoch

3.5.1 Wuchs

Für den grosskronigen Hochstammobstbau sind vor allem stark wachsende Sorten geeignet. Bei schwächer wachsenden Sorten ist die Kronenveredelung auf stärker wachsende Stamm bildner, z.B. ‚Schneiderapfel‘ sinnvoll, damit der Baum zu einem schönen grossen Hochstamm heranwachsen kann. Für die Einschätzung der Wuchsstärke wurde bei den Niederstamm-Anlagen der jährliche Stammquerschnittszuwachs herangezogen, bei den

Hochstammbäumen der jährliche Triebzuwachs. Eher stark wachsend waren neben ‚Schneiderapfel‘ auch ‚Boskoop S.H.‘ und ‚Heimenhofer‘ (auf Hochstamm, jedoch umgekehrt auf Niederstamm). ‚Heimenhofer‘ erfordert aufgrund seines sehr aufrechten Wuchses in den ersten Jahren eine gewisse Erziehung, um eine grosse und stabile Krone zu erreichen. Auch ‚René‘, ‚Enterprise‘ (auf P14 deutlich stärker als auf MM111) und ‚Reglindis‘ zeigten auf Niederstamm in den ersten Jahren einen starken Wuchs. Eher schwach wachsend sind bisher

‚Remo‘, ‚Liberty‘, ‚Opal®‘, ‚Reanda‘, ‚Reka‘, sowie ‚Admiral‘ auf P14 am Standort Wädenswil. Auf Niederstamm wächst auch ‚Heimenhofer‘ eher schwach (siehe Anhang F.2, Seite 60 ff.). Dementsprechend ist die Kronengrösse bei ‚Remo‘, ‚Reanda‘, ‚Reka‘, sowie ‚Admiral‘ auch kleiner im Vergleich zu den anderen Sorten. Mit einer stark wachsenden Sorte wie z.B. ‚Schneiderapfel‘ als Stammbildner kann auch bei diesen Sorten eine ausreichend grosse Krone erreicht werden. Besonders grosse Kronen bilden ‚Boskoop S.H.‘, ‚Ingol‘ und ‚Schneiderapfel‘. Die meisten Sorten bilden genügend stabile Kronen. Lediglich ‚Reanda‘ fällt durch die überhängenden Äste mit einer etwas instabilen Krone auf (vgl. Anhang F, Seite 55 ff.).

3.5.2 Ertrag und Alternanzanfälligkeit

Bei den Pilotanlagen wurden bisher zwei bis vier Ertragsjahre pro Sorte erfasst. Die Aussagen bezüglich Erträgen und Alternanzanfälligkeit sind daher erst vorläufig.

Für die Parzelle Gottshalde Wa 105 wurde der Relativertrag berechnet, also der Ertrag im Verhältnis zum Baumvolumen (Stammquerschnitt als Masszahl). Der Relativertrag vermittelt einen Eindruck von der Produktivität eines Baumes. Vor allem ‚Rewena‘, ‚Remo‘, ‚Enterprise‘ (auf P14 mehr als auf MM111), und ‚Empire‘ zeigen einen hohen Relativertrag. Hohe absolute Erträge hatten ‚Liberty‘, ‚Reka‘, ‚Relinda‘, ‚René‘ und ‚Opal®‘. Eher schwach tragen bisher ‚Ingol‘ (sehr grossfrüchtig), ACW 11303 (am Standort Wädenswil, nicht jedoch auf Hochstamm), und ‚Admiral‘ (Alternanz). ‚Heimenhofer‘ trägt bisher wenig auf Niederstamm und ‚Schneiderapfel‘ trägt auf Niederstamm (LZSG Flawil, 4. Standjahr) bisher gar nicht, was unter anderem am späten Ertragseintritt der Sorte liegt oder es sind erste Anzeichen dafür, dass diese beiden Sorten sich für den Niederstammanbau weniger gut eignen (siehe Anhang F.3, Seite 62 ff.).

Nach der vorläufigen Einschätzung zeigen vor allem ‚Boskoop‘ (an 2 von 2 Standorten), ‚Reglindis‘ (3 von 3 Standorten), ‚Admiral‘ (2 von 3 Standorten) Alternanz. ‚Heimenhofer‘ wies an 2 von 4 Standorten schwankende Erträge auf, ‚Liberty‘ an 2 von 5 Standorten, ‚Schneiderapfel‘ auf CG11 (Niederstamm), ACW 11303 auf P14 (Niederstamm) und ‚Reka‘ auf P14 und MM111 am Standort Wädenswil, jedoch nicht kronenveredelt auf Hochstamm. Weniger ausgeprägte Schwankungen an nur einem Standort zeigten auch ‚Florina‘, ‚Dalinette‘, ‚Reanda‘ (alle auf dem Betrieb Schilliger) und ‚Empire‘ (am LZSG).

3.5.3 Krankheiten

In allen Anlagen zeigten sich die Sorten relativ robust gegenüber den wichtigsten Krankheiten. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Krankheitsdruck in den Anlagen allgemein gering ist. Auffällig oft und stark von Mehltau befallen waren jedoch die Sorten ‚Liberty‘, ‚Enterprise‘ und ‚Reglindis‘. Weniger stark war der Mehltaubefall bei ‚Empire‘, ‚Florina‘, ‚Reka‘, ‚Remo‘ und ‚Boskoop S.H.‘. Auffällig war der an mehreren Standorten und in mehreren Jahren aufgetretene Apfelfaltenlaus-

Befall bei ‚Admiral‘. Auf der Parzelle am LZSG herrscht ein starker Krebsdruck, insbesondere ‚Enterprise‘ zeigte hier starke Symptome, die bis zur Rodung einzelner Bäume führte. Feuerbrand trat bisher in keiner der Parzellen auf, daher wurde zur Einstufung der Feuerbrandanfälligkeit auf die Ergebnisse des Triebinokulationstests zurückgegriffen (siehe Anhang F.1, Seite 55 ff.).

3.5.4 Unterlagenvergleich MM111 und P14 auf der Parzelle Wa 105: Ertragserfassung, Pimprenelle, Kalibrierung

In der Mostobst-Pilotanlage auf Niederstamm in Wädenswil (Wa 105) wurden 2009 die gleichen zehn Sorten jeweils auf den Unterlagen MM111 und P14 gepflanzt. Die Bäume auf der mittelstark wachsenden Unterlage MM111 wurden extensiv (ohne Gerüst) erzogen, wohingegen die Bäume auf der schwächer wachsenden Unterlage P14 in einer intensiveren Anlage mit Gerüst erzogen wurden (Abbildung 8).



Abbildung 8: ‚Empire‘ auf MM111 (links) und auf P14 (rechts).

Der Ertrag pro Sorte wurde in den Jahren 2010-2015 getrennt nach Unterlagen erhoben. Die Erträge (absolute Werte in kg/Baum) sind bisher auf P14 höher als auf MM111, scheinen sich aber seit 2014 anzugleichen. Der Relativertrag (in kg Früchte/cm² Stammquerschnitt) ist auf P14 höher als auf MM111 (siehe Anhang F.3, Seite 62).

Im Jahr 2013 und 2014 wurden die Früchte mit dem Analyseroboter Pimprenelle (Abbildung 9) auf ihre inneren Eigenschaften bei der Ernte untersucht. Mit dem Pimprenelle-Roboter werden je 2 x 10 Früchte auf Fruchtgewicht, Fruchtfestigkeit, Zucker- und Säuregehalt und das Zucker-Säure-Verhältnis (ZSV) analysiert.

Fruchtgewicht und -festigkeit waren meist auf MM111 etwas höher als auf P14 (siehe Anhang F.4, Seite 65). Ausnahmen bildeten ‚Rewena‘ und die Zucht Nummer ‚ACW 11303‘, bei denen das Fruchtgewicht auf P14 höher war als auf MM111. Bei ‚Enterprise‘ und ‚Remo‘ war es auf beiden Unterlagen gleich. Das tendenziell höhere Fruchtgewicht auf MM111 ist vermutlich auf die geringere Behangsstärke zurückzuführen. Über die Jahre wiesen vor allem ‚Boskoop S.H.‘ (250-300 g), aber auch ‚Admiral‘ (ca. 200 g), ‚ACW 11303‘ (180-220 g) und ‚Enterprise‘ (ca. 180 g) ein eher hohes Fruchtgewicht auf. ‚Reglindis‘ wies

ein auffallend geringeres durchschnittliches Fruchtgewicht auf (100-120 g).

Die Festigkeit war im Gegensatz zu den anderen Sorten nur bei ‚Remo‘ und ‚Reka‘ auf MM111 geringer als auf P14, bei ‚Reglindis‘ war sie gleich. Die Fruchtfestigkeit war bei ‚ACW 11303‘ mit ca. 11 kg/cm² auffallend hoch, bei den anderen Sorten bewegte sich die Festigkeit zwischen 6 und 9 kg/cm².

Hinsichtlich des Zuckergehalts gab es keine Unterschiede, die eindeutig auf die Unterlage zurückgeführt werden könnten. Interessant ist jedoch, dass der Säuregehalt ausser bei ‚Enterprise‘ im Durchschnitt auf MM111 niedriger war als auf P14 und analog das ZSV höher (siehe Anhang F.4, Seite 65).



Abbildung 9: Pimprenelle-Roboter.

2015 wurden die Früchte (gesamte Erntemenge) kalibriert. Die Kalibriermaschine (GREEFA MSE 2000) bestimmt unter anderem die Fruchtgrösse (Kaliber), die Ausfärbung und das durchschnittliche Fruchtgewicht. Letzteres wurde zusammen mit den Daten der Pimprenelle-Analyse ausgewertet (siehe Anhang F.4, Seite 65). Da ‚Reka‘ (beide Unterlagen), ‚Boskoop S.H.‘ auf MM111 und ‚Admiral‘ auf MM111 2015 kaum Ertrag hatten, konnten diese Sorten-Unterlagen-Kombinationen jeweils nicht kalibriert werden. Auch die Zuchtnummer ACW 11303 wurde nicht kalibriert, da der gesamte Ertrag zu Saft verarbeitet wurde.

Der Fruchtkaliber wurde entsprechend einer im Projekt SOFEM für Mostobst entwickelten Definition in 5 Klassen eingeteilt: < 50 mm (zu klein), 50-65 mm (in Ordnung), 65-80 mm (optimal), 80-90 mm (noch in Ordnung) und > 90 mm (zu gross). Insgesamt war auf der Unterlage P14 der Anteil kleinkalibriger Früchte grösser als auf der Unterlage MM111 (siehe Anhang F.5, Seite 66), was mit den Daten zum Fruchtgewicht übereinstimmt. Analog verhielt es sich auch hier nur bei ‚Remo‘ umgekehrt. Einen nennenswerten Anteil zu grosser Früchte wiesen ‚Boskoop S.H.‘ und ‚Admiral‘ auf (7.8 resp. 3.9% der Früchte > 90 mm). Bei den meisten Sorten kamen kaum Früchte mit weniger als 50 mm Durchmesser vor; am grössten war dieser Anteil bei ‚Liberty‘ (3-6%). ‚Liberty‘ und ‚Reglindis‘ wiesen auch insgesamt eher kleinkalibrige Früchte auf (jeweils 50-70% der Früchte in der Klasse 50-65 mm). Einen besonders grossen Anteil an Früchten in der optimalen Grösse von 65-80 mm hatten ‚Empire‘ und ‚Enterprise‘ (jeweils 50-85%) (siehe Anhang F.5, Seite 66).

Der Deckfarbenanteil wirkt sich nicht auf die Eigenschaften der Sorte als Mostapfel aus. Beim Unterlagenvergleich fällt auf, dass bei ‚Empire‘, ‚Enterprise‘, ‚Reglindis‘ und ‚Remo‘ die Früchte auf MM111 stärker ausgefärbt waren als auf P14, bei ‚Liberty‘ und ‚Rewena‘ war es umgekehrt (siehe Anhang F.5, Seite 66).

3.6 Synthese: Die „Top 15“ Mostapfelsorten aus dem Projekt HERAKLES bezüglich Feuerbrandrobustheit, Verarbeitungseigenschaften und Anbau

Im Projekt HERAKLES wurden die Sorten auf ihre Feuerbrandrobustheit, die Robustheit gegenüber weiteren Krankheiten und Schädlingen, ihre Anbaueignung auf Hoch- und Niederstamm, ihren Ertrag sowie auf ihre Verarbeitungseigenschaften und Saftqualität hin geprüft. Keine Sorte erfüllte die hohen Anforderungen des Mostapfelprofils vollständig, es haben sich jedoch einige sehr gute Mostapfelsorten herauskristallisiert. Die unten stehende Liste (Tabelle 7) beinhaltet ausschliesslich Sorten, die in den Pilotanlagen des Projekts HERAKLES auf ihre Anbaueigenschaften hin überprüft wurden und zu denen in den Projekten SOFEM und HERAKLES ausreichend Daten zu Anbau, Verarbeitung und Feuerbrandanfälligkeit erhoben wurden. Traditionell bewährte Mostapfelsorten wie z.B. Spezialmostäpfel sind an dieser Stelle nicht aufgeführt. Die Liste erhebt daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Aufgrund des für eine Dauerkultur wie Apfel relativ kurzen Projektzeitraumes ist diese Aufstellung nicht als endgültige Bewertung zu betrachten. Mindestanforderung für die Auswahl der 15 Sorten waren gute Verarbeitungseigenschaften und eine gute Saftqualität. Sofern nicht anders vermerkt, sind die Sorten zudem mindestens „niedrig“ anfällig gegenüber Feuerbrand (Einschätzung auf Grundlage der künstlichen Triebinokulation im Gewächshaus sowie der künstlichen Blüteninokulation im Freiland). Die mit „feuerbrandrobust“ gekennzeichneten Sorten wurden sowohl im Triebtest als auch im Blütentest als „sehr niedrig“ anfällig gegenüber Feuerbrand eingestuft.

Tabelle 7: Übersicht über die 15 vielversprechendsten Mostapfelsorten aus dem Projekt HERAKLES.

Sorte	Vorteile / günstige Eigenschaften	Nachteile / ungünstige Eigenschaften
ACW 11303	+ guter Wuchs + regelmässige Fruchtverteilung	- geringer Säuregehalt
Boskoop S.H.	+ niedrig bis mittel feuerbrandanfällig + hoher Säuregehalt	- Alternanz
Dalinette	+ feuerbrandrobust! + guter Wuchs	- geringer Säuregehalt (Ausbeute bisher nicht bestimmt)
Empire	+ feuerbrandrobust! + Anbaueignung allgemein gut	- hoher Zuckergehalt - etwas mehltauanfällig
Florina	+ sensorisch guter Saft	- geringer Säuregehalt - mittel feuerbrandanfällig - etwas mehltauanfällig
Heimenhofer	+ sensorisch sehr guter Saft + hoher Säuregehalt	- Alternanz - erfordert Erziehungsmassnahmen
Ingol	+ hoher Säuregehalt	- sehr grossfrüchtig - Ertrag bisher schwach-mittel
Liberty	+ sensorisch sehr guter Saft + hoher Ertrag	- mehltauanfällig - Alternanz?
Opal®	+ hoher Ertrag	- noch wenig Erfahrung auf Hochstamm
Reanda	+ feuerbrandrobust! + sensorisch guter Saft	- etwas instabile Krone - geringer Säuregehalt
Reglindis	+ sensorisch guter Saft + frühreif	- hoch feuerbrandanfällig - etwas mehltauanfällig - Alternanz
Remo	+ hoher Ertrag	- schwacher Wuchs - etwas überhängender Wuchs - etwas mehltauanfällig
Rewena	+ feuerbrandrobust! + hoher Ertrag	- etwas überhängender Wuchs
Rubinola	+ feuerbrandrobust! + spezielle Birnenaromatik	- süsser Saft
Schneiderapfel	+ hohe Wuchsstärke	- später Ertragsintritt

4 Teilprojekt 2: Wirksamkeit und Einsatzoptimierung von Pflanzenschutzmitteln und –strategien

4.1 Freilandversuche mit künstlicher Feuerbrandinokulation

Anfang des Jahres 2013 konnte die Totaleinnetzung und Bewässerung der Versuchsparzelle BR 53 am Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof in Wintersingen fertiggestellt werden. Aufgrund der Möglichkeit, mithilfe der Kühl-lagerung von Topfbäumen zwei Versuchsdurchgänge pro Jahr durchführen zu können (siehe auch Kapitel 2.2), konnten seitdem fünf vollständige Versuchsserien zur Prüfung der Wirksamkeit und Einsatzoptimierung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) durchgeführt werden. Die Versuche wurden mit den Partnern in Deutschland und Österreich abgestimmt (z.B. im Rahmen des jährlichen Fünf-Länder-Treffens) und wurden nach EPPO Richtlinie 1/166(3) durchgeführt (siehe Literaturangaben). Zudem wurden von 2013 bis 2015 Versuche zur Ermittlung der Erregervermehrung in der Blüte mittels einer molekular-biologischen Methode (qPCR) und Lebendzellzahlbestimmung durchgeführt. Diese Versuche wurden mit den Projektressourcen HERAKLES und der Ergänzungsfinanzierung (SOV, BLW. Kt. AG) unter dem Dach „Gemeinsam gegen Feuerbrand“ durchgeführt. Im Rahmen der Aktivitäten 2015 gab es, ebenfalls unter dem Dach „Gemeinsam gegen Feuerbrand“, einen Tastversuch zur Wirkung von Milchsäure. In den Jahren 2014 und 2015 gab es des Weiteren eine Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), welches in insgesamt vier Versuchsserien ein biologisches Präparat parallel zu den Pflanzenschutzversuchen im Projekt HERAKLES prüfte.



Methodik

Die Versuche wurden an 2-jährigen Topfbäumen der Sorte ‚Gala Galaxy‘ auf der Unterlage M9 T337 durchgeführt, die unmittelbar nach Abschluss der Versuche fachgerecht entsorgt wurden. Die Bewässerung erfolgte nach Bedarf über Tropfschläuche.



2014 und 2015 gab es zwei unabhängige Versuchsdurchgänge (Serien) mit Beginn im März bzw. Juni. Für die erste Serie wurden die Bäume in März in der Parzelle aufgestellt und blühten auf natürliche Weise. Für die 2. Serie wurden die Bäume von Februar bis Juni in einem Kühlraum bei 4°C gelagert und im Juni in der Parzelle aufgestellt, wo sie dann aus der künstlich verlängerten Vegetationsruhe erwachten und innerhalb von zwei Wochen austrieben und blühten. Die sechs Verfahren wurden in einer randomisierten vollständigen Blockanlage angeordnet. Jedes Verfahren wurde 6-fach wiederholt, eine Wiederholung bestand aus 6 Bäumen (+ 1 direkt Inokulierter Mittelbaum, ausser 2015). Insgesamt ergaben sich somit 36 Bäume pro Verfahren. Zur Verbesserung des Fruchtansatzes wurden 2014 und 2015 Befruchterbäume der Sorten ‚Topaz‘ oder ‚Golden Delicious‘ in der Parzelle verteilt.

2013 und 2014 wurde jeweils nur der Mittelbaum in jedem Block direkt mit der Bakterienlösung inokuliert (Schweizer Stamm-Mix bestehend aus ACW 66035, ACW 66116, ACW 610 Wildtyp in gleichen Anteilen, Konzentration: 5×10^8 cfu/ml, 125 ml/Baum, gesamt 4.5 l Inokulum). Die Mittelbäume wurden ausserhalb der Reihen direkt von Hand mit einem Druckspeicher-Sprühgerät (Birchmeier Super Star 1.25, max. 2 bar) inokuliert und dann nach dem Antrocknen des Inokulums in die Reihe gestellt. Die je 3 blühenden Bäume rechts und links des Mittelbaums wurden durch Bienen indirekt inokuliert, die zudem die Bestäubung sicherstellten. Die primär inokulierten Bäume wurden für die Berechnung des Befalls und der Wirkung der PSM nicht mit einberechnet. 2014 wurde in der 1. Versuchsserie aufgrund der kühlen Witterung während der

Blüte eine Woche nach der ersten Inokulation zum Termin der zweiten PSM-Behandlung noch einmal nachinokuliert (ca. 55 ml/Baum, gesamt 2 l Inokulum). 2015 wurde aufgrund der anhaltend kühlen Witterungsbedingungen während der Vollblüte und dem geringen Befall von 2014 entschieden, alle sechs Bäume eines Blocks direkt zu inokulieren. Dazu wurde der gleiche *E. amylovora*-Stamm-Mix verwendet, jedoch mit einer geringeren Bakterienkonzentration (5×10^6 cfu/ml, 125 ml/Baum (1. Serie); bzw. 1.05×10^6 cfu/ml, 100 ml/Baum (2. Serie)). Die Inokulation erfolgte von Hand mit einem Druckspeicher-Sprühgerät (Birchmeier Garden Star 5, max. 3 bar). Der Platz des Mittelbaums blieb leer.

Nach dem Antrocknen des Inokulums wurden die Verfahren in allen Serien mithilfe eines Motor-Rückensprühgerätes (Birchmeier M 225-20, max. 11 bar) behandelt. In einigen PSM-Einsatzstrategien gab es Vorbehandlungen, die vor der Inokulation der Bäume auf die gleiche Weise appliziert wurden (vgl. Tabelle 9). Die ausgebrachte Brühmenge betrug 500 l/ha. Für die Berechnung der auszubringenden Brühmenge wurde mit 1 m Kronenhöhe und einer Anzahl von 3'333 Bäumen pro Hektar gerechnet. Dies ergab bei den Topfbäumen eine eingesetzte Präparatmenge, welche der Hälfte der bewilligten Menge betrug (z.B. Streptomycin 0.3 kg/ha, LMA 10 kg/ha). Pro Baum wurden ca. 150 ml Brühmenge des jeweiligen Präparats appliziert. Weitere zwei Behandlungen pro Verfahren wurden im Abstand von 2-7 Tagen (mögliche Infektionstage) durchgeführt.



Die Befallsbonitur an den Blütenbüscheln erfolgte drei bis fünf Wochen nach der Inokulation. Blütenbüschel mit sichtbaren Feuerbrandsymptomen (Blüten sind braunschwarz, fallen nicht ab, Stiel ist gummiartig) und Büschel ohne sichtbare Symptome (= Büschel mit Früchten) wurden je Baum gezählt. Der Befall berechnet sich aus dem Anteil Blütenbüschel mit sichtbaren Feuerbrandsymptomen an den zur Vollblüte (= Zeitpunkt der Inokulation) insgesamt vorhandenen Büscheln. Die Differenz aus der Anzahl Blütenbüschel zur Vollblüte und der Summe aus den Blütenbüscheln mit und ohne sichtbare Feuerbrandsymptome zum Zeitpunkt der Befallsbonitur ergibt die Anzahl abgeworfener Blütenbüschel. Für die Berechnung der Wirkung wird der Befall im jeweiligen Verfahren im Verhältnis zum Befall in

der Kontrolle gesetzt (Formel: Wirkung [%] = [(Befall Kontrolle – Befall Verfahren) / Befall Kontrolle] * 100).

In jeder Versuchsserie konnten sechs Verfahren geprüft werden. Eine unbehandelte Kontrolle, ein Verfahren mit Streptomycin, das Präparat LMA sowie eine bio- und IP-taugliche Strategie waren Bestandteile in jeder Versuchsserie. Weitere zwei Verfahren wurden jeweils abgewandelt. Eine Übersicht aller geprüften Verfahren liefert Tabelle 9.

Resultate

In den vergangenen drei Versuchsjahren waren in den meisten Teilen der Schweiz die Bedingungen für das Feuerbrandbakterium nicht ideal. Während der Vollblüte waren vielerorts die Temperaturen so niedrig, dass es schweizweit zu sehr wenigen berechneten Infektionstagen kam. 2013 musste der Versuch in der 1. Serie aufgrund der kühlen Temperaturen sogar abgeräumt werden, ohne dass inokuliert werden konnte. Zu gering waren die Aussichten, unter diesen Witterungsbedingungen Feuerbrandbefall und aussagekräftige Ergebnisse zu generieren. Im Jahr 2014 wurde der nach EPPO Richtlinie 1/166(3) erforderliche Befall in der Kontrolle von mindestens 5% nicht erreicht. Obwohl im Versuch 2014 deutlich mehr Blütenbüschel (1'900-2'400) ausgewertet wurden, als in der EPPO Richtlinie gefordert (> 200), sind die Ergebnisse von 2014 daher nur bedingt aussagekräftig. Auch im Jahr 2015 waren die Witterungsbedingungen zur Vollblüte in beiden Serien suboptimal, aufgrund der direkten Inokulation aller blühenden Bäume wurde aber jeweils ein sehr hoher Befall in der Kontrolle erreicht, trotz der deutlich niedrigeren Konzentration des Inokulums im Vergleich zu 2013 und 2014 (indirekte Inokulation, siehe Methodik). Durch den hohen Befall war die Wirkung der Verfahren teils niedriger als erwartet (Tabelle 8). Der sehr hohe Ausgangsdruck entspricht aber kaum den Bedingungen einer sehr gut sanierten Parzelle oder Umgebung.

Insgesamt zeigte sich in diesen Versuchen, dass bisher keine Strategie an die hohen Wirkungsgrade einer Strategie mit Streptomycin heranreicht. Diese Erfahrungen werden bisher durch ähnliche Versuche im Ausland bestätigt, wie sich beim jährlichen Fünf-Länder-Treffen herausstellte.

Weiter hat der Versuch von 2013 bestätigt, dass Streptomycin seine volle Wirkung bei Applikation nach der Inokulation entfaltet. Ein vorbeugender Einsatz ist also nicht sinnvoll.

Im Gegensatz dazu zeigte die bio- und IP-taugliche Strategie mit dem Handelspräparat Blossom Protect nur eine geringe Wirkung, wenn Blossom Protect erst nach der Inokulation ausgebracht wurde. Dieses Verfahren wurde auf Wunsch der Firma Bioprotect 2014 geprüft, da in den USA der Einsatz auch nach Inokulation erfolgt. Für die im Präparat enthaltenen Hefen (*Aureobasidium pullulans*) ist es wichtig, dass sie sich auf der Blüte etablieren können, bevor *E. amylovora* sich zu stark vermehrt hat. Insgesamt zeigte die bio- und IP-taugliche Strategie mit Vacciplant (Laminarin), Myco-Sin (Tonerde-

präparat) und Blossom Protect in den meisten Versuchsdurchgängen (ausser 2015 Serie 2) eine gute Wirkung, die meist sogar etwas höher lag als die dreimalige LMA-Applikation.

Das Präparat LMA (Kaliumaluminiumsulfat) zeigte in den Versuchen mit künstlicher Inokulation der Blüten im Freiland unterschiedliche Wirkungsgrade von 32-52%. Erstaunlicherweise hatte im Versuch von 2013 die 3. LMA-Applikation gegenüber der Variante mit nur zwei Applikationen eine geringere Wirkung zufolge. Auch die Kombination einer dreimaligen LMA-Applikation mit einer Myco-Sin-Applikation zu Blühbeginn zeigte wider Erwarten eine geringere Wirkung als das Verfahren ohne diese Vorbehandlung. Zur abschliessenden Beurteilung der Wirksamkeit von LMA sind noch einige Fragen offen.

Die dreimalige Applikation von Myco-Sin in der Blüte (ohne Vorbehandlung) zeigte eine Teilwirkung von 31%. Nur die 0.23%ige Milchsäure zeigte trotz vielversprechender Vorversuche im Gewächshaus und im Feld keine Wirkung (Tabelle 8).

Die Verbesserung der Wirkungssicherheit mit alternativen Präparaten zu Streptomycin, insbesondere für LMA, stellt weiterhin eine grosse Herausforderung dar. Es stellt sich u.a. die Frage, ob die Präparate in kürzeren Spritzabständen und gegebenenfalls häufiger angewendet werden müssen als das Antibiotikum Streptomycin. Diese praxisrelevanten Fragestellungen werden ab 2016 unter dem Dach „Gemeinsam gegen Feuerbrand“ angegangen.

Tabelle 8: Befall (%) in der unbehandelten Kontrolle und Wirkung (%) der Pflanzenschutz-Strategien für die Feldversuche mit künstlicher Inokulation mit *Erwinia amylovora* für die Jahre 2013-2015. Werte in einer Spalte, die mit dem gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, sind nicht signifikant verschieden ($\alpha=0.05$). SE = Standard Error.

Verfahren	2013 Serie 2		2014 Serie 1		2014 Serie 2		2015 Serie 1 **		2015 Serie 2 **	
	Wirkung (%)	SE	Wirkung (%)	SE	Wirkung (%)	SE	Wirkung (%)	SE	Wirkung (%)	SE
Befall (%) unbehandelt	9.7	4.5	3.9	0.7	1.4	0.5	30.8 **	2.9	35.7 **	1.5
Wasser			1.1	29.4	-49.6	41.4				
Strepto 2x vor Inok.	63.3 ^{ab}	8.6								
Strepto 2x nach Inok.	74.9 ^b	6.0								
Strepto-LMA-LMA			36.8	17.9	22.1	17.9	57.4 ^a	4.3	77.3 ^a	16.0
LMA-Strepto-LMA			63.4	11.1	46.9	16.4				
LMA 2x	52.3 ^{ab}	8.9								
LMA 3x	36.7 ^a	10.9	49.0	14.0	36.6	22.8	39.1 ^{ab}	7.2	32.2 ^b	5.6
Myco-Sin LMA-LMA-LMA							37.5 ^{ab}	4.9	29.5 ^b	5.1
Myco-Sin 3x							30.9 ^b	6.2		
Milchsäure 3x									-0.6 ^c	5.3
Vacciplant Myco-Sin Blossom Protect (3x)	34.4 ^{ab *}	12.2	52.8	11.4	39.6	22.6	47.5 ^{ab}	5.0	12.4 ^{bc}	6.2

* Applikation von Blossom Protect erfolgte 2013 auf Wunsch der Herstellerfirma Bioprotect nach der Inokulation.

** 2015 wurden alle blühenden Bäume, im Gegensatz zu den anderen Versuchsjahren, direkt inokuliert, daher der sehr hohe Befall in der unbehandelten Kontrolle.

Tabelle 9: Geprüfte Pflanzenschutzmittel und –strategien in den Freilandersuchen mit künstlicher Inokulation der Blüten mit *Erwinia amylovora* 2013-2015.

Jahr / Verfahren	Präparat	Wirkstoff / Gehalt	Mittelmenge * Basis: 10'000m ³ Baumvolumen/ha	Erklärungen
2013				
1	unbehandelt	-	-	-
2	Streptomycin	Streptomycinsulfat (21.6%)	0.6 kg	2 x Strepto <u>vor</u> Inokulation mit <i>E. amylovora</i>
3	Streptomycin	Streptomycinsulfat (21.6%)	0.6 kg	2 x Strepto <u>nach</u> Inokulation
4	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	2 x LMA <u>nach</u> Inokulation
5	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	3 x LMA <u>nach</u> Inokulation
6	Vacciplant	4.3% Laminarin (45 g/l)	0.75 l	1 x Vacciplant vor der Blüte
	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	1 x Vacciplant + Myco-Sin +/- Blühbeginn
	Blossom Protect	<i>Aureobasidium pullulans</i> (5x10 ⁹ kbE/g)	12 kg	3 x BlossomProtect <u>nach</u> Inokulation
2014				
1	unbehandelt	-	-	-
2	Wasser	-	-	3 x Wasser <u>nach</u> Inokulation
3	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	3 x LMA <u>nach</u> Inokulation
4	Streptomycin	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	1x Strepto und 2 x LMA <u>nach</u> Inokulation
	LMA	Streptomycinsulfat (21.6%)	0.6 kg	
5	Streptomycin	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	1x LMA, 1x Strepto und 1x LMA <u>nach</u> Inokulation (anderer Einsatzzeitpunkt von Strepto im Vergleich. zu Verfahren 4)
	LMA	Streptomycinsulfat (21.6%)	0.6 kg	
6	Vacciplant	4.3% Laminarin (45 g/l)	0.75 l	2 x Vacciplant vor der Blüte
	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	1 x Vacciplant + Myco-Sin +/- Blühbeginn
	Blossom Protect	<i>Aureobasidium pullulans</i> (5x10 ⁹ kbE/g)	12 kg	1 x BlossomProtect <u>vor</u> Inokulation + 2 x nach Inokulation
2015				
1	unbehandelt	-	-	-
2	Streptomycin	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	1x Strepto und 2 x LMA <u>nach</u> Inokulation
	LMA	Streptomycinsulfat (21.6%)	0.6 kg	
3	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	3 x LMA <u>nach</u> Inokulation
4	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	3 x Myco-Sin <u>nach</u> Inokulation
	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	1 x Myco-Sin zu Blühbeginn
5	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	3 x LMA <u>nach</u> Inokulation
	Vacciplant	4.3% Laminarin (45 g/l)	0.75 l	2 x Vacciplant vor der Blüte
	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	1 x Vacciplant + Myco-Sin +/- Blühbeginn
6	Blossom Protect	<i>Aureobasidium pullulans</i> (5x10 ⁹ kbE/g)	12 kg	1 x BlossomProtect <u>vor</u> Inokulation + 2 x nach Inokulation
	2015			
1	unbehandelt	-	-	-
2	Streptomycin	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	1x Strepto und 2 x LMA <u>nach</u> Inokulation
	LMA	Streptomycinsulfat (21.6%)	0.6 kg	
3	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	3 x LMA <u>nach</u> Inokulation
4	Milchsäure	Milchsäure (0.23%)		1 x Milchsäure <u>vor</u> Inokulation + 2 x nach Inokulation
	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	1 x Myco-Sin zu Blühbeginn
5	LMA	Kaliumaluminiumsulfat (80%)	20 kg	3 x LMA <u>nach</u> Inokulation
	Vacciplant	4.3% Laminarin (45 g/l)	0.75 l	2 x Vacciplant vor der Blüte
	Myco-Sin	65% Schwefelsaure Tonerde 0.2% Schachtelhalmextrakt	8 kg	1 x Vacciplant + Myco-Sin +/- Blühbeginn
6	Blossom Protect	<i>Aureobasidium pullulans</i> (5 x10 ⁹ kbE/g)	12 kg	1 x BlossomProtect <u>vor</u> Inokulation + 2 x nach Inokulation

* Im Versuch wurde aufgrund der kleinen Topfbäume (1 m Kronenhöhe) nur die Hälfte der bewilligten Präparatmenge appliziert (z.B. LMA: 10 kg/ha).

4.2 Praxisversuche zum Vergleich von Streptomycin und LMA

Praxisversuche mit dem vergleichenden Einsatz des Antibiotikums Streptomycin und dem neuen Präparat LMA sollen helfen, wissenschaftlich fundierte Erfahrungen mit dem neuen Pflanzenschutzmittel gegen Feuerbrand zu sammeln. Für die Durchführung der Versuche sind jedoch Infektionsbedingungen für Feuerbrand erforderlich. Diese lagen in den Jahren 2013 und 2014 nicht vor, es wurde demzufolge kein Praxisversuch durchgeführt. Die Praxisversuche wurden hauptsächlich durch das ordentliche Budget der Agroscope Forschungsgruppe Phytopathologie Obst- und Gemüsebau finanziert und in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Kantonen durchgeführt.

Im Jahr 2012 konnten die Versuche auf Praxisbetrieben in den Kantonen Luzern und Zürich durchgeführt werden. Im Feldversuch im Kanton Luzern wurden Streptomycin und LMA je zweimal eingesetzt. Die Behandlungen erfolgten jeweils am selben Abend. Die Applikationstechnik war, versuchsbedingt, unterschiedlich. Der Betriebsleiter behandelte, ausser dem LMA-Block, alle Reihen mit Streptomycin (Praxisprühergerät). Agroscope behandelte den LMA-Block mit einem Motorrückensprühergerät. Das Mittel LMA zeigte im Mittelwert (befallene Blütenbüschel bei 8 Bäumen) eine vergleichbare, wenn nicht sogar eine bessere Wirksamkeit als Streptomycin. Die Streuung zwischen den 8 bonitierten Bäumen bei LMA war geringer (Blütenbefall 1.1% bis 4.7%; Mittelwert 2.8%) als die Streuung bei den 8 bonitierten Bäumen, welche mit Streptomycin behandelt wurden (Blütenbefall 0% bis 12.8%; Mittelwert 5.6%). Weiter erfolgte am 17. Juli 2012 eine gemeinsame Beurteilung der Fruchtberostung bei ‚Gala‘ durch den Obstbauern, einen Berater der Kantonalen Fachstelle für Obstbau und Agroscope. Es konnte im Verfahren mit dem Produkt LMA keine Mehrberostung der Früchte festgestellt werden.

In einem Feldversuch bei Agroscope in Wädenswil wurde 2012 zudem bei verschiedenen Apfelsorten (‚Gala‘, ‚Golden‘, ‚Kanzi‘, ‚Mairac‘, ‚Rubens‘ und ‚Braeburn‘) die Fruchtberostung zum Zeitpunkt der Ernte und die Nebenwirkung von LMA (viermalige Applikation) auf Raubmilben geprüft. Dazu wurden vier Blöcke in der Mitte einer Apfelanlage mit LMA behandelt. Die Raubmilbenpopulation wurde vor der ersten Behandlung, Ende Blüte (nach den ersten zwei Behandlungen) und 35 Tage nach der letzten Behandlung ermittelt. Dazu wurden die Raubmilben mittels Auswaschmethode erhoben. Zwischen der Kontrolle und dem LMA-Verfahren bestand kein Unterschied in der Raubmilbenpopulation.

4.3 Löslichkeit von LMA in Abhängigkeit der Wassertemperatur und der Konzentration

Das Auflösen von LMA benötigt im Vergleich mit herkömmlichen Pflanzenschutzmitteln mehr Zeit. Bis LMA vollständig aufgelöst ist, muss die Spritzbrühe beispielsweise mit einem Stabrührgerät in einem grossen Behälter intensiv gerührt werden (Scheer *et al.* 2014 und Fried *et al.* 2013). Im Projekt HERAKLES wurden daher Laborversuche zur Löslichkeit von LMA durchgeführt und die Ergebnisse in Form eines Merkblattes sowie in der Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau (SZOW) publiziert. LMA wurde in drei Konzentrationen (2.5, 5 und 10%) in je 10, 20, 40 und 50° C warmem Wasser unter ständigem Rühren (500 Umdrehungen/min) gelöst und die Zeit bis zum vollständigen Auflösen des LMAs ermittelt (Abbildung 10). Je höher die Wassertemperatur und je geringer die Konzentration, desto schneller löste sich LMA auf. Daher ist das Ansetzen der Spritzbrühe in einem ausreichend grossen Behälter und das Umrühren mit einem Rührgerät vor dem Umfüllen in das Sprühergerät vor allem für Grossbetriebe sehr zu empfehlen. Durch das zusätzliche Erwärmen des Wassers kann der zeitliche Aufwand, um LMA in Lösung zu bringen, wesentlich reduziert werden.

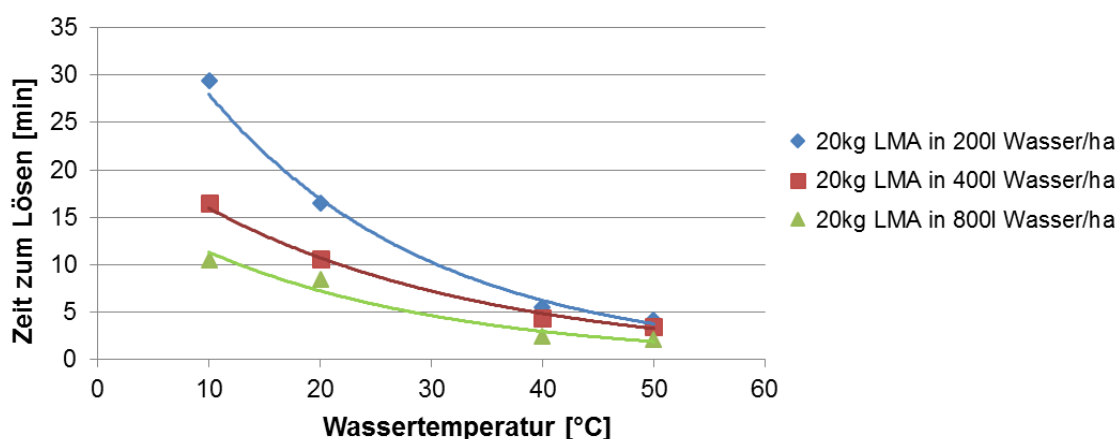


Abbildung 10: Lösungsdauer von LMA in Abhängigkeit von der Wassertemperatur (°C) und der Konzentration (%).

5 Teilprojekt 3: Prävention und Sanierung

Neben robusten Sorten und dem Einsatz von PSM sind Kulturmassnahmen weiterhin ein wesentlicher Pfeiler eines integrierten, nachhaltigen Feuerbrandmanagements. Sie dienen der Prävention oder – nach erfolgter Infektion – der erfolgreichen Sanierung befallener Kernobstanlagen.

5.1 Asymptomatischer Befallsfortschritt: Interreg IV-Anlagen

Auch wenn keine Feuerbrandsymptome an den Bäumen sichtbar sind, kann der Erreger im Pflanzengewebe vorhanden sein und nachgewiesen werden (Latenzbefall). Die Überwachung des latenten Befalls konnte an zwei ausgewählten Standorten des ehemaligen Interreg IV Projektes „Gemeinsam gegen Feuerbrand“ in Zusammenarbeit mit der Fachstelle Obstbau des Kantons St. Gallen weitergeführt werden. Die Anlage Müller in Muolen (SG) wurde bereits 2004 mit den relativ feuerbrandrobusten Sorten ‚Boskoop‘ und ‚Schneiderapfel‘ neu gepflanzt. Bei der Anlage Brocker in Marbach (SG) erfolgte die Neupflanzung mit Bäumen der Sorten ‚Boskoop‘, ‚Sauergrauech‘ und ‚Schneiderapfel‘ (nur 1 Baum) im Herbst 2007, nach dem verheerenden Feuerbrandjahr. In beiden Anlagen wurden die Sorten als Hochstämme gepflanzt und formiert. Die Fragestellung war, ob eine Neupflanzung mit feuerbrandrobusten Apfelsorten in der Feuerbrand-Befallszone zum Erfolg führen kann.

In beiden Parzellen wurde geplant, vier Mal jährlich Mischproben aus je fünf Neutrieben von zwei bis drei ausgewählten Bäumen pro Reihe jeweils ca. im April, Juni, August und November zu entnehmen. 2013 wurden nur drei Proben genommen, 2015 ging die Mai-Probe auf dem Postweg verloren. Mittels qPCR wurde an der Universität Hohenheim (Deutschland) im Labor von Prof. Ralf T. Voegelé die *E. amylovora*-Zellzahl in den Proben bestimmt. Dazu wurde von jedem Trieb ein Stück von ca. 4 cm abgeschnitten und oberflächlich mit 1 ml reinem Wasser zehnmal mit der Pipette abgewaschen. Das Waschwasser wurde anschliessend verworfen. Der abgewaschene Teil des Triebstücks wurde mit einer Rasierklinge in dünne Scheiben geschnitten. Je Probe wurden max. 0.43 g der geschnittenen Triebe in ein Probenröhrchen gegeben, mit der entsprechenden Wassermenge (30 ml/g) versetzt und für 15 min. bei 25 rpm geschüttelt. Die letzte Probe von 2015 wurde mit der gleichen Methodik im Labor von Dr. Stefan Kunz (Bio-Protect GmbH) analysiert.

Parzelle Müller in Muolen

Während des gesamten Zeitraums wurde in der Parzelle Müller in Muolen kein Befall festgestellt. 2009 trat in der Parzelle jedoch zum ersten Mal Latenzbefall auf (Tabelle 10). Die beiden betroffenen Bäume (Sorte ‚Boskoop‘, Reihe 3 Baum 6, R3 B14) standen in der Nähe alter ‚Boskoop‘- und ‚Wädenswiler Blauacher‘-Bäume mit

Feuerbrandbefall und wiesen hohe Zellzahlen auf (2×10^5 resp. 4×10^6 cfu/g Probengewebe). Der ‚Wädenswiler Blauacher‘ wurde daraufhin gerodet, der alte ‚Boskoop‘ wurde saniert. 2012 wurden in der KW20, KW28, KW40 und KW48 Proben genommen. Bei der ersten Probenahme waren zwei Proben positiv auf *E. amylovora* (Sorte ‚Schneiderapfel‘, R5 B20, R7 B16). In der Nähe der betroffenen Bäume standen alte Mostbirnen, von denen der Latenzbefall höchstwahrscheinlich ausging. Bei der zweiten Probenahme wurden zwei positive Proben gefunden (Sorte ‚Boskoop‘, R3 B23, R3 B6), wobei R3 B6 bereits 2009 positiv getestet wurde. Beim dritten Termin waren alle Proben negativ, bei der letzten Beprobung des Jahres 2012 war R3 B6 jedoch erneut positiv. 2013 wurden an drei verschiedenen Terminen (17. April, 2. Juli und 18. September) beprobt. Am ersten Termin waren wieder R3 B6 und R3 B14 positiv (mit 5×10^4 resp. 3×10^5 cfu/g Probengewebe), welche unmittelbar neben den stark befallenen Bäumen standen und schon 2009 Latenzbefall zeigten. Bei den nächsten zwei Terminen wurden keine Bakterien nachgewiesen. Im Frühjahr 2014 war R3 B6 jedoch erneut positiv. Im Jahr 2015 war eine Probe eines ‚Boskoop‘-Baumes (R1 B5) positiv auf *E. amylovora*, die Zelldichte war jedoch unterhalb der Nachweisgrenze. Bei diesem Baum wurde zuvor noch nie Latenzbefall festgestellt.

Parzelle Brocker in Marbach

Auch in der Parzelle Brocker in Marbach wurde zu Beginn immer wieder *E. amylovora* in den Proben detektiert, ohne dass es je zu sichtbarem Feuerbrandbefall kam. Im ersten Probenjahr 2008 wurden im Oktober zwei Proben positiv auf Feuerbrandbakterien getestet (R1 B9 (‚Sauergrauech‘) und R5 B3 (‚Schneiderapfel‘)). Der Baum ‚Schneiderapfel‘ war auch im darauffolgenden Frühjahr wieder positiv, bei später entnommene Proben konnte jedoch kein Feuerbrand mehr nachgewiesen werden. Am zweiten Termin im Juli 2009 wurden zwei weitere ‚Sauergrauech‘-Bäume positiv getestet. Diese und drei weitere ‚Boskoop‘-Bäume wiesen auch bei der letzten Beprobung des Jahres im Dezember 2009 wieder Bakterien mit einer Zelldichte von 1×10^5 cfu/g Probengewebe auf. Am ersten Termin in der KW 20 2012 waren zwei Proben positiv auf *E. amylovora*, es handelte sich um zwei der bereits im Dezember latent befallenen Bäume (R2 B14 (‚Sauergrauech‘), R5 B20 (‚Boskoop‘)). Die Zelldichten waren jedoch um 1-2 Zehnerpotenzen geringer. Zum dritten Beprobungstermin in der KW 40 war die Probe eines ‚Sauergrauech‘-Baumes positiv, bei dem zuvor noch kein Latenzbefall festgestellt worden war (Tabelle 10). Die Parzelle ist von Windschutzhecken umgeben, in denen sich Jungkrähen aufhalten. Die jungen Vögel sitzen auf ihrem Weg zwischen den Hecken immer wieder auf den Apfelbäumen ab. Da der Latenzbefall vorwiegend bei Bäumen in der Flugbahn der Vögel festgestellt wurde, könnten die Krähen die Bakterien immer wieder neu verteilt haben. Diese Hypothese der Fachstelle Obstbau des Kantons St. Gallen wird dadurch

gestützt, dass seit Ende 2012 *E. amylovora* nicht mehr in der Anlage nachgewiesen wurde und gleichzeitig die Krähen verschwunden sind.

Fazit

Bis Ende 2015 trat in beiden Anlagen kein sichtbarer Feuerbrandbefall auf, obwohl immer wieder Proben positiv auf *E. amylovora* getestet wurden. In Muolen trat der Latenzbefall hauptsächlich und wiederholt in der Nähe des alten, sanierten Befallsherdes auf, welcher die wahrscheinliche Quellen des Latenzbefalls darstellt (eine Beprobung des sanierten ‚Boskoop‘-Baumes in Muolen ist für das Nachfolgeprojekt HERAKLES Plus geplant). Auch in Marbach waren dieselben Bäume wiederholt positiv, die in der Flugbahn der Jungkrähen lagen. Mit dem Verschwinden der Vögel, die die Bakterien mutmasslich verschleppten (Hypothese), zeigte sich seit 2013 kein Latenzbefall mehr.

Die Ergebnisse zeigen einerseits, dass es möglich ist, feuerbrandrobuste Sorten in der Befallszone anzupflanzen und hochzuziehen. Die Feuerbrandbakterien waren jedoch regelmässig in den Jungtrieben der Bäume nachweisbar. Obwohl keine Feuerbrandsymptome beobachtet werden konnten, sind die Bäume in den Anlagen nicht frei vom Erreger. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss zudem berücksichtigt werden, dass es seit 2012 keine „Feuerbrandjahre“ mit starkem Befall mehr gab, daher sind die Ergebnisse mit Vorbehalt zu betrachten. Es wird sich zeigen müssen, ob in einem Jahr mit günstigen Witterungsbedingungen für den Feuerbrand wieder stärkerer Latenzbefall oder gar Feuerbrandsymptome auftreten.

Tabelle 10: Ergebnisse der Latenzbeprobung in Marbach und Muolen von 2008 bis 2015 (2010 und 2011 keine positiven Proben). Zelldichten in cfu/g Probenmaterial (= Mischprobe aus 5 Jungtrieben/Baum). u. N. = unter der Nachweisgrenze. R = Reihe, B = Baum.

	2008		2009				2012				2013				2014				2015		
	Okt.		Mai	Juli	Okt.	Dez.	Mai	Juli	Okt.	Nov.	April	Juli	Sept.	April	Juni	Aug.	Nov.	Aug.	Sept.	Nov.	
Parzelle Marbach																					
R1 B9 'Sauergrauech'	6 x 10 ⁴		5 x 10 ⁴	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R2 B14 'Sauergrauech'	u. N.		1 x 10 ⁴	u. N.	1 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R3 B8 'Sauergrauech'	u. N.		u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	1.1 x 10 ³	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R3 B16 'Sauergrauech'	u. N.		u. N.	u. N.	1 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R4 B11 'Boskoop'	u. N.		u. N.	u. N.	1 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R4 B22 'Boskoop'	u. N.		u. N.	u. N.	1 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R5 B3 'Schneiderapfel'	6 x 10 ⁴		u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R5 B20 'Boskoop'	u. N.		u. N.	u. N.	1 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	1.1 x 10 ⁴	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
Parzelle Muolen																					
R1 B5 'Boskoop'	u. N.		u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R3 B23 'Boskoop'	u. N.		u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	1.2 x 10 ⁴	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R3 B6 'Boskoop'	u. N.		2 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	u. N.	1.1 x 10 ⁷	u. N.	6.1 x 10 ³	5.3 x 10 ⁴	u. N.	u. N.	u. N.	2 x 10 ³	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R3 B14 'Boskoop'	u. N.		4 x 10 ⁶	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	2.9 x 10 ⁵	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R5 B20 'Schneiderapfel'	u. N.		u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	4.9 x 10 ³	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	
R7 B16 'Schneiderapfel'	u. N.		u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	3.1 x 10 ³	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	u. N.	

5.2 Ballonblütenversuch

In den Projektjahren 2012 und 2013 wurde im Rahmen des Projekts HERAKLES, mitfinanziert durch das ordentliche Budget der Agroscope Forschungsgruppe Phytopathologie Obst- und Gemüsebau, in Zusammenarbeit mit den Fachstellen Obst der Kantone Zürich und St. Gallen der Frage einer *E. amylovora*-Blüteninfektion „aus dem Holz heraus“ nachgegangen, also ob Blüten der im Vorjahr befallenen Bäume bereits mit *E. amylovora* infiziert sind, bevor es zu einer Übertragung des Erregers von aussen kommt.

Im Jahr 2012 wurden zehn Zweige von zweijährigen Apfelbäumen der Sorte ‚Gravensteiner‘ mit Feuerbrandbefall im Vorjahr im frühen Knospenstadium mit feinmaschigen Netzen eingehüllt. Dieser Vorgang wurde 2013 an je 40 Zweigen einer ‚Schweizer Wasserbirne‘ und eines Apfelbaums der Sorte ‚Wädenswiler Blauacher‘ (beides Hochstamm) wiederholt (Abbildung 11). Während des Ballon- oder frühen Blühstadiums wurden die eingehüllten Zweige geschnitten und ins Labor gebracht. Pro Zweig wurden 20 Blüten im frühen Blühstadium entfernt und in zwei Proben (Probe A und Probe B) mit je zehn Blüten aufgeteilt. Vorhandene Bakterien wurden aus der Blüte gewaschen und aufkonzentriert. Der Nachweis des Feuerbranderreger aus diesen Probelösungen erfolgte durch zwei verschiedene Methoden: Mit der klassischen Kultivierung und mit der PCR.

In keiner der untersuchten Blütenproben konnte der Feuerbranderreger im Plattentest nachgewiesen werden. In den untersuchten Blütenproben des ‚Gravensteiner‘ Apfelbaums von 2012 und der ‚Schweizer Wasserbirne‘ von 2013 wurden auch mit der PCR keine Feuerbrandbakterien gefunden. Von den 80 untersuchten Blütenproben des ‚Wädenswiler Blauachers‘ von 2013 reagierten in der PCR jedoch zwei Proben positiv. Dieses PCR-Ergebnis kann darauf zurückzuführen sein, dass die DNA abgestorbener Feuerbrandbakterien aus zurückliegenden Infektionen detektiert wurde, da diese Methode nicht zwischen lebenden und toten Zellen unterscheidet. Es ist aber auch vorstellbar, dass auf den Nährplatten ebenfalls lebende Feuerbrandbakterien vorhanden, aber nicht sichtbar waren. Aus den Blüten wurden zahlreiche andere (nicht *E. amylovora*) Bakterien mitisoliert, die auf den Nährplatten teilweise stark gewachsen sind. Es ist möglich, dass das Wachstum von *E. amylovora*-Kolonien auf den Nährplatten durch diese anderen Bakterien unterdrückt wurde oder die Kolonien von anderen Bakterien überwachsen wurden und dadurch nicht zu sehen waren. Für den gesicherten PCR-Nachweis von *E. amylovora* sollten jedoch beide Blütenproben, A und B, des jeweiligen Apfelzweiges positiv getestet werden. Das war nicht der Fall; die jeweiligen B-Proben reagierten in der *E. amylovora*-PCR negativ.

In den durchgeführten Versuchen konnte aus den beprobten 1800 Blüten von Kernobstbäumen, die im Vorjahr Feuerbrandbefall aufwiesen, kein Feuerbranderreger kultiviert werden. Die Vermutung, dass durch einen Feuerbrandbefall der Bäume im Vorjahr Blüten „aus dem Holz heraus“ mit *E. amylovora* infiziert werden und so ebenfalls zu einer Verbreitung des Feuerbranderreger beitragen, konnte nicht belegt werden.

Die Ergebnisse des Versuchs wurden im April 2015 in der Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau (SZOW) publiziert.



Abbildung 11: Je 40 Zweige einer ‚Schweizer Wasserbirne‘ (links) und eines ‚Wädenswiler Blauacher‘ (rechts) mit Feuerbrandbefall im Vorjahr wurden im frühen Knospenstadium mit feinmaschigen Netzen eingehüllt. Fotos: D. Szalatnay

6 Zusammenarbeit

Eine Bereicherung des Projektes HERAKLES sind die vielfältigen Schnittstellen zu verschiedenen Projekten und Partnern. Seit 2015 werden die Feuerbrand-Aktivitäten in der Schweiz durch das Dachprojekt „Gemeinsam gegen Feuerbrand“ (Ergänzungsfinanzierung von SOV, BLW und Kanton Aargau) koordiniert. Verschiedene Ansätze konnten so gewinnbringend und breit abgestützt integriert werden.

Zusammenarbeit mit:

Dachprojekt „Gemeinsam gegen Feuerbrand“ (E. Holliger, V. Reiningger, A. Crole-Rees, Agroscope)

Projekt BEVOG II und III – Beschreibung von Obstgenressourcen (J. Gassmann, K. Hunziker, R. Andreoli, Agroscope)

Projekt ZUEFOS II – Züchtung feuerbrandtoleranter Obstsorten (M. Kellerhals, I. Baumgartner, S. Schütz, L. Lussi, Agroscope)

Projekt ACHILLES – Epidemiologie und Biocontrol (B. Duffy, Agroscope)

SOUL-BIO – Prüfung feuerbrandrobuster Sorten und Unterlagen (F. Weibel, FIBL)

Kantone AG, BL, LU, SG, TG und ZH (Versuchsanlagen, Wissensaustausch und Beratung)

Weitere Zusammenarbeit mit: Mosterei Möhl und Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW (Pressversuche von Mostapfelsorten, O. Gerber), SOV (J. Enggasser), Baumschulen (T. Suter, Jardin Suisse, E. Dickenmann), Vereinigung FRUCTUS (traditionelle Obstsorten, Genressourcenprojekte), ProSpecieRara (Schweizerische Stiftung für die kulturhistorische und genetische Vielfalt von Pflanzen und Tieren), Uni Konstanz und Uni Hohenheim (Latenzbeprobung) und Feuerbrandkontrolleur Wintersingen (K. Brodbeck)



7 Dank

Die Projektverantwortlichen danken den Projektpartnern, namentlich der CAVO Stiftung, den Kantone Aargau, Luzern, St. Gallen, Thurgau und Zürich sowie der Quality Juice Foundation, ganz herzlich für die gelungene, wertvolle und konstruktive Zusammenarbeit und die Finanzierung des Projektes.

Ein Dank geht auch an das Dachprojekt „Gemeinsam gegen Feuerbrand“ unter der Leitung von Eduard Holliger und Anna Crole-Rees (bis 2015) bzw. Vanessa Reiningger (ab 2016) und die damit verbundene Ergänzungsfinanzierung von SOV, BLW, und dem Kanton Aargau für die Koordination der Schnittstellen mit anderen Feuerbrandprojekten.

Ein weiterer grossen Dank gehört den Teams des Versuchsbetriebs Obstbau in Wädenswil unter der Leitung von Matthias Schmid und des Steinobstzentrums Breitenhof in Wintersingen unter der Leitung von Thomas Schwizer. Auch den weiteren Agroscope Mitarbeitenden, die einen Beitrag zum Gelingen des Projekts geleistet haben, gebührt unser Dank. Dies sind insbesondere Simon Egger, Bea Schoch, Daniel Baumgartner sowie Benjamin Walch, Ina Schlathöf, Jakob Schierscher, Heidi Widmer, Nele Kemper, Mérylle Censier und Manuel Suter. Vielen Dank auch an Oliver Gerber (ZHAW) und sein Team für die gute Zusammenarbeit bei der Herstellung der Säfte für das Projekt.



„HERAKLES-Baum“ am Strickhof Wülflingen (ZH). Im April 2016 wurden die „Top 15“ Mostapfelsorten aus dem Projekt HERAKLES durch David Szalatnay und Jakob Schierscher am Strickhof Wülflingen auf einen Hochstamm veredelt. Vielen Dank für diesen grossartigen Einfall! Wir hoffen auf einen guten Anwachserfolg! Foto: D. Szalatnay

8 Wissensaustausch

Für die aktive Kommunikation aktueller Projektergebnisse und die Sensibilisierung von Mostobstproduzenten, Baumschulen sowie Naturschutzorganisationen wurden während des Projekts diverse Publikationen verfasst und Beiträge bei Fachtagungen geleistet. Zudem wurde der regelmässige Austausch mit Projektpartnern und verwandten Projekten gepflegt (hier nicht im Detail aufgeführt).



Projektberichte

Perren S., Naef A., Holliger E., Pelludat C., 2014. Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement – Alternativen zu Streptomycin? Fachlicher Zwischenbericht 2013. Agroscope.

Perren S., Egger S., 2013. Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement – Alternativen zu Streptomycin? Fachlicher Zwischenbericht 2012. Agroscope.

Publikationen

2015/2016

Reininger V., Schöneberg A., Perren S., Holliger E., 2016. Feuerbrand – Pflanzenschutzmittelversuche 2015. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 1/16, S. 10-13.

Schöneberg, A., Pelludat C., Perren S., 2015. Feuerbrand. Ist Blütenbefall „aus dem Holz heraus“ möglich? Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 7/15, S. 23.

Schöneberg A., Perren S., Naef A., 2015. Die Suche nach robusten Sorten für ein nachhaltiges Feuerbrandmanagement. Agrarforschung Schweiz 6/1, S. 4-11.

Schwizer T., Mühlentz I., Schweizer S., Weibel F., Buser A., Kuske S., Naef A., Schöneberg A., Baur R., 2015. Jahresbericht 2015 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer. 106/2015.

2014

Perren S., 2014. Das Feuerbrand-Pflanzenschutzmittel LMA: In warmem Wasser besser löslich. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 7/14, S. 16-18.

Perren S., Holliger E., 2014. LMA: Lösungsdauer in Abhängigkeit der Wassertemperatur (°C) und der Konzentration (%). Agroscope Merkblatt.

Schwizer, T., Mühlentz, I., Schweizer, S., Weibel F., Buser A., Kuske, S., Naef A., Schöneberg A., Baur R., 2014. Jahresbericht 2014 Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer. 51/2014.

Baur R., Schwizer T., Widmer A., Mühlentz I., Weibel F., Buser A., Kuske S., Bravin E., Eicher O., Naef A., Perren S., 2014. Jahresbericht 2013 Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer. 2/2014.

2013

Egger S., Rombini S., Perren S., 2013. Erste Erfahrungen mit der Apfelsorte SQ159 (Natyra®) – Teil I. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 20/2013, S. 8-11.

Holliger E., Pelludat C., Perren S., 2013. Hoffnungsträger im Kampf gegen Feuerbrand. Früchte & Gemüse. 4/2013, S. 28.

2012

Holliger E., Perren S., 2012. Feuerbrand: Erste Erfahrungen mit „LMA“ in der Schweiz. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 22/12, S. 20.

Perren S., Egger S., Kellerhals M., 2012. Mit robusten Sorten dem Feuerbrand trotzen. Landfreund. 12/2012, S. 32-35.

Beiträge

Vorträge (V), Posterbeiträge (P), geordnet nach Erscheinungsdatum

2015

Schöneberg A., Perren S., Holliger E., 2015. Auf der Suche nach feuerbrandrobusten Sorten. Sitzung Task Force Feuerbrand Aargau, Liebegg, 12.2015. (V)

Schöneberg A., Reiningger V., Perren S., Holliger E., 2015. Pflanzenschutz-Freilandversuche mit künstlicher Inokulation in der Schweiz 2015. Nationale Tagung "Gemeinsam gegen Feuerbrand", Wädenswil, 11.2015. (V)

Schöneberg A., Reiningger V., Perren S., Holliger E., 2015. Schweizweit einmalige Feuerbrandparzelle. Nationale Tagung "Gemeinsam gegen Feuerbrand", Wädenswil, 11.2015. (P)

Schütz S., Lussi, L., Kellerhals M., Gassmann J., Andreoli R., Perren S., Schöneberg A., 2015. Robustheit bei Sorten und Neuzüchtungen. Nationale Tagung "Gemeinsam gegen Feuerbrand", Wädenswil, 11.2015. (V)

Schöneberg A., Reiningger V., Perren S., Holliger E., 2015. Pflanzenschutz-Freilandversuche mit künstlicher Inokulation in der Schweiz 2015. 5-Länder-Treffen Feuerbrand 2015, Batschuns, 11.2015. (V)

Schöneberg A., Reiningger V., Perren S., Holliger E., 2015. Schweizweit einmalige Feuerbrandparzelle. Güttinger Tagung 2015, Güttingen, 08.2015. (P)

Schöneberg A., Reiningger V., Perren S., Holliger E., 2015. Schweizweit einmalige Feuerbrandparzelle - Versuchsbegehung Feuerbrandversuche BR53 2015. Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof, Wintersingen, 07.2015. (P, V)

Schöneberg A., Reiningger V., Perren S., Holliger E., 2015. Schweizweit einmalige Feuerbrandparzelle. Breitenhoftagung 2015, Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof, Wintersingen, 05.2015. (P)

Schöneberg A., Perren S., 2015. Projekt HERAKLES - Rückblick und Ausblick. CAVO Stiftungsrats-Sitzung 2015, Winterthur, 04.2015. (V)

Schöneberg A., Perren S., Holliger E., 2015. Schweizweit einmalige Feuerbrandparzelle. Beiratstreffen Breitenhof 2015, Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof, Wintersingen, 04.2015. (P, V)

Schöneberg A., Reiningger V., Holliger E., 2015. Geplante Feuerbrand-Bekämpfungsversuche 2015 in der Schweiz. Vorbesprechung Feuerbrand-Bekämpfungsversuche 2015, JKI Dossenheim, 03.2015 (V)

Schöneberg, A., Perren S., Schmid M., 2015. Agroscope-Forschung zum Thema Feuerbrand. GV des Obstvereins Horgen, Wädenswil, 01.2015. (V)

2014

Schöneberg, A., Perren, S., Holliger, E., 2014. PSM-Freilandversuche mit künstlicher Inokulation am Breitenhof 2014. Pflanzenschutztagung Obstbau 2014, Wädenswil, 11.2014. (V)

Schöneberg, A., Perren, S., Holliger, E., 2014. Pflanzenschutz-Freilandversuche mit künstlicher Inokulation in der Schweiz 2014. 5-Länder-Treffen Feuerbrand, Nals, 11.2014. (V)

Schöneberg A., Perren S., Holliger E., 2014. Feuerbrandmanagement: Aktuelle Schritte in Züchtung, Sortenwahl und Pflanzenschutz. Güttinger Tagung 2014, Güttingen, 08.2014. (P, V)

- Schöneberg A., 2014. Robuste Sorten im Kampf gegen den Feuerbrand. Erfahrungsaustausch Bioring Hochstamm, Flawil, 08.2014. (V)
- Schöneberg A., Holliger E., 2014. Aufbau und Ergebnisse des Versuchs zur Wirksamkeit und Einsatzoptimierung von Pflanzenschutzmitteln gegen Feuerbrand 2014 mit Versuchsbegehung. Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof, Wintersingen, 07.2014. (P, V)
- Schöneberg A., 2014. Trieb- und Blütestestungen auf die Feuerbrandanfälligkeit von Birnensorten im Projekt Herakles. 1. Treffen Begleitgruppe Projekt „1000 Bio-Mostbirnbäume“ 2014, Steinmaur, 07.2014. (P, V)
- Schöneberg, A., Holliger, E., 2014. Feuerbrandsituation und -Freilandversuche 2014 in der Schweiz. Auswertung und Interpretation der Mittelprüfung mit Austausch im In- und Ausland, JKI Dossenheim, 06.2014. (V)
- Perren S., Schöneberg A., 2014. Projekt HERAKLES. CAVO Stiftungsrats-Sitzung 2014, Winterthur, 05.2014. (V)
- Perren S., 2014. Wo liegt die Zukunft der Hochstammsorten? Alte und neue robuste Mostobstsorten im Obstgarten der Zukunft. Kernobstsortentagung, Wädenswil, 04.2014. (V)
- Perren S., 2014. Wo liegt die Zukunft der Mostobstsorten? 4. Schweizerische Hochstammtagung 2014, Liebegg, 02.2014. (V)

2013

- Perren S., 2013. Sorten und Pflanzenschutz-Versuche am Breitenhof 2013. Projektreporting Agroscope, Wädenswil, 12.2013. (V)
- Perren S., 2013. Freiland Blüteninokulationen bei verschiedene Apfelsorten und ACW-Züchtungen 2013. 5-Länder-Treffen, Immenstaad, 11.2013. (V)
- Perren S., 2013. PSM Versuche im Freiland mit künstlicher Inokulation 2013. 5-Länder -Treffen, Immenstaad, 11.2013. (V)
- Holliger E., Perren S., 2013. Feuerbrand. Pflanzenschutztagung Obstbau, Agroscope Wädenswil, 11.2013. (V)
- Naef A., Perren S., 2013. Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement - Alternativen zu Streptomycin. Forum Kern- und Steinobst, Bern, 11.2013. (V)
- Perren S., 2013. Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement – Alternativen zu Streptomycin? 13th International Fire Blight Workshop, IP Feuerbrand, ETH Zürich, 07.2013. (V)
- Perren S., 2013. Alternativen zu Streptomycin. Besichtigung Feuerbrand Parzelle Breitenhof, Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof, Wintersingen, 07.2013. (P)
- Perren S., 2013. Welche Obstsorte schafft es auf Ihren Teller. Tage der offenen Tür, Agroscope Wädenswil, 06.2013. (V, P)
- Egger S., Perren S., 2013. Projekt HERAKLES. CAVO Stiftungsrats-Sitzung 2013, Winterthur, 03.2013. (V)
- Perren S., 2013. Was hat die Forschung beim Feuerbrand für Trümpfe in der Hand? GV Obstproduzenten Bezirk Kulm und Lenzburg, Seengen, 01.2013. (V)

2012

- Perren S., 2012. Projekte HERAKLES & ACHILLES. Sitzung Task Force Feuerbrand Aargau, Liebegg, 12.2012. (V)
- Perren S., 2012. Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement - Alternativen zu Streptomycin. 5-Länder Treffen Feuerbrand, Flawil, 11.2012. (V)
- Silvestri G., 2012. Hochwertige Sorten für einen nachhaltigen Mostapfelanbau. Mosterei-Versammlung der FOV, Zürich, 03.2012. (V)

Presseartikel und Medienmitteilungen

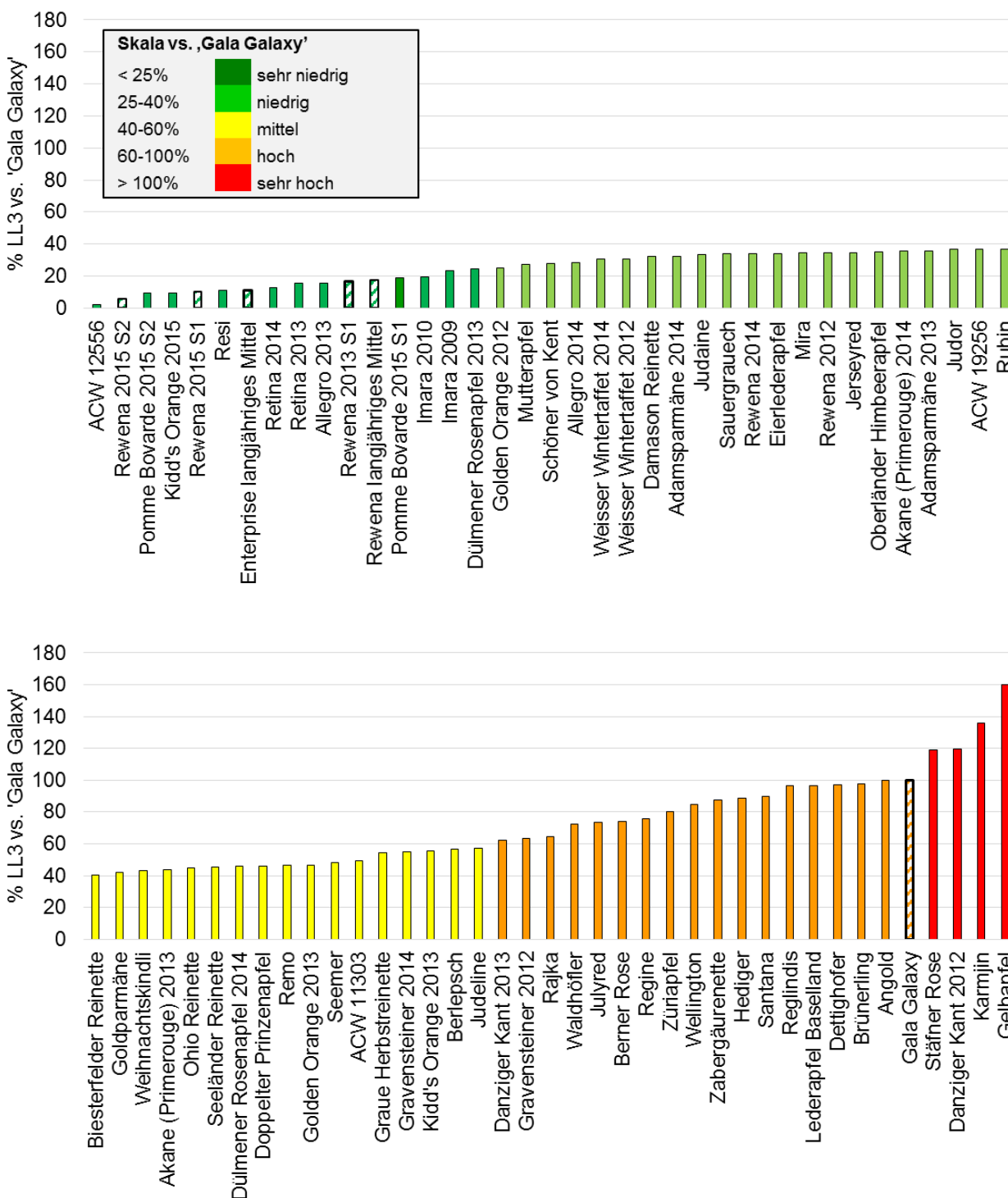
- Holliger E., Reininger V., Schöneberg A., 2014. Medienmitteilung. Feuerbrandmanagement: Aktuelle Hinweise aus Feldversuchen 2015. In: Medienmappe Güttinger-Tagung 2015, Hrsg. Versuchsbetrieb Obstbau Güttingen, BBZ Arenenberg und Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, Wädenswil. 22.08.2015.
- Kellerhals M., Schöneberg A., 2014. Medienmitteilung. Feuerbrandmanagement: Aktuelle Schritte in Züchtung, Sortenwahl und Pflanzenschutz. In: Medienmappe Güttinger-Tagung 2014, Hrsg. Versuchsbetrieb Obstbau Güttingen, BBZ Arenenberg und Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, Wädenswil. 23.08.2014.
- Zeitungsartikel im „Zürcher Oberländer“ zum Feuerbrandjahr 2014 und dem Projekt HERAKLES: Sorg, L. Kühles Wetter, wenig Feuerbrand. In: Zürcher Oberländer vom 15.08.2014.

9 Literatur

- EPPO Richtlinie PP 1/166(3). Efficacy evaluation of bactericides - *Erwinia amylovora*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 32, 341–345, 2002.
- Horner, M. B., Hough, E. G., Hedderley, D. I., How, N. M. & Bus, V. G. M., 2014. Comparison of fire blight resistance screening methodologies. New Zealand Plant Protection 67, 145-150.
- Le Lezec, M. & Paulin, J. P., 1984. Shoot susceptibility to fireblight of some apple cultivars. Act. Hort. 151, 277-281.
- Le Lezec M., Paulin J. P., & Lecomte P., 1987. Shoot and blossom susceptibility to fireblight of apple cultivars. Acta Hort. (ISHS) 217, 311-315.
- Llop P., Bonaterra A., Peñalver J., Lopez M. M., 2000. Development of a highly sensitive nested-PCR procedure using a single closed tube for detection of *Erwinia amylovora* in asymptomatic plant material. Appl. Environ. Microbiol. 66, 2071-2078.
- Persen U., Gottsberger R. & Reisenzein H., 2011. Spread of *Erwinia amylovora* in apple and pear trees of different cultivars after artificial inoculation. Act. Hort. (ISHS) 896, 319-330.
- Rezzonico, F. & Duffy, B., 2007. The role of luxS in the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* is limited to metabolism and does not involve quorum sensing. Mol Plant-Microbe Interact 20, 1284–1297.
- Schobinger U. & Müller W., 1975. Produktions- und Verarbeitungs-technische Aspekte bei der Beurteilung von Apfel- und Birnensorten für die Getränkeherstellung. Flüssiges Obst 44, 414-419.
- Thomson S. V., 2000. Epidemiology of fire blight. In: Vanneste, J.L. (eds) Fire Blight: The Disease and its Causative Agent, *Erwinia amylovora*. CAVI Publishing, Wallingfort UK, 9-37.






Anhang A: Triebtestungen Apfel 2012-2015

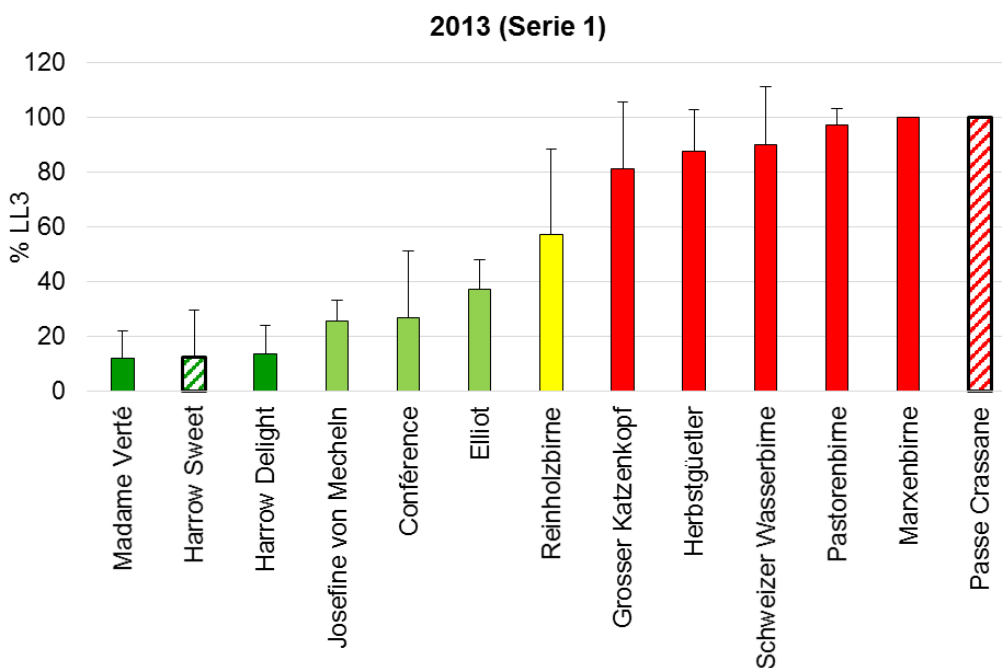
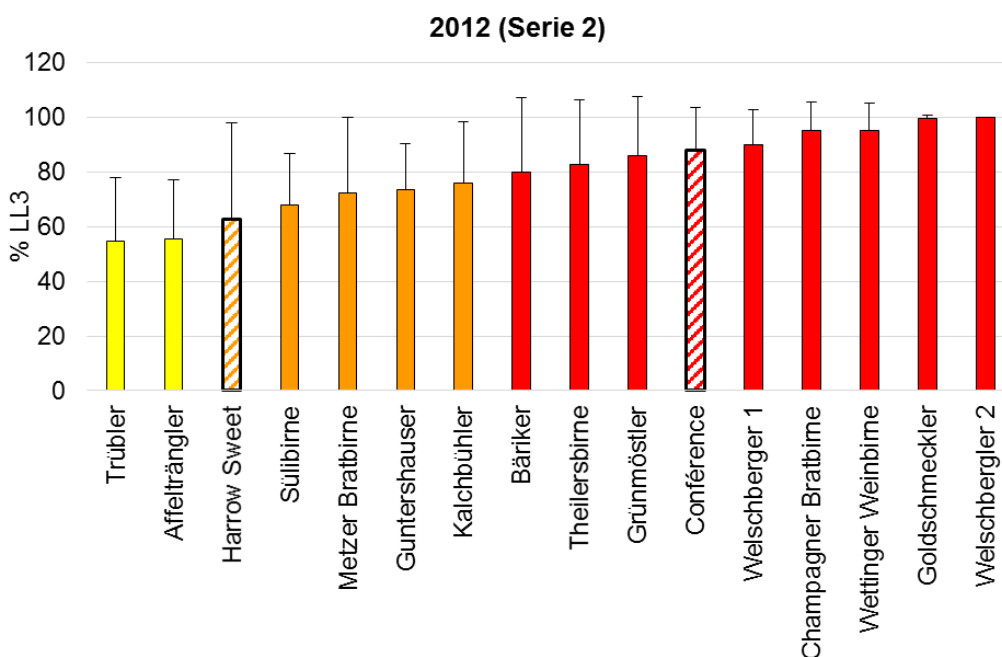
Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach künstlicher Triebinokulation mit *Erwinia amylovora* für die im Projekt HERAKLES (2012-2015) getesteten Apfelsorten. Dargestellt ist die sichtbare Läsionslänge % der Gesamtrieblänge (gemessen 3 Wochen nach Inokulation) im Verhältnis zur anfälligen Referenzsorte ‚Gala Galaxy‘ (% LL3 vs. ‚Gala Galaxy‘). Robuste Referenzen ‚Rewena‘ und ‚Enterprise‘ (angegeben sind die langjährigen Mittel). Dunkelgrün = sehr niedrig, hellgrün = niedrig, gelb = mittel, orange = hoch, rot = sehr hoch anfällig nach Triebtest. Methodik siehe Kapitel 3.1).








Anhang B: Triebtestungen Birne 2012-2015

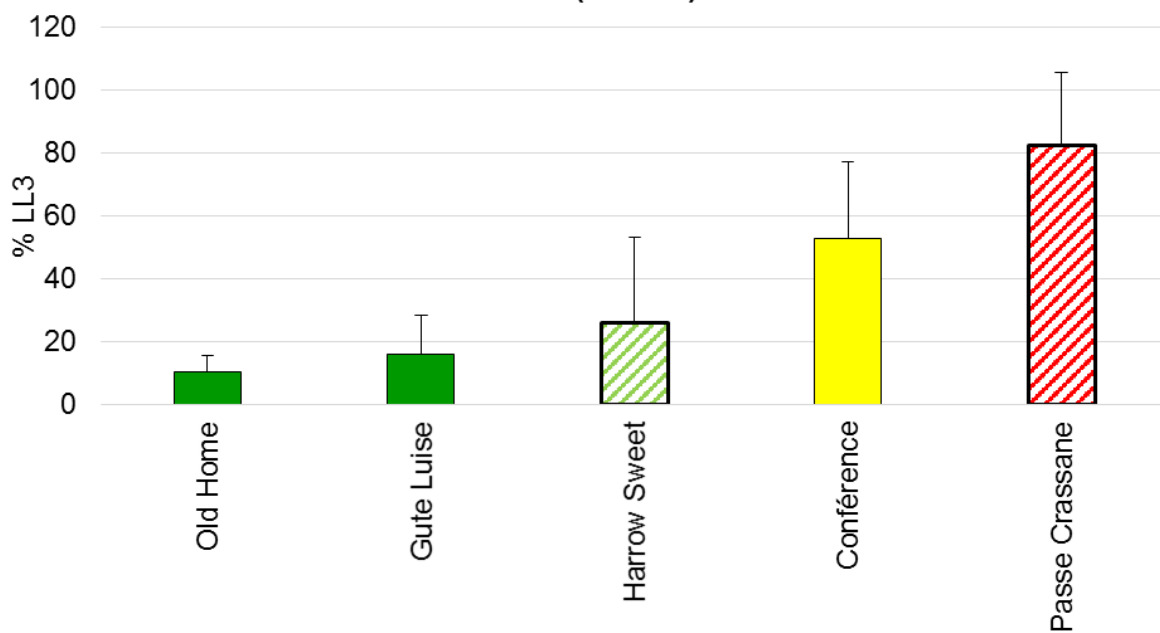
Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach künstlicher Triebinokulation mit *Erwinia amylovora* für die im Projekt HERAKLES (2012-2015) getesteten Birnensorten. Dargestellt ist die sichtbare Läsionslänge % der Gesamtrieblänge, gemessen 3 Wochen nach Inokulation (% LL3). Robuste Referenz ‚Harrow Sweet‘, anfällige Referenzen ‚Conférence‘ (bis 2012) und ‚Passe Crassane‘ (ab 2013). Dunkelgrün = sehr niedrig, hellgrün = niedrig, gelb = mittel, orange = hoch, rot = sehr hoch anfällig nach Triebtest. Methodik siehe Kapitel 3.1).

Läsionslänge 0-20%		sehr niedrig
Läsionslänge 20-40%		niedrig
Läsionslänge 40-60%		mittel
Läsionslänge 60-80%		hoch
Läsionslänge 80-100%		sehr hoch

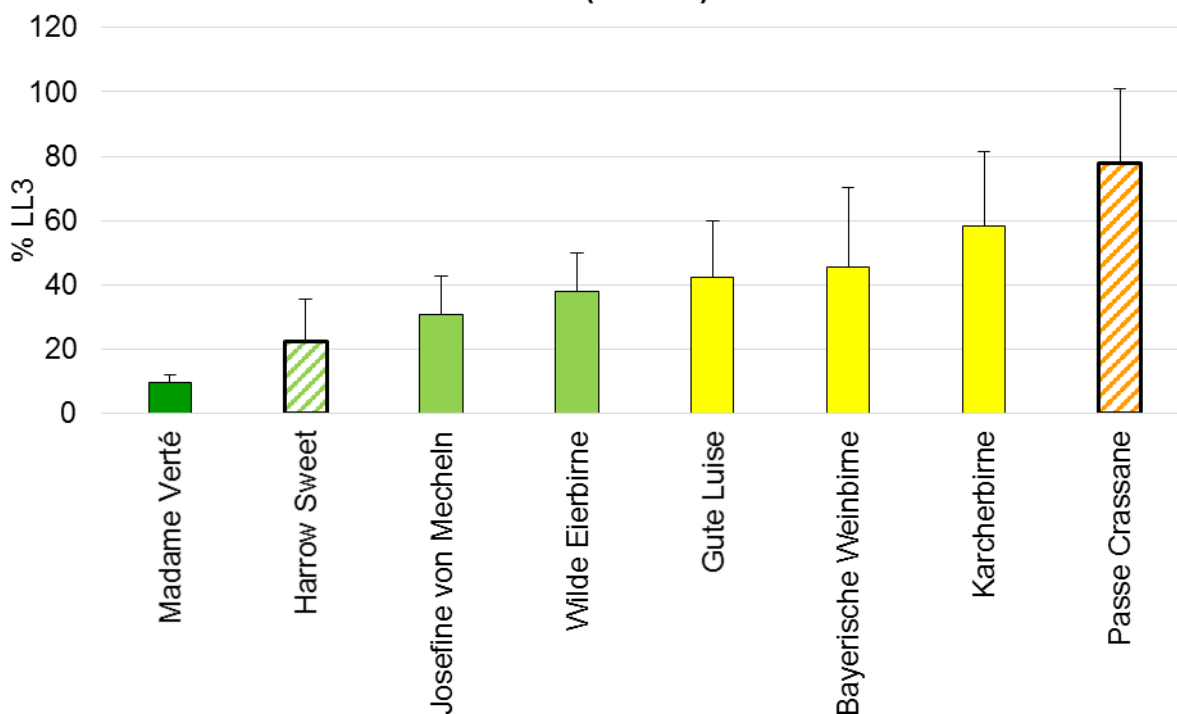







Einschätzung zur Triebanfälligkeit von Birnen (Le Lezec)		
Läsionslänge 0-20%		sehr niedrig
Läsionslänge 20-40%		niedrig
Läsionslänge 40-60%		mittel
Läsionslänge 60-80%		hoch
Läsionslänge 80-100%		sehr hoch

2013 (Serie 3)

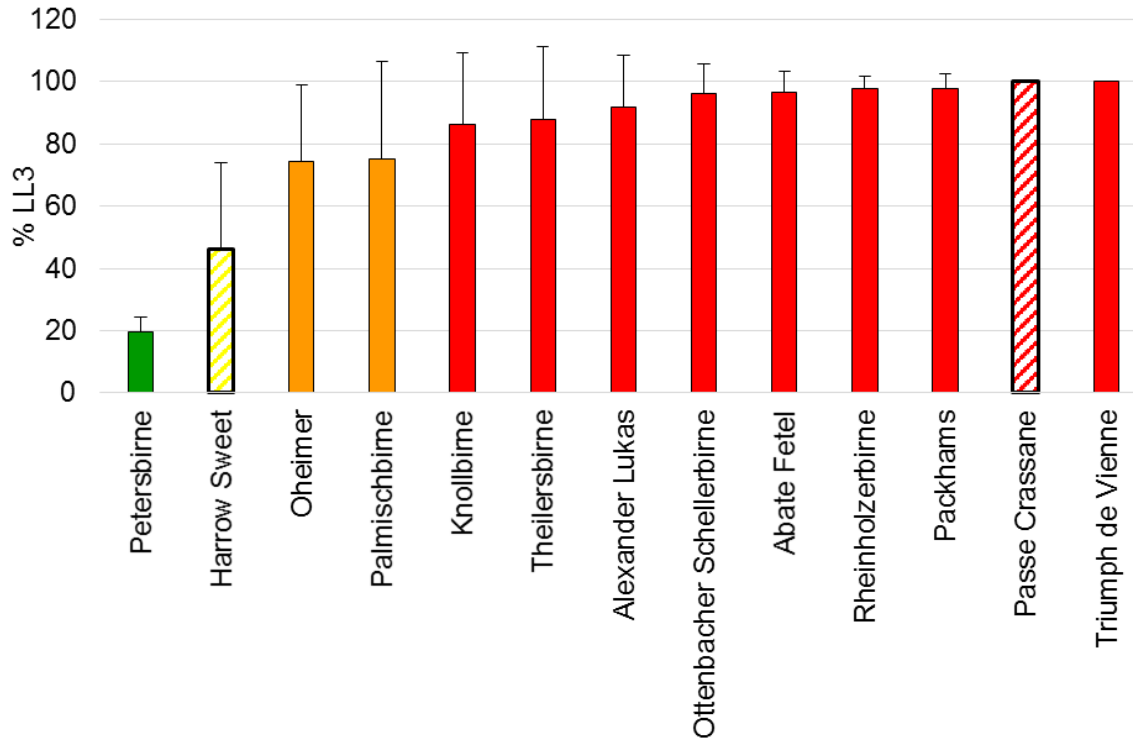


2014 (Serie 2)

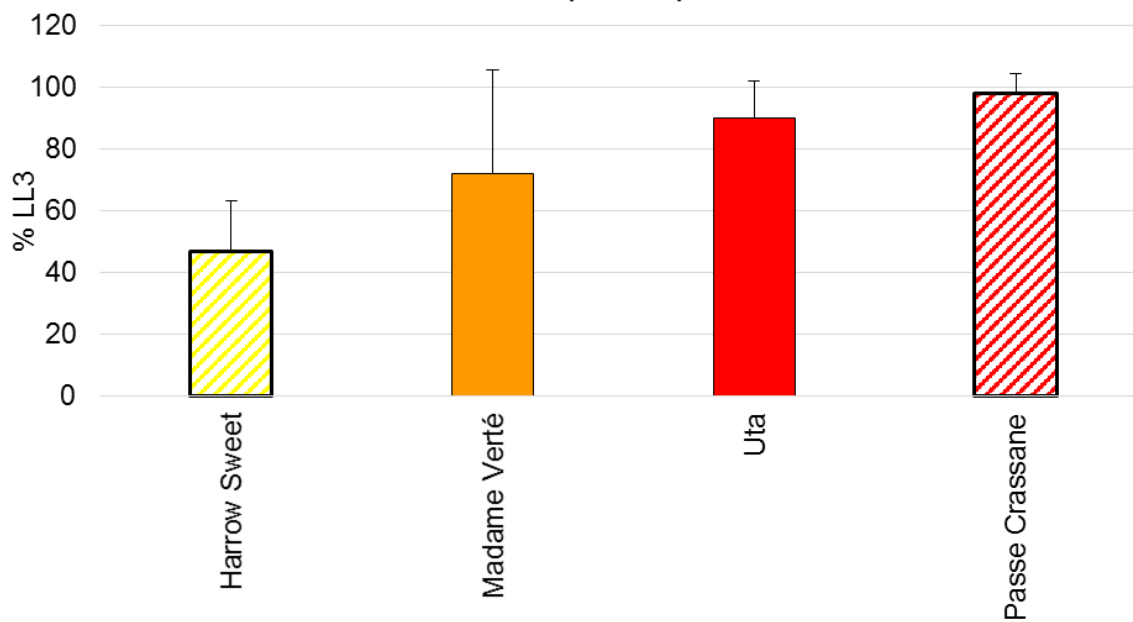


Läsionslänge 0-20%		sehr niedrig
Läsionslänge 20-40%		niedrig
Läsionslänge 40-60%		mittel
Läsionslänge 60-80%		hoch
Läsionslänge 80-100%		sehr hoch

2015 (Serie 3)



2015 (Serie 2)

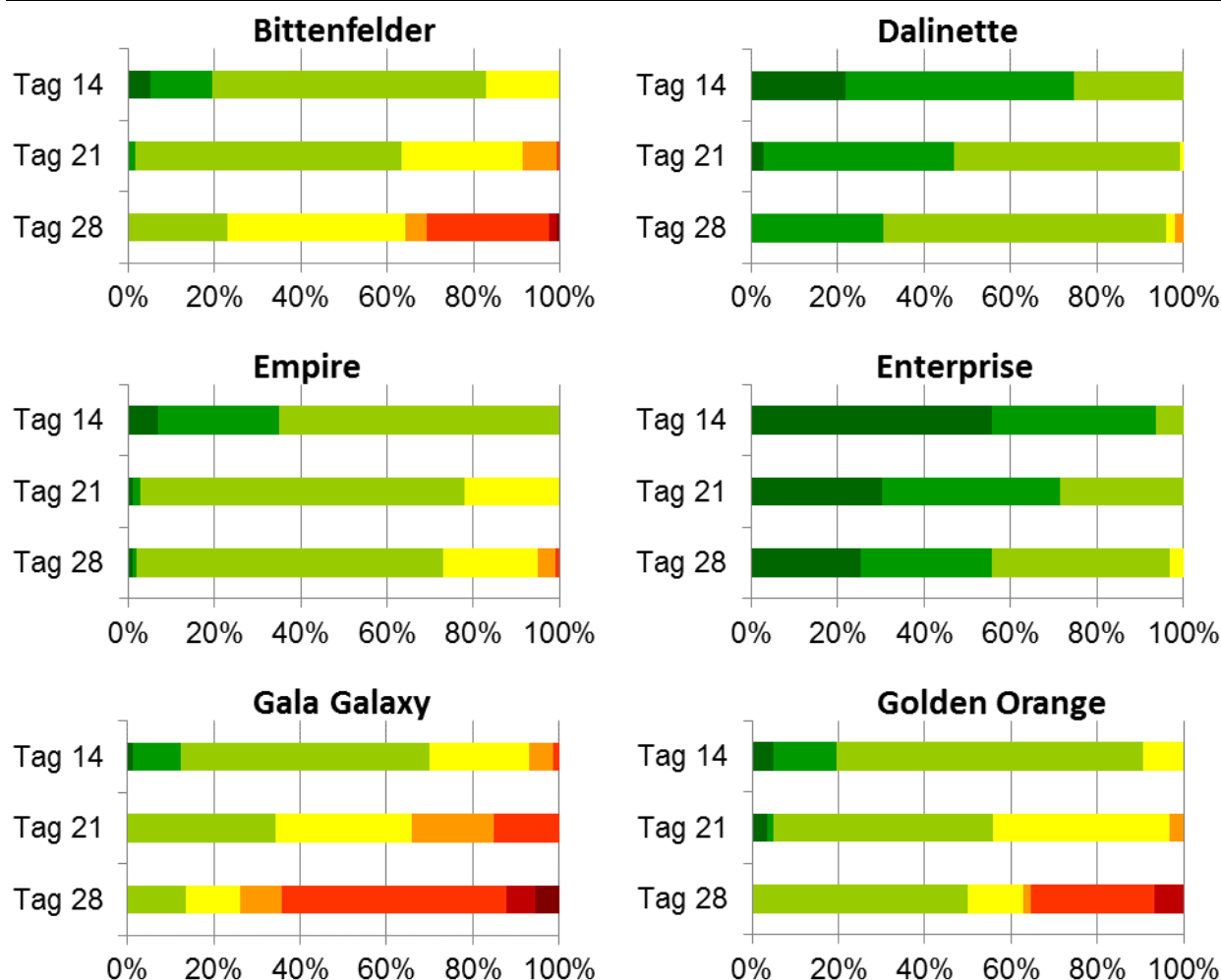


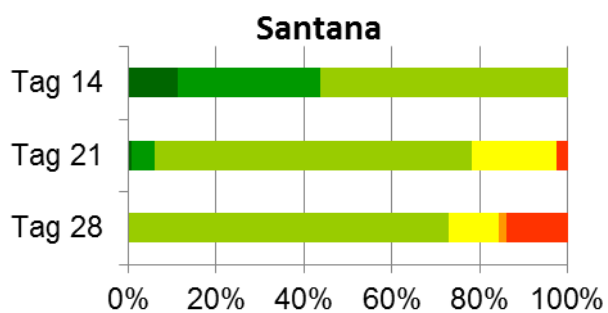
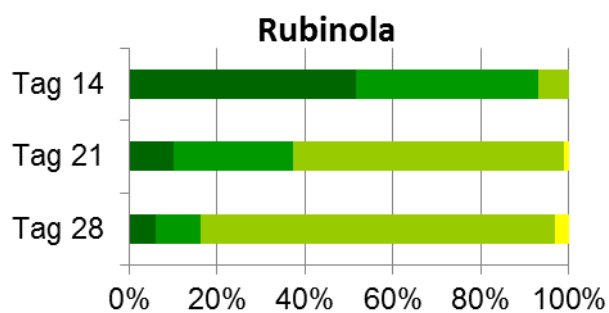
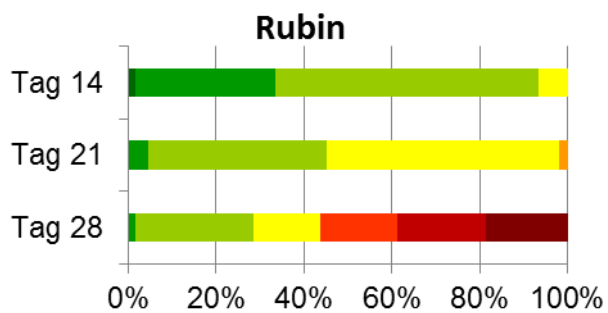
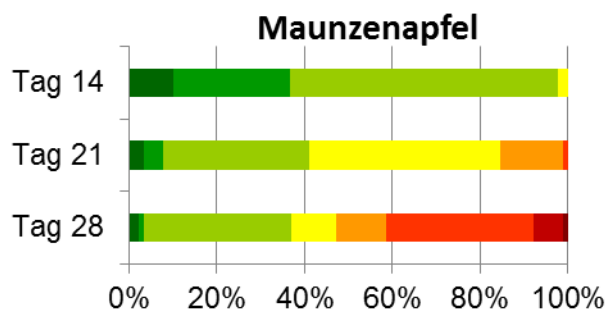
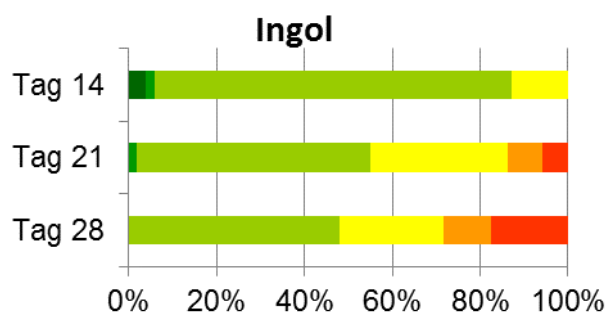
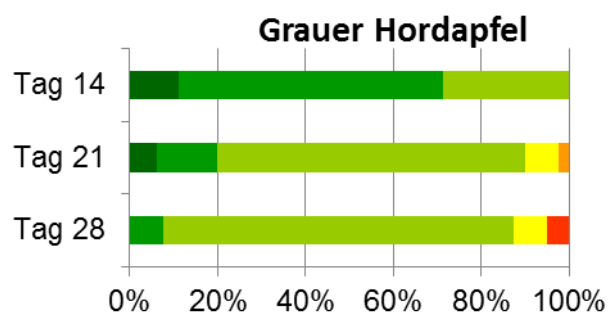
Anhang C: Blütentestungen Apfel 2012-2015

Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach künstlicher Blüteninokulation mit *Erwinia amylovora* für die im Projekt HERAKLES von 2013 bis 2015 getesteten Apfelsorten. Dargestellt ist der prozentuale Anteil Blütenbüschel in der jeweiligen Boniturklasse, bonitiert 14, 21 und 28 Tage nach Inokulation. Robuste Referenz ‚Enterprise‘ oder ‚Rewena‘, anfällige Referenz ‚Gala Galaxy‘. Die Sorten sind innerhalb einer Versuchsserie alphabetisch sortiert dargestellt. Das Boniturschema umfasst neun Klassen und reicht von keinen bzw. unklaren Symptomen über Infektionen einzelner Blüten (grün) und ganzer Blütenbüschel (gelb bis orange) bis hin zu Nekrosen im Holz mit unterschiedlicher Ausprägung (rot) (vgl. unten stehende Kurztabelle). Methodik siehe Kapitel 3.2.

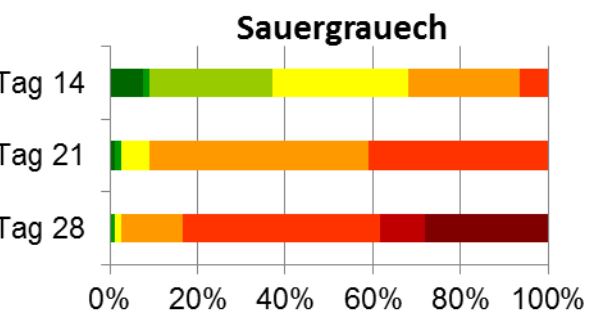
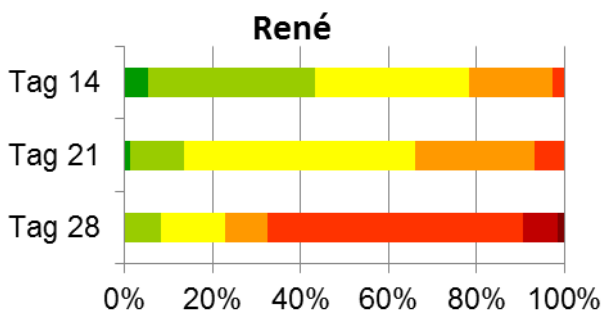
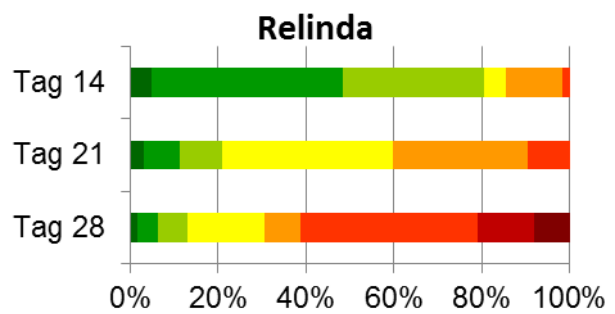
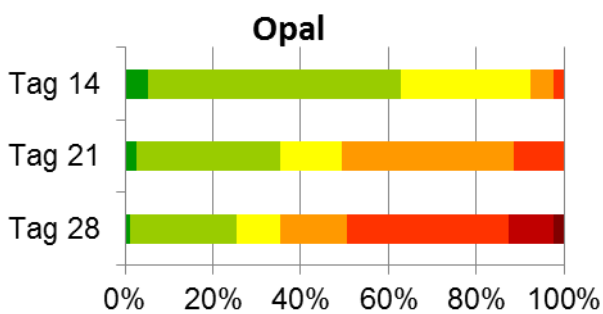
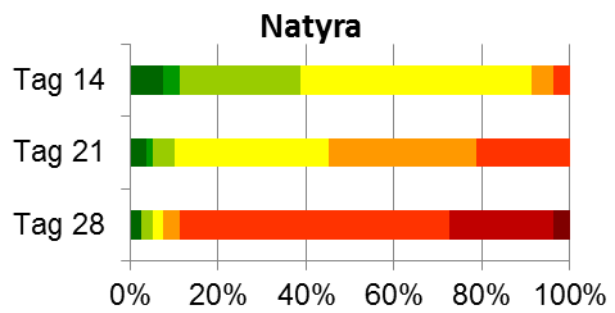
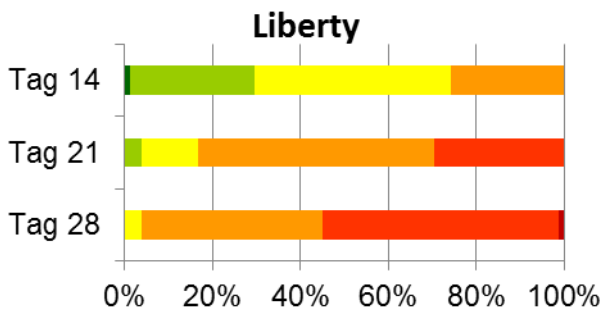
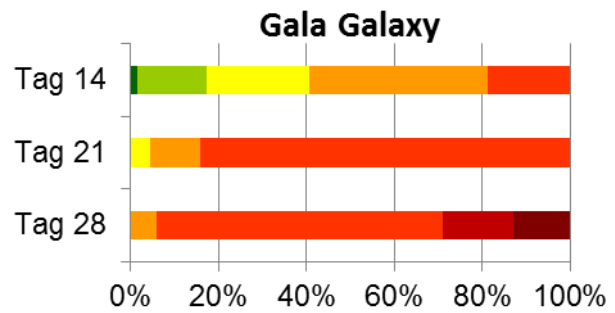
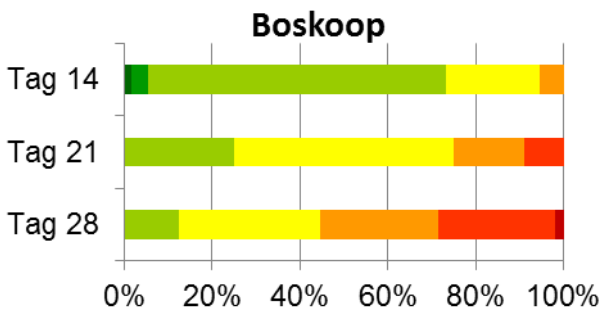
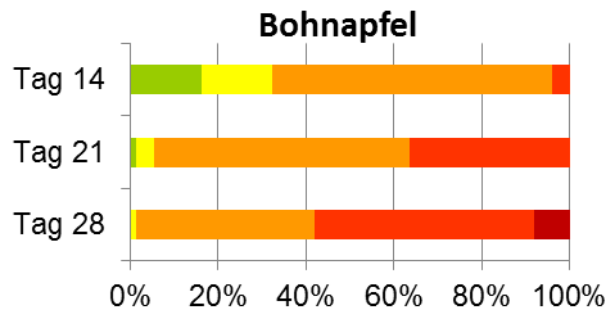
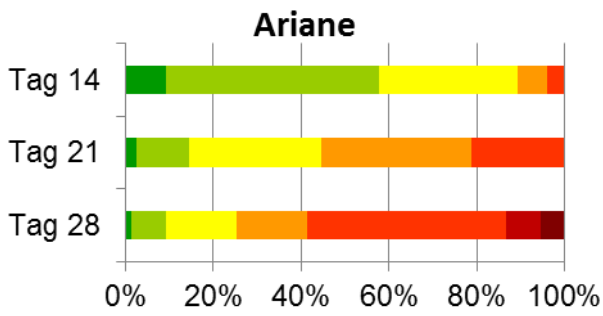
Klasse	Kurzbeschreibung
■ Kl. 1	keine Infektion
■ Kl. 2	unklare Symptome
■ Kl. 3	Blüteninfektion (< 1/3 Stiellänge)
■ Kl. 4	Blüteninfektion (≥ 1/3 Stiellänge)
■ Kl. 5	Blütenbüschel & Blütenstandstiel
■ Kl. 6	Blütenbüschel, Blütenstandstiel & Jungtrieb
■ Kl. 7	Nekrose im Holz (≤ 5 cm)
■ Kl. 8	Nekrose im Holz (5 ≤ 10 cm)
■ Kl. 9	Nekrose im Holz (5 ≥ 10 cm)

2013 Serie 1

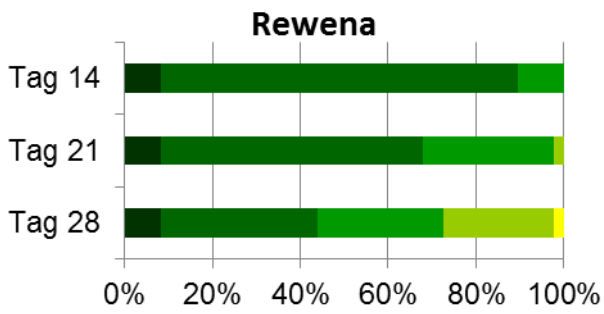
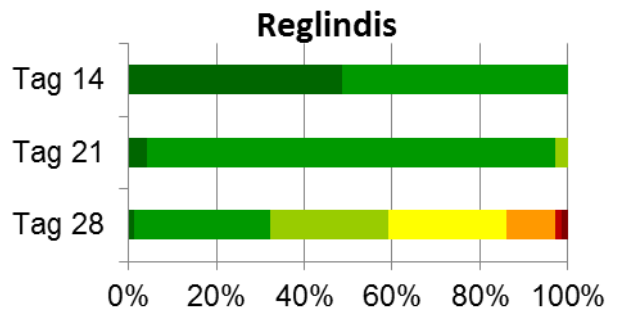
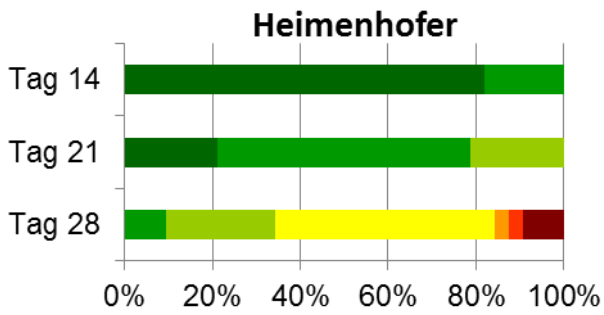
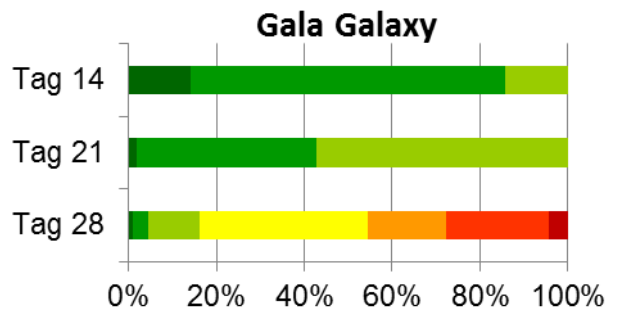
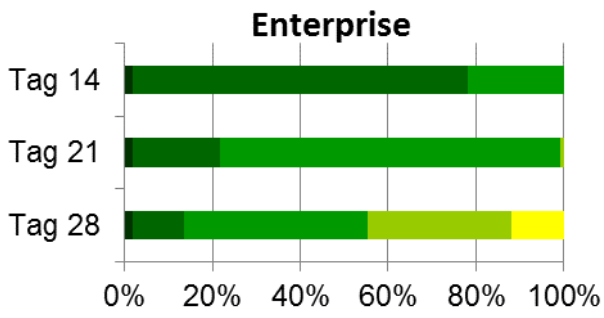




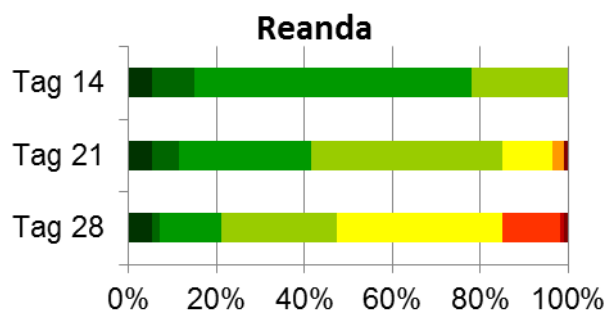
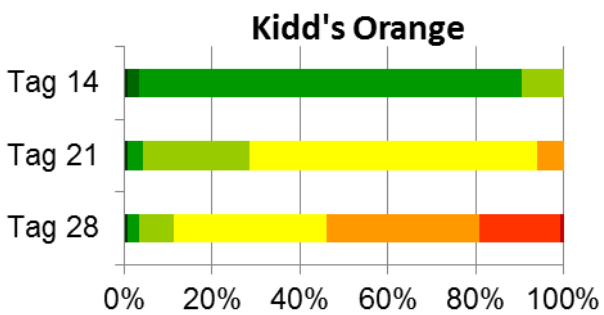
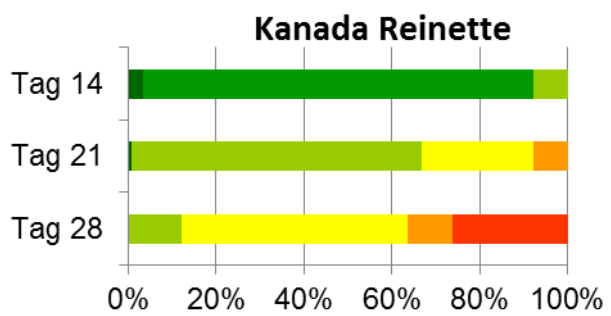
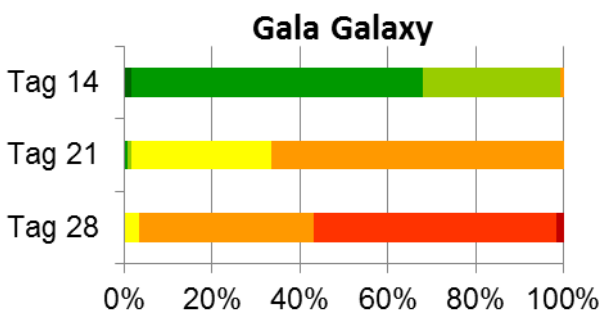
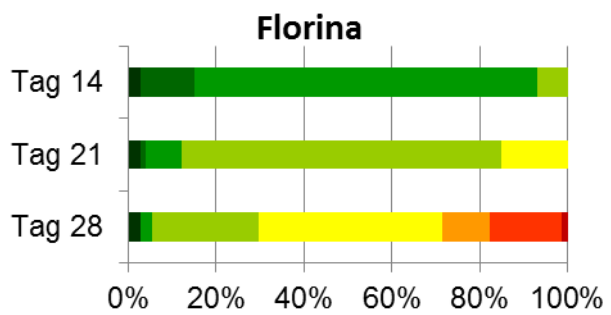
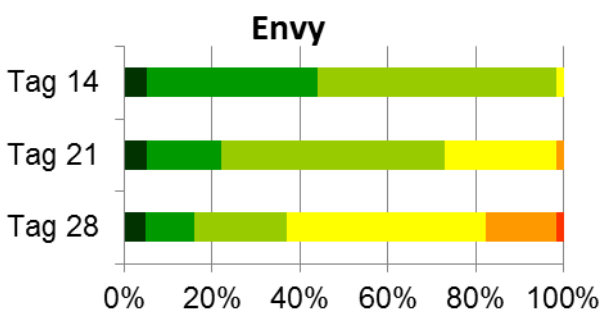
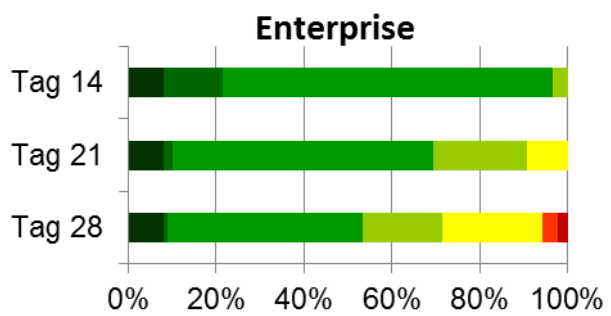
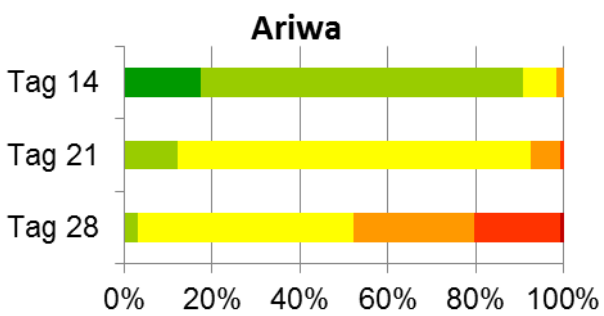
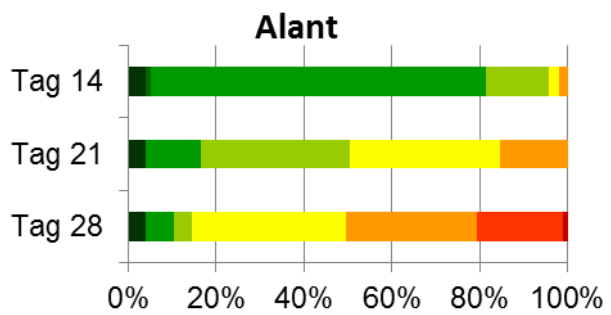
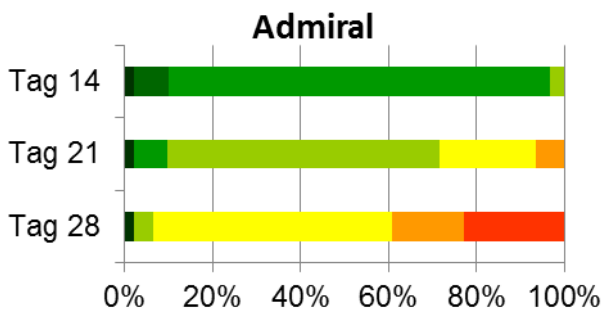
2013 Serie 2

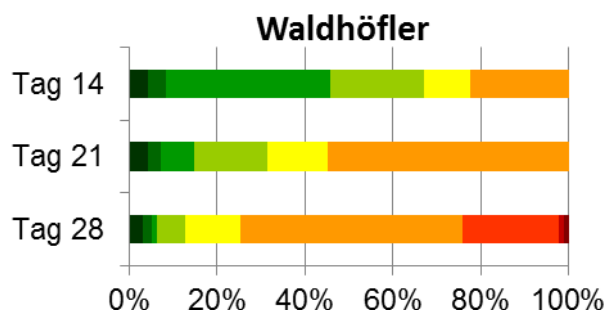
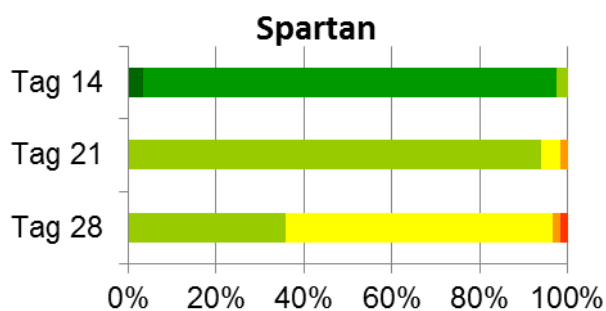
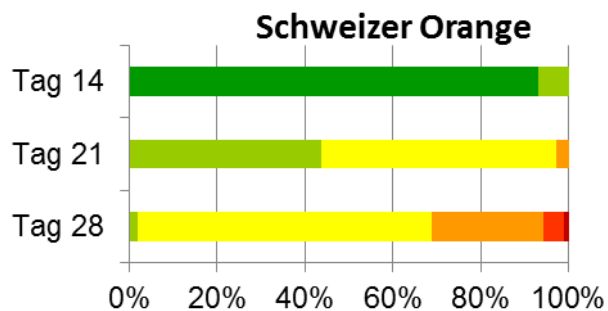
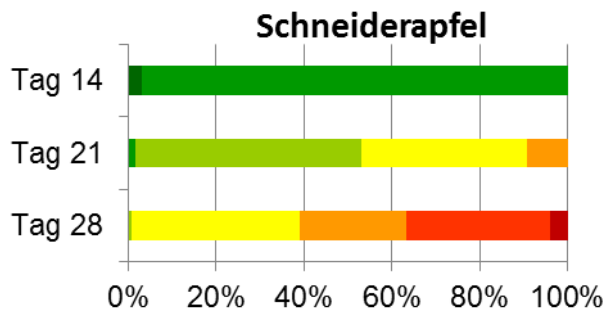
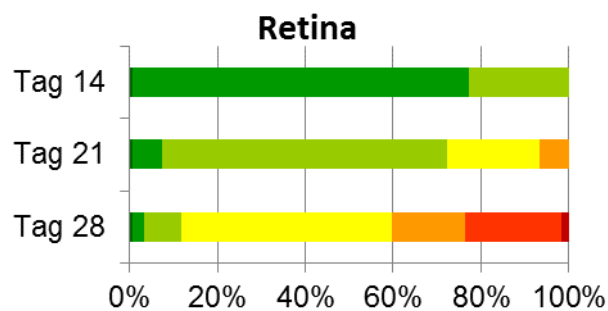
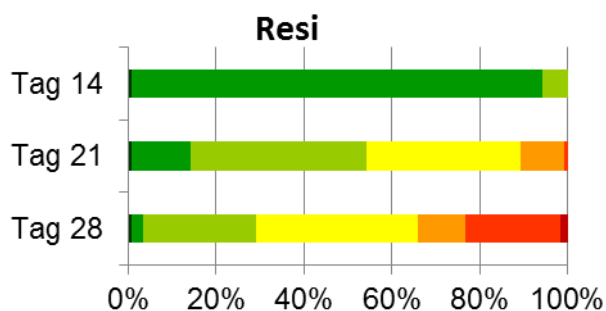
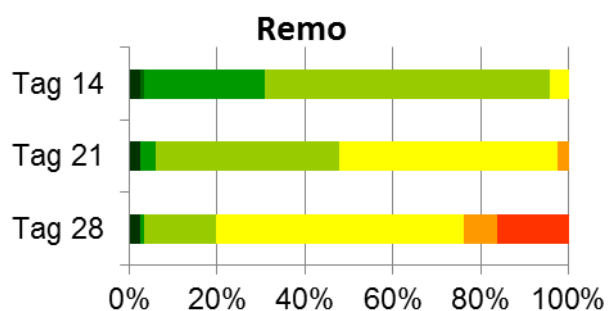


2014 Serie 1



2015 Serie 1

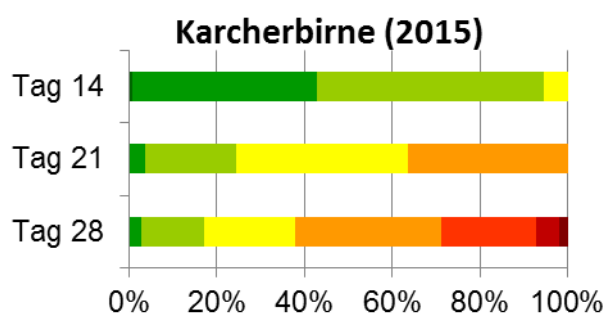
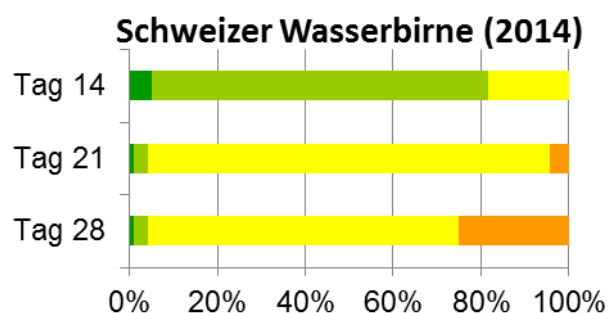




Anhang D: Blütentestungen Birne 2014 und 2015

Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach künstlicher Blüteninokulation mit *Erwinia amylovora* für die im Projekt HERAKLES 2014 und 2015 getesteten Birnensorten. Dargestellt ist der prozentuale Anteil Blütenbüschel in der jeweiligen Bonitursklasse, bonitiert 14, 21 und 28 Tage nach Inokulation. Bei den Birnen gab es keine Referenzen, die Daten sind daher nur bedingt vergleichbar. Das Boniturschema umfasst neun Klassen und reicht von keinen bzw. unklaren Symptomen über Infektionen einzelner Blüten (grün) und ganzer Blütenbüschel (gelb bis orange) bis hin zu Nekrosen im Holz mit unterschiedlicher Ausprägung (rot) (vgl. unten stehende Kurztabelle). Methodik siehe Kapitel 3.2.

Klasse	Kurzbeschreibung
■ Kl. 1	keine Infektion
■ Kl. 2	unklare Symptome
■ Kl. 3	Blüteninfektion (< 1/3 Stiellänge)
■ Kl. 4	Blüteninfektion (≥ 1/3 Stiellänge)
■ Kl. 5	Blütenbüschel & Blütenstandstiel
■ Kl. 6	Blütenbüschel, Blütenstandstiel & Jungtrieb
■ Kl. 7	Nekrose im Holz (≤ 5 cm)
■ Kl. 8	Nekrose im Holz (5 ≤ 10 cm)
■ Kl. 9	Nekrose im Holz (5 ≥ 10 cm)



Anhang E: Saftqualität 2012-2015

Charakterisierung der im Projekt HERAKLES verarbeiteten Saftmuster, in alphabetischer Reihenfolge. Für das Spinnennetz-Diagramm wurden die Analysewerte gemäss Tabelle 5 (S. 17) in Klassen von 1 bis 5 (sehr niedrig bis sehr hoch) skaliert. Es zeigt den Gesamtzuckergehalt (gemessen in °Brix), den Säuregehalt (gemessen in g Apfelsäure/ (gAs/l)), den Gehalt an Saccharose (Sac), Glucose (Glu) und Fructose (Fru) sowie den Gesamtphenolgehalt (Phen).

Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell	Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
ACW 11303 2014 (ZHAW / 250 kg)	14.10.	82	48.7	5.9	Niederstamm / Halbstamm, reife, gesunde Äpfel; Saft sehr stärkekaltig	18.11.	11.6	3.8	30.5		25.03.	3.0	3.2	3.4	3.6	11.5	verhalten, mild, angenehme Süsse, wenig Säure, starkes Aroma, aber Fremdaroma
	16.10.		12.1			11.6	3.8	30.5		02.03.	3.0	3.8	3.4	3.5	13.5	sehr mild, süss, fad, wenig aber spitze u. späte Säure, schwa- ches aber gutes Apfelaroma, Tee, frisch, Nebenge- schmack, seifig, nicht sortenrein	
Adams- parmane 2014 (ZHAW / 25 kg)	01.10.	75	57.3	5.9	Hochstamm, Zustand Früchte i. O-, reife, gesunde Äpfel; Maische liess sich sehr gut in die Presse füllen	18.11.	13.2	6.1	21.6		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	nicht degustiert, da gegoren
	08.10.		14.1			13.2	6.1	21.6		03.04.	3.0	3.0	5.0	4.0	14.5	sehr süss, gehaltvoll, Zusammenspiel stimmt nicht, reife Apfel Frucht, Honig, etwas verhalten in der Nase, untypischer Geruch	
Admiral 2013 (ZHAW / 25 kg)	02.10.	81	56.4	5.4	Niederstamm / Halbstamm, Früchte mit Stippe; Presse nicht ausreichend befüllt, da nicht genügend Früchte	29.11.	13.5	6.0	22.0		25.03.	3.0	3.5	3.3	3.6	11.5	angenehme Säure, mild, schwacher Körper, wässrig, grün, Tee, Honig, Kochton, herb im Abgang, fehlende Fruchtigkeit/Apfel- aroma, untypisch
	04.11.		13.9			13.5	6.0	22.0		25.03.	3.0	3.5	3.3	3.6	11.5	angenehme Säure, mild, schwacher Körper, wässrig, grün, Tee, Honig, Kochton, herb im Abgang, fehlende Fruchtigkeit/Apfel- aroma, untypisch	
Admiral 2015 (ZHAW / 250 kg)	10.09./ 01.10.	81	50.0	5.4	Hochstamm, junger Ertragsbaum, vital, geschüttelt und von Hand aufgelesen, reife, gesunde Äpfel, grosse Früchte	18.11.	11.8	5.4	21.9		25.03.	3.0	3.5	3.3	3.6	11.5	angenehme Säure, mild, schwacher Körper, wässrig, grün, Tee, Honig, Kochton, herb im Abgang, fehlende Fruchtigkeit/Apfel- aroma, untypisch
	01.10. 01.10.		12.4			11.8	5.4	21.9		25.03.	3.0	3.5	3.3	3.6	11.5	angenehme Säure, mild, schwacher Körper, wässrig, grün, Tee, Honig, Kochton, herb im Abgang, fehlende Fruchtigkeit/Apfel- aroma, untypisch	

Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
Boskoop 2012 (ZHAW / 25 kg)	17.09.	71	58.8	12.4	Jungbaum, vital, sauber, gesund, reif (optimal), einzelne Druck- stellen, teilw. wurmistichig;	11.12.	13.7	12.1	9.9		09.04.	3.1	3.1	3.1	12.0	säurereicher Mischpartner, Süsse fehlt, sehr unreif, grasig in Nase, sauber, adstringierend, fruchtig
	20.09.		14.5		Maische grobkör- nig, sehr trocken, kein Ablaftsaft											
Boskoop 2014 (ZHAW / 25 kg)	17.09.	72	49.5	10.4	Niederstamm / Halbstamm, Zustand Äpfel: reif, gesund, grosse Früchte	18.11.	11.9	10.1	11.8		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-
	19.09.		12.3													
Dettighofer 2014 (ZHAW / 25 kg)	12.09.	80	45.3	13.7	Bio-Hochstamm, Fallobst + noch frisch geschüttelt, Handauflese, in- tw. Druck- stellen, beg.	18.11.	10.9	13.8	7.9		25.03.	3.0	3.4	3.5	13.0	sauer, adstrin- gierend, bitter, nicht fruchtig/voll, sauber, grün, Zitrone, Orange, Honig, etwas untypisches aber gutes Aroma, Mischpartner
	15.09.		11.3		homogene Reife, Fäulnis, Gras und Laub im Erntegut											
Dettighofer 2015 (ZHAW / 250 kg)	14.09. + 23.09	88	43.4	10.4	Hochstamm, Handablese, Früchte klein, festfleischig, gesund	10.11.	10.5	11.1	9.5		02.03.	3.0	3.1	3.2	13.0	sehr sauer, bitter, herb, viele Gerbstoffe, adstringierend, Orange, grasig
	24.09.		10.8													
Empire 2013 (LS Flawil / 25 kg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	29.11.	12.0	6.8	16.3		03.04.	2.5	3.0	4.0	14.5	im Gaumen kurz, aber gutes ZSV, herb, sauber, sehr fruchtig, etwas Richtung Birne, Farbe zu klar

Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
Florina 2013 (LS Flavil / 25 kg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	29.11.	11.0	4.3	24.3		03.04.	5.0	3.0	4.0	14.0	mild, schöne Herbe, wenig Säure, Süsse zu dominant, schlechtes ZSV aber schönes typisches Aroma
Golden Orange 2012 (ZHAW / 25 kg)	10.10. 11.10.	83	51.0 12.6	6.2	Ertragsbaum, vital, frisch, gesund, etwas weich, reif (optimal); Maische leicht musig	11.12.	12.3	6.3	18.5		09.04.	3.8	3.7	3.8	14.0	ausgewogene Säure, gute Süsse, leicht adstringierend, frisch, fruchtig, exotisch, Banane u. Ananas, schwach in Aroma u. Geruch
Heimenhofer 2012 (ZHAW / 25 kg)	10.10. 12.10.	84	54.3 13.4	8.5	Ertragsbaum, vital, sauber und gesund, überreif, Druckstellen, Wurmflöcher, Maische gut. Neigt zu rascher Oxidation	11.12.	13.0	8.18	14.6		09.04.	2.8	4.3	4.2	15.5	ausgewogene Säure, harmonisch, gehaltvoll, etwas Gerbstoff, kräftig, frische Frucht, schöne Aromatik, etwas verhalten in Nase
Imara 2012 (ZHAW / 25 kg)	15.10. 24.10.	75	55.1 13.6	8.9	Ertragsbaum, vital, Früchte sauber und gesund, reif (optimal); Maischestruktur körnig, jedoch etwas schleimig	11.12.	12.9	8.6	13.6		09.04.	2.4	3.7	3.8	13.0	viel Säure (Gerbstoffe), herb, starkes Rhabarbararoma, Mischpartner
Jazz™ (Sciffresh) 2012 (Ramseier)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	09.04.	2.6	3.9	3.6	13.0	sehr intensiv, wenig frisch, reifer bis überreifer Apfel, Farbe geht ins Bräunliche

Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
Liberty 2013 (LS Flawil / 25 kg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	29.11.	12.4	7.8	14.6		03.04.	3.0	5.0	4.0	16.0	gute Säure, ausgeglichen, fruchtig, gutes Apfelaroma, Farbe untypisch, sehr klar
Matyra® 2013 ZHAW / 250 kg)	28.10. 04.11.	77	56.4 13.9	5.9	-	29.11.	12.6	5.8	21.3		03.04.	3.0	4.0	4.0	15.0	eher süss, mild, leichter Kochton, aber sehr erfrischend, schöne Farbe, Nase verhalten
Opal® 2012 ZHAW / 25 kg)	01.10. 03.10.	79	54.0 13.4	6.3	Ertragsbaum, vital, sauber und gesund, reif (optimal); Maische körnig, i.O.	11.12.	12.7	6.4	18.6		09.04.	2.6	3.0	3.5	11.5	säurebetont, herb, bitter, intensiv, sauber, grün in der Nase, Gras/Heu, Teearomatik, wenig Apfel
Regine 2012 (ZHAW / 25 kg)	10.10. 12.10.	82	52.1 12.9	4.0	Jungbaum, vital, sauber und gesund, reif (optimal), Riss, Wurmflöcher, sehr kleine Früchte; Maischestruktur gut, körnig	11.12.	12.3	4.3	28.5		09.04.	3.0	3.1	3.1	12.5	schwach bitter, wenig Frucht, etwas teeartig, belegend
Reglindis 2012 (ZHAW / 250 kg)	13.08./ 28.08. 30.08.	78	49.4 12.2	7.0	Jungbaum, vital, sauber und gesund, reif (optimal), Druckstellen	11.12.	11.9	6.6	16.4		09.04.	2.9	3.3	3.8	14.0	schwach im Geruch, "gute" Aromatik, kurz, wässrig

Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
Remo 2012 (ZHAW / 25 kg)	10.09.		53.6		weich, gesund; Maische				12.1		09.04.	2.8	3.7	3.6	13.5	säurebetont, frisch, "grüner Apfel", reif, äpfelig, exotisch, frische Banane mit Zitrone, Nase fruchtig kurz (Presstuch), Farbe dumpf
	11.09.	71	13.3	10.3	grobkörnig, leicht schleimig, musartig	11.12.	12.6	9.38				3.4				
René 2013 (ZHAW / 25 kg)	22.10.		53.3		weich überlagert; Maische sehr musartig und breilig				17.3		03.04.	3.0	4.0	4.0	15.0	ausgewogener guter Saft, kräftig, Bitterkeit bleibt im Gaumen, flacher Geruch, Mischpartner, Punkte reichen von 11-17
	04.11.	58	13.2	7.7		29.11.	13.3	7.3				3.0				
René 2014 (ZHAW / 25 kg)	05.09.		40.5		Niederstamm, Zustand Äpfel i.O., gesund, etwas unreif				15.9		25.03.	3.0	3.1	3.1	11.5	wenig Säure, nicht süss, wenig Körper, wässrig, fad, nicht frisch, akzeptables Aro- ma, Zitrone, gra- m, Fehlt, we- sig, Mischpartner der Mischpartner noch sortenrein
	10.09.	81	10.1	6.1		18.11.	9.7	6.1				3.4				
Resi 2014 (ZHAW / 25 kg)	12.09.		46.0		Hochstamm ÖLN/IP, Handablese, Äpfel gesund u. reif, i.O.;				26.0		25.03.	3.0	3.8	3.6	14.0	schöne Süsse, zurückhaltende Säure, ausge- wogen, kurz, leicht, fruchtig, Tafelobst, Birne, gutes Aroma u. Geruch, sortenrein ok
	15.09.	74	11.5	4.3	sowohl Maische als auch Saft oxidierten schnell und stark	18.11.	11.2	4.3				3.6				
Retina 2014 (ZHAW / 25 kg)	25.08.		52.4		Hochstamm ÖLN / IP, Handablese, gesund, gross, reif; Maische lässt sich schwer pres- sen. Bei einmäl- iger Druckhö- hung auf 10 bar kam viel Saft				29.3		25.03.	3.0	3.5	3.7	11.5	süss, mild, ölig, Birnenaroma, Quitte, fruchtig, Kräuter, grasig, Fremdton, leicht spezielles Aroma, untypischer Geruch, sortenrein ok
	15.09.	61	13.0	4.4		18.11.	12.6	4.3				3.0				

Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
Rubinola 2012 (ZHAW / 25 kg)	10.09.	78	56.4	6.3	baumfrisch, gesund; Maische grobkörnig, i.o.	11.12.	13.1	5.8	21.3		09.04.	2.4	3.6	3.3	12.0	einseitig süß mit exotischem, aber nicht typischem Aroma im Abgang, wenig Frucht, Grüntee, etwas adstringierend, kurz, Farbe bleich
	11.09.		13.9									2.9				
Schweizer Alant 2012 (ZHAW / 25 kg)	26.09.	83	51.3	7.9	Ertragsbaum, vital, sauber, gesund, knapp reif, einige Verletzungen (Risse), Druck- stellen; Maische grobkörnig, sehr gute Struktur	11.12	13.2	8.0	13.87		09.04.	3.4	3.4	3.6	13.5	wenig Säure, wenig Zucker, flach, kurz, unangenehm Gerbstoff, reifer Apfel, wenig fruchtig
	03.10.		12.7									2.9				
Tentation® (Delblush) 2012 (Ramseier)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	-	09.04.	2.6	3.3	3.3	11.5	eher süß, wenig Säure, reiffruchtig, erdig, pilzig, atypisch, etwas teigig, verhalten, dumpf, Farbe: leicht oxidiert
Wehntaler Hagapfel 2014 (ZHAW / 25 kg)	25.09.	69	52.3	7.0	Früchte vom Hochstamm auflesen, inhomogen, reife Äpfel mit starkem Wurmbefall	18.11.	12.5	6.9	18.1		25.03.	3.0	3.9	3.9	15.0	süß, kurze Säure, adstringier- end, gutes ZSV, harmonisch, verhaltenes, gutes Aroma, fruchtig, typisch, frisch, sauber, voll, Mischpartner
	26.09.		13.0									3.6				
Wehntaler Hagapfel 2015 (ZHAW / 25 kg)	27.10.	69	61.3	6.7	Hochstamm, reife, gesunde Äpfel, aber mit beg. Fäulnis, hoher Wurmbefall, viel Vogelfrass; Maische liess sich sehr gut in die Presse einfüllen	10.11.	14.5	6.6	22.0		02.03.	3.0	3.8	3.7	13.5	mild, süß, kaum/ späte Säure, schwaches aber apfeliges Aroma, Tee, nicht frisch, reife Früchte, nus- sig, kein Fehler, nicht sortenrein, Mischpartner?
	02.11.		15.1									3.8				

BIRNEN Sorte - Jahr Ort/Menge	Datum Ernte/ Press	Aus- beute %	°Oe/ °Brix	Ge- samt- säure g/l	Bemerkungen	Datum Analy- sen	°Brix	Ge- samt- säure gAs/l	ZSV	Spinnennetz-Diagramm	Datum Panel	Visuell Geruch	Gesch- mack	Ge- samt	Pk. Tot.	Kommentare
Madame Verté 2014 (ZHAW / 25 kg)	24.10. 27.10.	72	54.6 13.4	2.7	Niederstamm, vital, reife, gesunde Birnen	18.11.	13.2	2.7	48.9		25.03.	3.0	3.6	3.8	14.5	süss, mild, ölig, etwas wässrig, kurz, harmonisch, sauber, fruchtig, würzig, Korn, Tee, gutes Aroma, Nase birnig, gefällt zum Mischen
Oheimer 2014 (ZHAW / 25 kg)	25.10. 27.10.	81	47.4 11.7	10.6	Hochstamm, reife Birnen, z. T. sehr weich u. bereits faul; Saft klärt sich relativ schnell (schneller Trubausfall), gerbstoffreich	18.11.	11.6	10.5	11.0		25.03.	2.7	2	2.3	9.2	viel zu sauer und gerbstoffhaltig, edstringierend, Caramel, interessant, roter Saft, ausser Konkurrenz, unbrauchbar
Schweizer Wasserbirne 2012 (ZHAW / 25 kg)	17.10. 19.10.	85	55.0 13.6	2.9	Herkunft Osterreich, Hochstamm, Ernte von Hand; Kühlager; Früchte i.O.	11.12.	13.4	2.9	38.7		09.04.	3.0	3.3	3.3	11.5	einseitig süss, wenig fruchtig, teilige Brine, Karamell, Nuss, Banane, sehr intensiv in der Nase

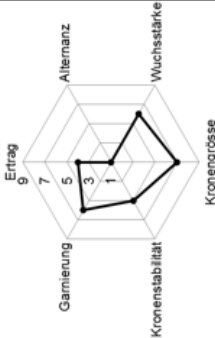
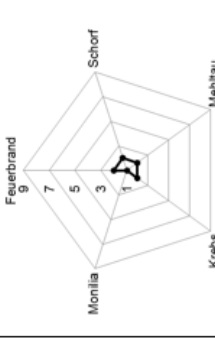
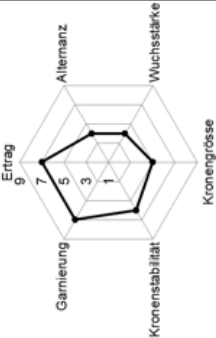
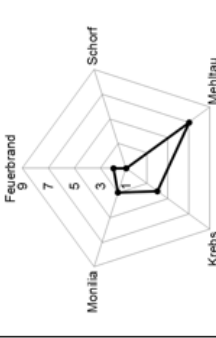
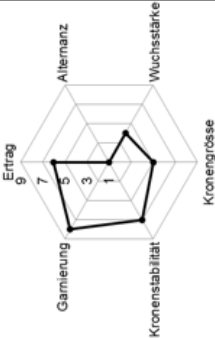
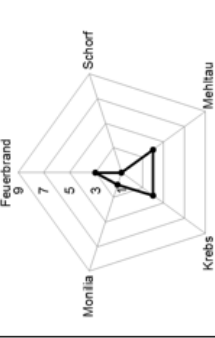
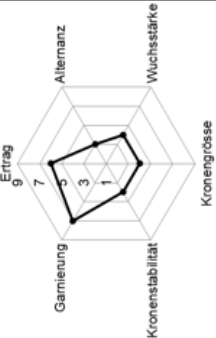
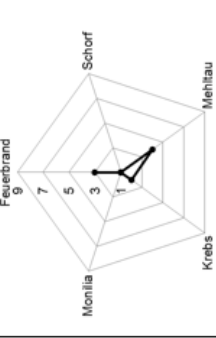
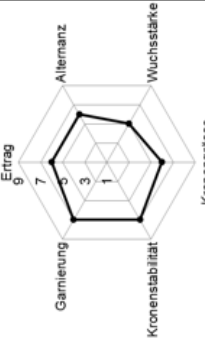
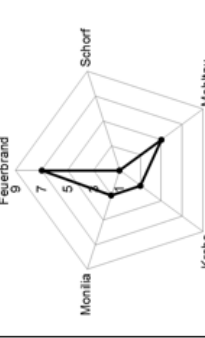
Anhang F: Praxispilot- und Versuchsanlagen

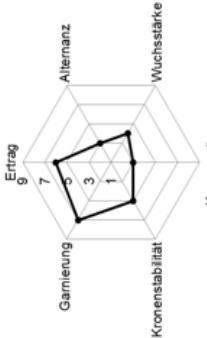
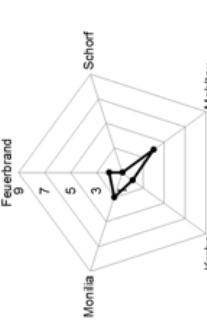
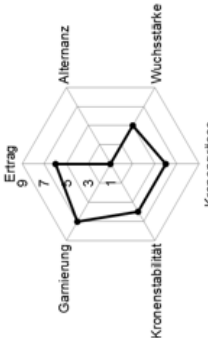
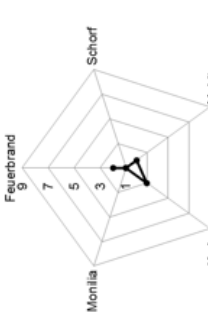
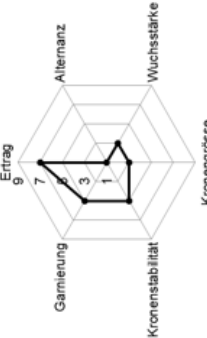
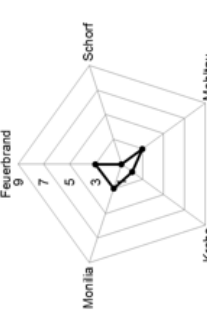
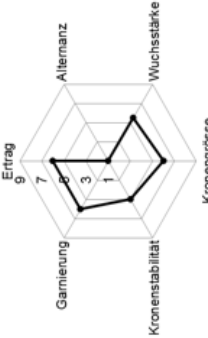
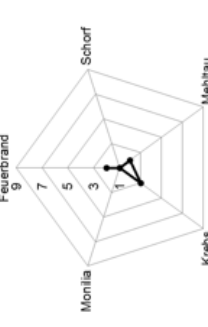
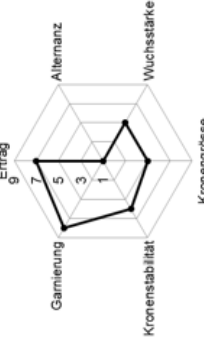
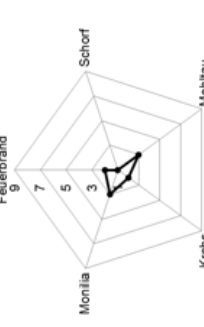
F.1: Übersicht: Baum, Produktion und Krankheitsanfälligkeit

Boniturergebnisse der in den Pilotanlagen hinsichtlich Baum, Produktion und Krankheitsanfälligkeit geprüften Sorten. Für die Spinnennetz-Diagramme wurden die Boniturergebnisse gemäss Tabelle 6 (S. 19) in Klassen von 1 bis 9 skaliert.

Sorte	Anlage, Pflanz-/Pflanzjahr, Erziehungsform	Wuchsform (W) Fruchtverteilung (F) Blühzeitpunkt (B) Erntezeitpunkt (E)	Baum und Produktion	Krankheitsanfälligkeit	Bemerkungen
ACW 11303	Gottshalde Wa 105 Flawil Niederstamm Hochstamm 2009 2010	W: aufrecht bis breitwüchsig F: regelmässig B: mittelspät bis spät E: M 10			Äste an der Basis leicht verkehrend gut verzweigt Fruchtgrösse: gross
Admiral	Gottshalde Wa 105 Flawil Neukirch Wädenswil Niederstamm Hochstamm Hochstamm Hochstamm 2009 2009 2009 2010	W: aufrecht bis breitwüchsig F: regelmässig bis traubenartig B: mittelfrüh E: A 10			sehr grosse Blätter Äste an der Basis leicht verkehrend mittel verzweigt Alternanzneigung mittel anfällig für Apfelblattläus und schwach anfällig für Mehlig Apfelblattläus Fruchtgrösse: gross bis sehr gross
Boskoop S.H.	Gottshalde Wa 105 Strickhof Wülflingen Niederstamm Niederstamm 2009 2012	W: breitwüchsig F: regelmässig B: mittelfrüh E: E 9 - M 10			Alternanzneigung mittel bis gut verzweigt mittel anfällig für Mehlig Apfelblattläus, schwach bis mittel anfällig für Grüne Apfelblattläus und Apfelblattläus Fruchtgrösse: gross bis sehr gross
Dalnette (Choupette 6)	Flawil LZSG Hochstamm Niederstamm 2010 2011	W: breitwüchsig F: regelmässig bis mässig B: mittel bis mittelspät E: M 10			mittel bis gut verzweigt
Dettinghofer	Wädenswil Hochstamm 2012	W: breitwüchsig F: traubenartig B: mittelfrüh E: M - E 9			Hat bisher noch keine reifen Früchte gefragen, Behang war schwach mittel bis gut verzweigt

Sorte	Anlage, Pflanz-/Pflanzjahr, Erziehungsform	Wuchsform	Baum und Produktion	Krankheitsanfälligkeit	Bemerkungen
Empire	Gottshalde Wa 105 2009 Flawil 2009 Neukirch 2009 LZSG 2011	W: breitwüchsig F: regelmässig B: mittelfrüh E: E 9 - M 10			bildet lichte Krone gut verzweigt laut Literatur etwas schorf- und krebsanfällig, aber nicht beobachtet in Pilotanlagen schwach anfällig für Grüne Apfelblattlaus Fruchtgrösse: mittel bis gross
					Äste an der Basis leicht verkahlend mittel verzweigt Fruchtgrösse: gross schwach anfällig für Grüne Apfelblattlaus Fruchtgrösse: mittel bis gross
Enterprise	Gottshalde Wa 105 2009 LZSG 2011 Strickhof Wülflingen 2012	W: breitwüchsig F: regelmässig bis traubenartig B: mittelspät bis spät E: E 9 - M 10			Alternanzneigung? Äste an der Basis leicht verkahlend mittel verzweigt Fruchtgrösse: gross schwach anfällig für Apfelaltlaus
					steiler Astabgang, dünntriebig, erfordert Erziehung mittel verzweigt Fruchtgrösse: gross schwach anfällig für Grüne Apfelblattlaus und Apfelaltlaus
Florina	Flawil 2009 Neukirch 2009	W: breitwüchsig, bei Behang überhängend (lange Fruchttäste) F: regelmässig B: mittelfrüh E: A - E 10			
Heimenhofer	Flawil 2009 Neukirch 2009 Wädenswil 2010 LZSG 2011 Strickhof Wülflingen 2012	W: aufrecht A: regelmässig bis traubenartig B: mittelspät E: A - E 10			
Imara	LZSG 2012 Flawil 2012	W: aufrecht bis breitwüchsig F: regelmässig B: mittelspät E: M 10			mittel verzweigt Fruchtgrösse: mittel

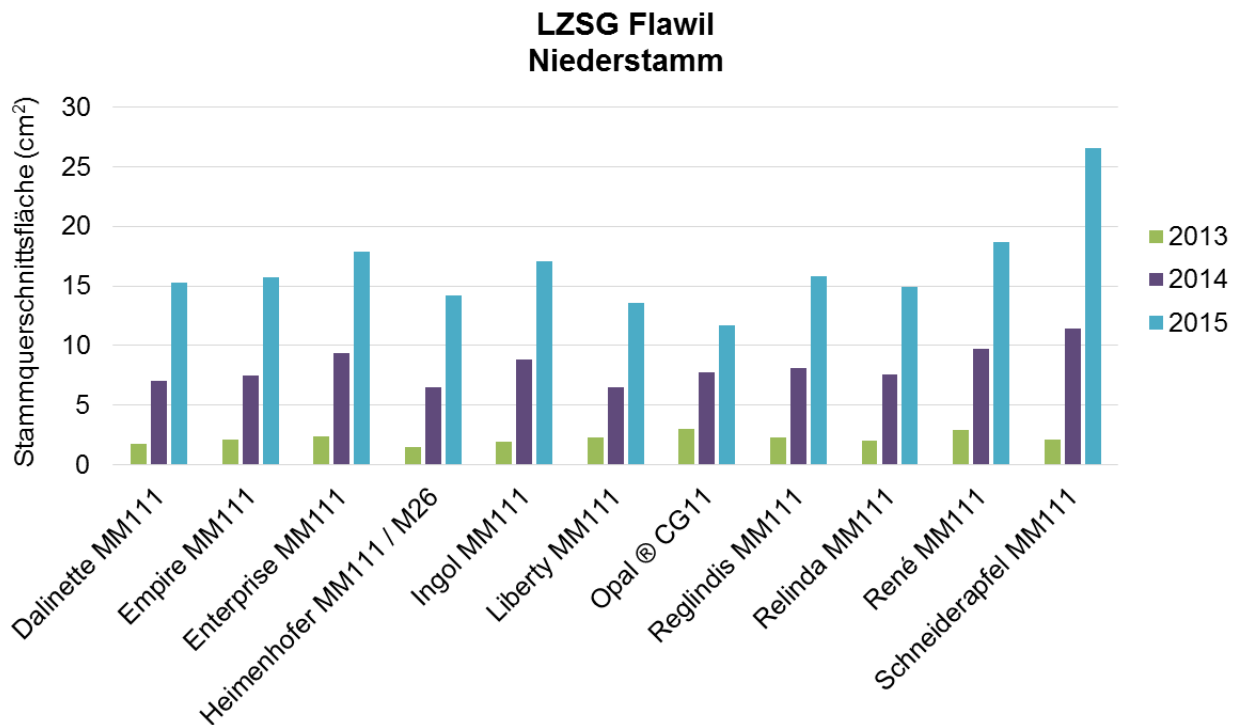
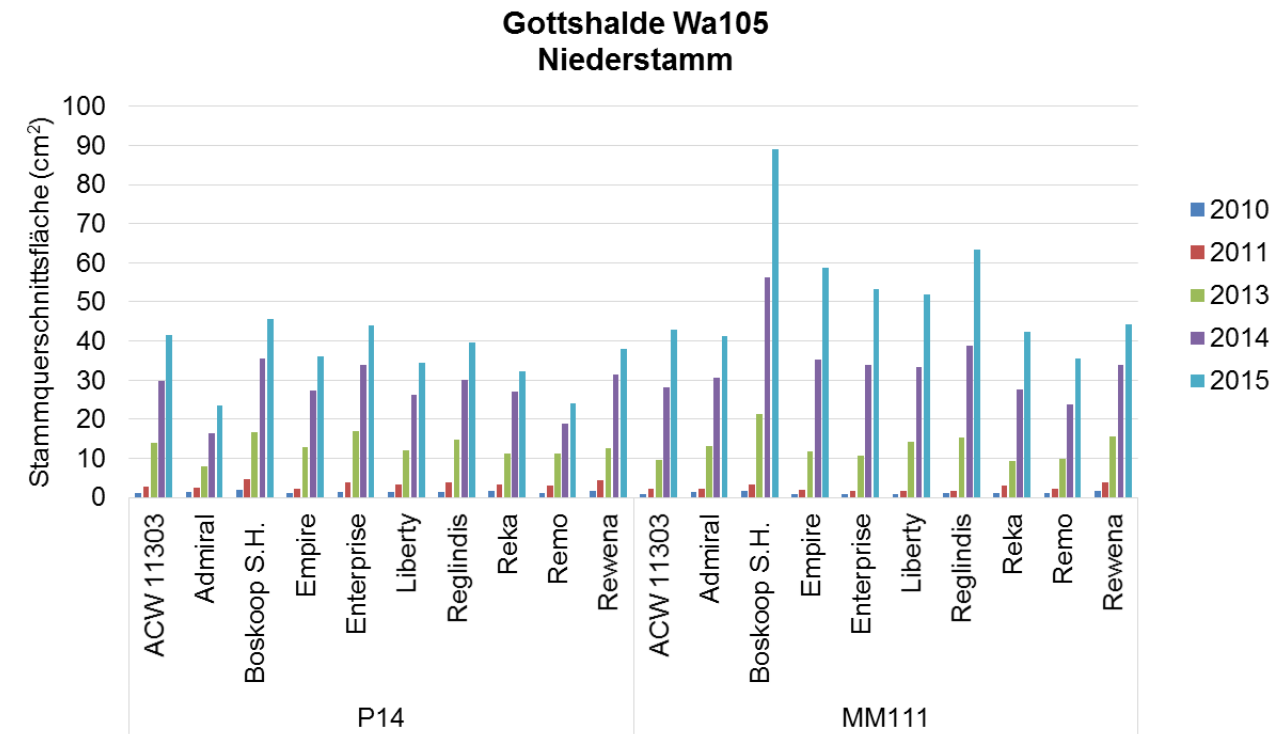
Sorte	Anlage, Pflanz-/Pflanzjahr, Erziehungsform	Wuchsform	Baum und Produktion	Krankheitsanfälligkeit	Bemerkungen
Ingol	LZSG Strickhof Wüflingen 2011 Niederstamm 2012 Niederstamm	W: breitwüchsig A: regelmässig B: mittelfrüh (bis mittel) E: A - M 10			sehr grosse Früchte! Nicht für Maschinenernte geeignet mittel bis gut verzweigt schwach anfällig für Apfelblattnlaus laut Literatur mittel schorf-, krebs- und mehltauanfällig, aber nicht beobachtet in Pilotanlagen
Liberty	Wädenswil Wa 105 2009 Flawil 2009 Neukirch 2009 Hochstamm Wädenswil 2010 Hochstamm LZSG 2011 Niederstamm Strickhof Wüflingen 2012 Niederstamm	W: breitwüchsig bis überhängend F: regelmässig bis traubenartig B: mittelfrüh E: M 9 - A 10			Vorerntefruchtfall? Muss weiter beobachtet werden gut verzweigt Fruchtgrösse: mittel bis klein
Opal®	LZSG Flawil 2011 Wädenswil 2012 Hochstamm 2012 Hochstamm	W: aufrecht bis breitwüchsig F: mässig B: mittelfrüh E: M - E 10			gut verzweigt
Reanda	Flawil 2010 Strickhof Wüflingen 2012 Niederstamm Niederstamm	W: aufrecht bis überhängend (dünnere Fruchtholz) F: regelmässig B: mittel bis mittelspät E: M 9 - M 10			etwas un stabile Krone Äste an der Basis leicht verkahlend mittel bis gut verzweigt schwach anfällig für Grüne Apfelblattnlaus
Reglindis	Wädenswil Wa 105 2009 Flawil 2009 Neukirch 2009 Hochstamm LZSG 2011 Niederstamm	W: breitwüchsig bei Behang überhängend F: regelmässig B: mittelfrüh (bis mittel) E: A - M 9			frühreifende Sorte Äste an der Basis leicht verkahlend gut verzweigt 1x Nachzüglerblüten beobachtet schwach anfällig für Grüne Apfelblattnlaus und für Apfelblattnlaus Fruchtgrösse: mittel bis klein

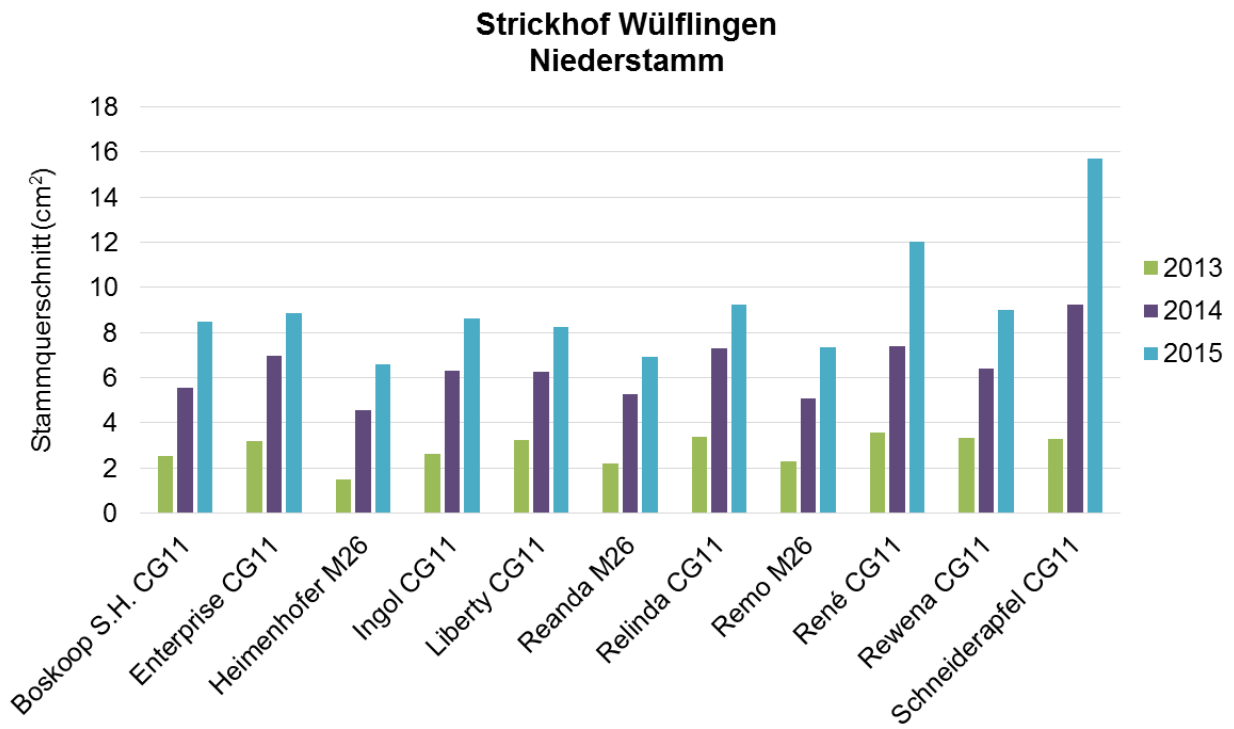
Sorte	Anlage, Pflanz-/Pflanzjahr, Erziehungsform	Wuchsforn	Baum und Produktion	Krankheitsanfälligkeit	Bemerkungen
Reka	Wädenswil Wa 105 Flawil Neukirch	W: aufrecht, bei Behang überhängend F: regelmässig, teils traubenartig B: mittel E: M 8 - E 9			Vorermfruchtfall? Muss weiter beobachtet werden an 2 Standorten (Wädenswil und Flawil) vermindert vital (Nährstoffproblem?) mittel verzweigt
	LZSG Strickhof Wülflingen	W: überhängend (langes Fruchtholz, dünntriebzig) F: regelmässig B: mittelfrüh E: A - M 10			gut verzweigt
Remo	Wädenswil Wa 105 Flawil Neukirch Strickhof Wülflingen Wädenswil	W: aufrecht, bei Behang überhängend (dünnes Fruchtholz) F: regelmässig, teils traubenartig B: mittel bis mittelspät E: M 9 - A 10			Schmal-pyramidalier Wuchs lockere Krone mit geringer Höhe Äste an der Basis verkahlend mittel bis gut verzweigt 2x Nachzüglerblüten beobachtet laut Literatur etwas krebsanfällig, aber nicht beobachtet in Pilotanlagen schwach anfällig für Grüne Apfelblatt- und für Apfelblatlaus Fruchtgrösse: mittel
	LZSG Strickhof Wülflingen	W: breitwüchsig bis überhängend F: mässig bis regelmässig B: mittelspät bis spät E: M9 - M10			mittel bis gut verzweigt
Rewena	Wädenswil Wa 105 Flawil Neukirch Wädenswil Strickhof Wülflingen	W: breitwüchsig, Gerüstäste schräg-aufrecht, später überhängend F: regelmässig B: spät E: E 9 - A 10			Äste an der Basis leicht verkahlend mittel verzweigt 1x Nachzüglerblüten beobachtet schwach anfällig für Grüne Apfelblatlaus Fruchtgrösse: mittel

Sorte	Anlage, Pflanz-/Pflanzjahr, Erziehungsform	Wuchsform	Baum und Produktion	Krankheitsanfälligkeit	Bemerkungen
Schneiderapfel	Neukirch 2009 Hochstamm Wädenswil 2010 Hochstamm LZSG 2011 Niederstamm Strickhof Wülflingen 2012 Niederstamm	W: breitwüchsig F: mässig B: mittelspät E: M9 - IM10			später Ertragsseintritt, daher Erträge bisher noch gering Vorentfuchthall mittel mittel verzweigt Früchte halbfest, etwas druckempfindlich, Maschinenernte genügend Fruchtgrösse: gross schwach anfällig für Faltenapfelvirus und Mehliges Apfelblattnäuss

F.2: Wuchsstärke (Niederstammanlagen)

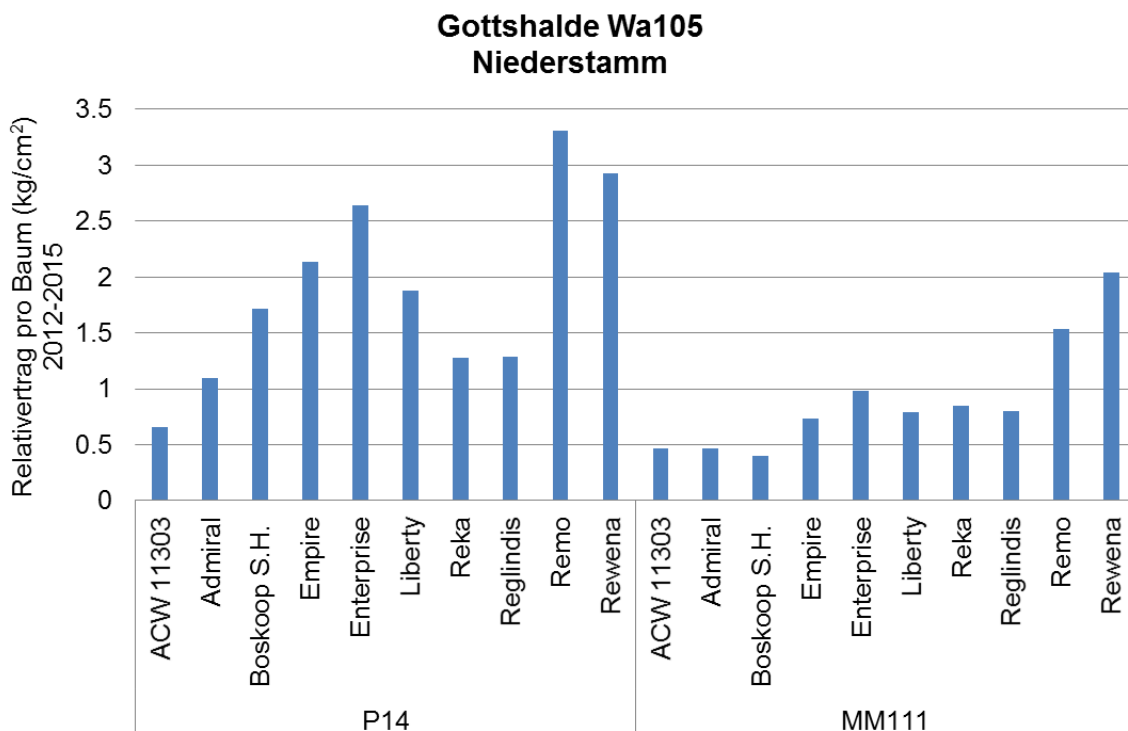
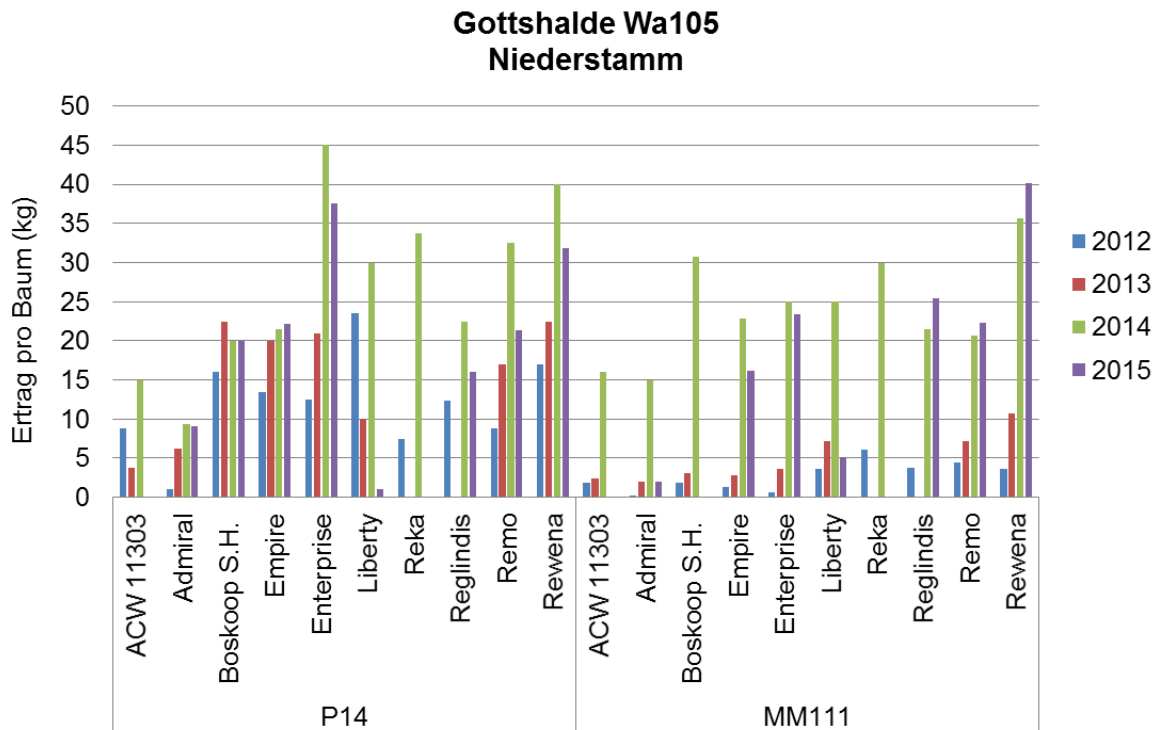
Abgebildet sind die durchschnittlichen Stammquerschnittsflächen je Sorte und Jahr (nur für Niederstammanlagen).

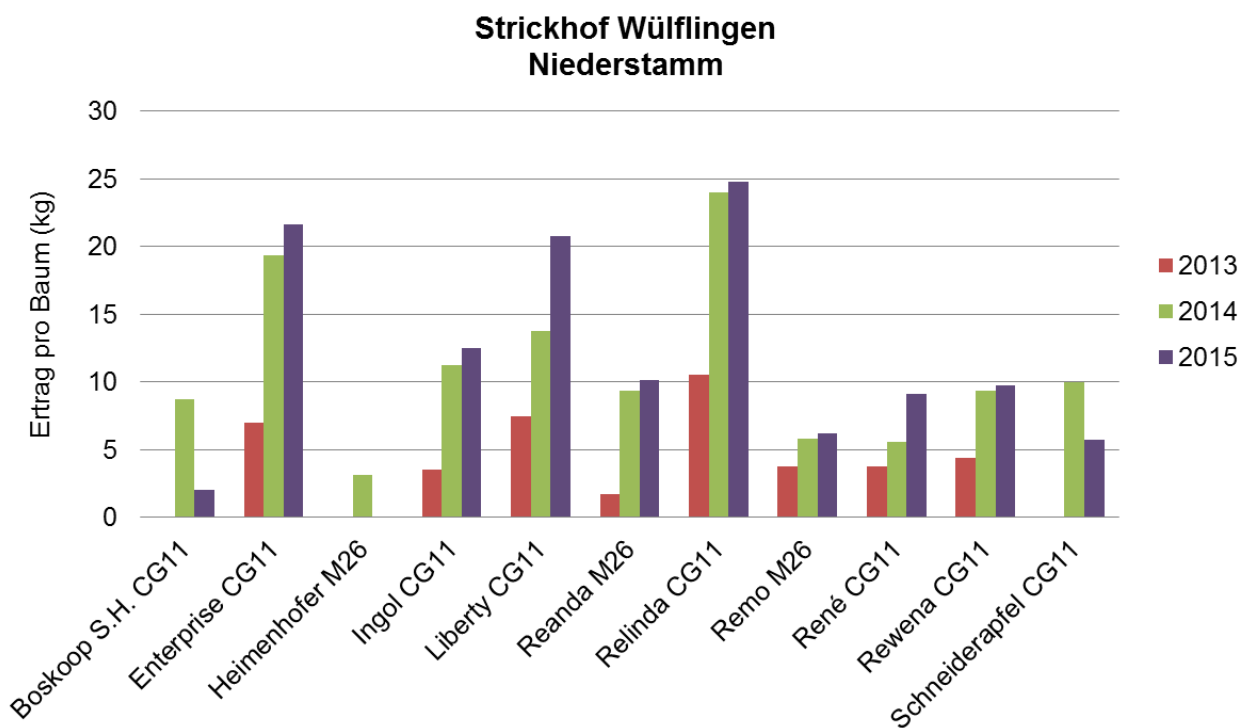
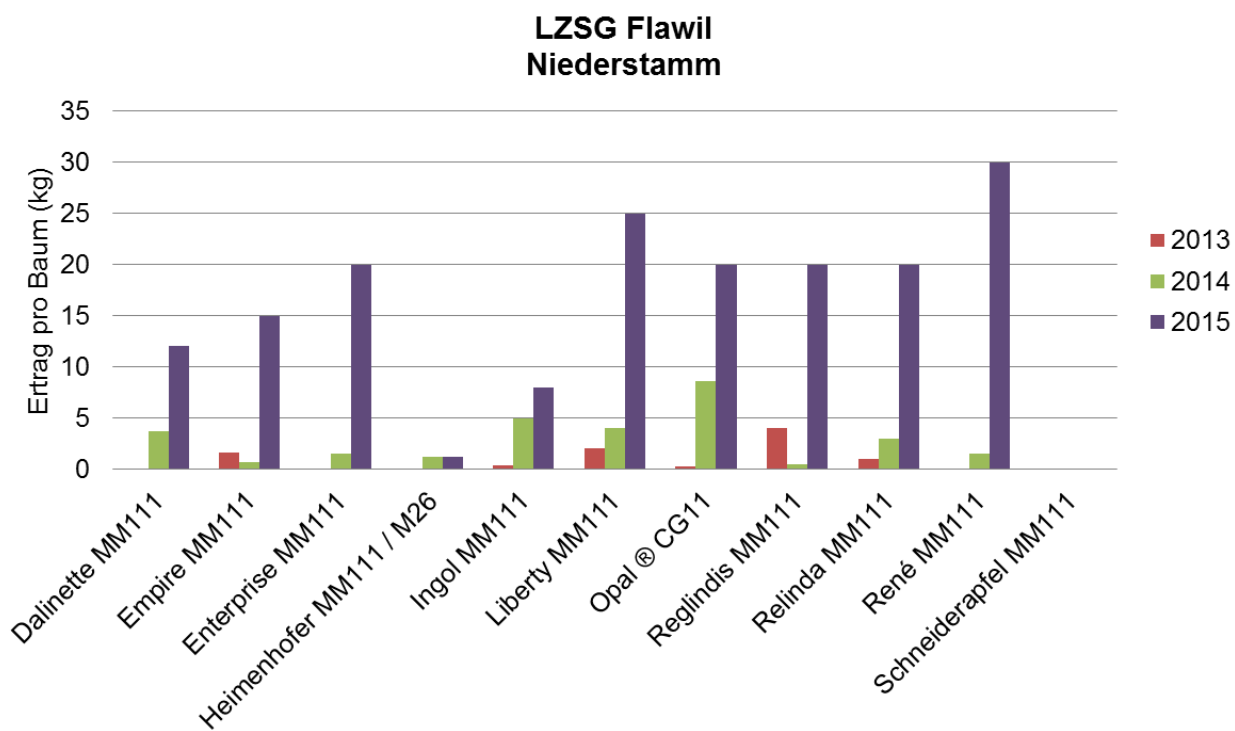




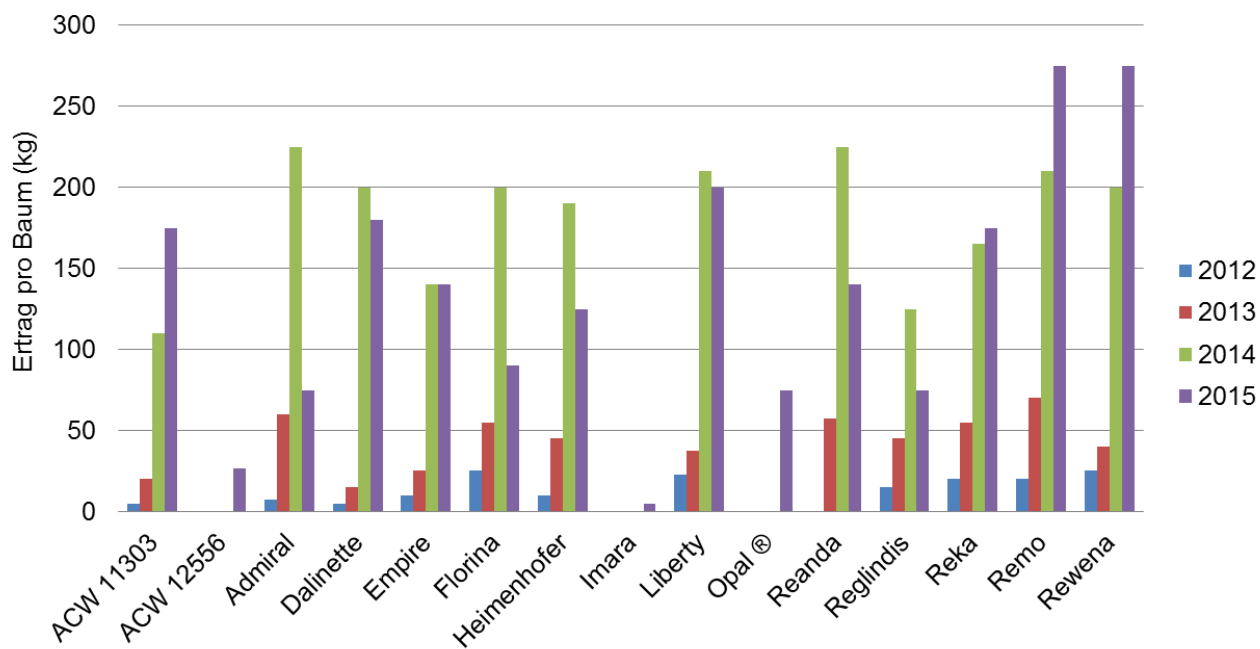
F.3: Erträge

Abgebildet sind die durchschnittlichen Erträge pro Baum, Sorte und Jahr. Für die Parzelle Gottshalde Wa 105 ist in einer separaten Grafik zusätzlich der Relativtrag (über die Jahre akkumulierter Ertrag in kg Früchte pro Baum / cm² Stammquerschnittsfläche 2015) dargestellt.

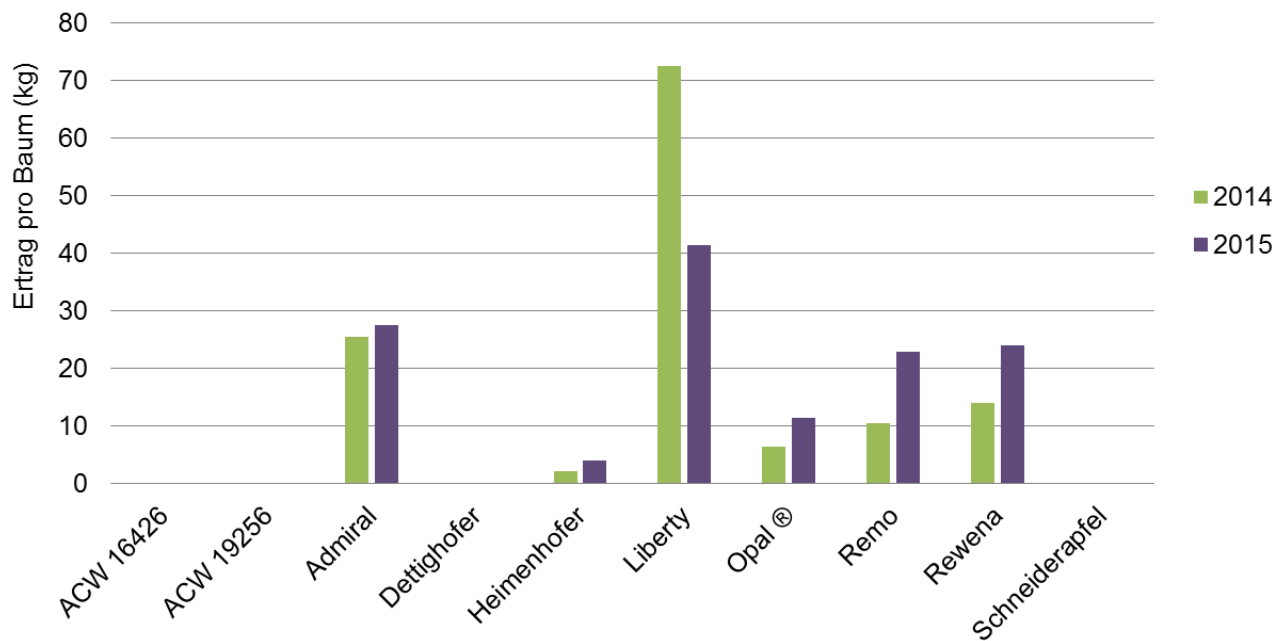




Betrieb Schilliger, Flawil Hochstamm

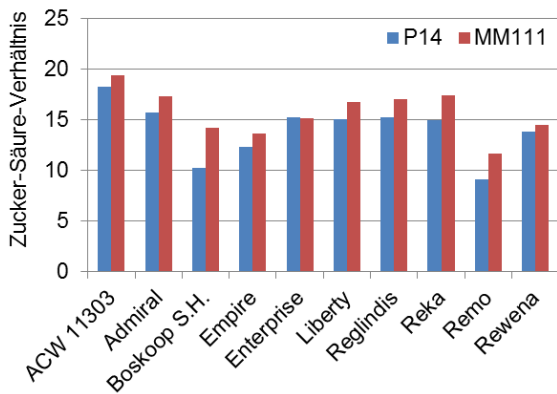
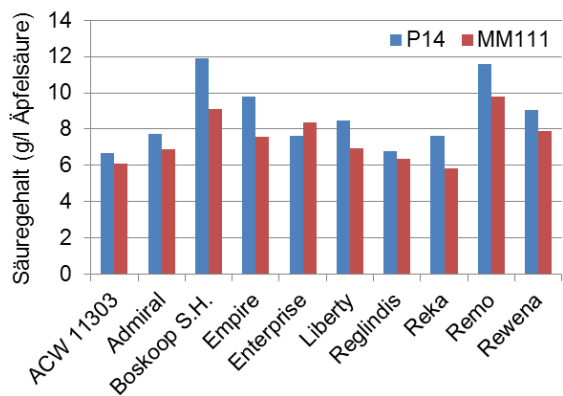
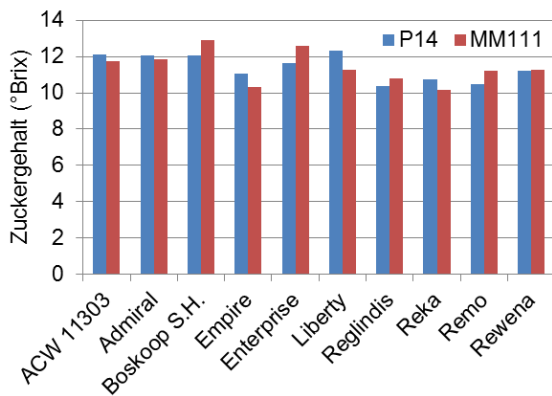
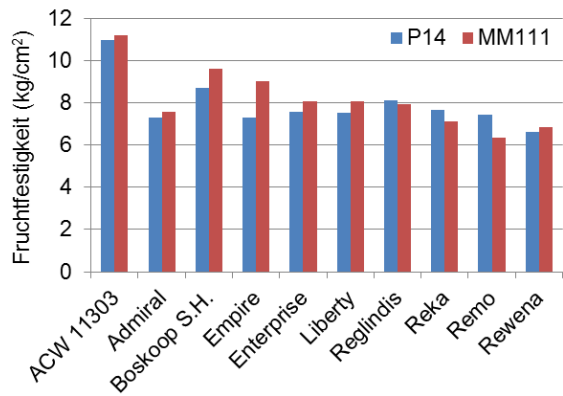
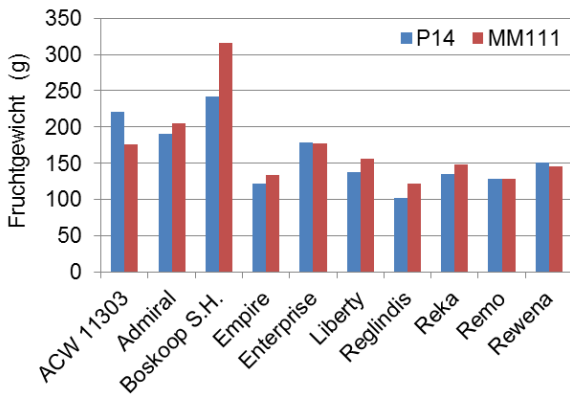


Betrieb Staub, Wädenswil Hochstamm



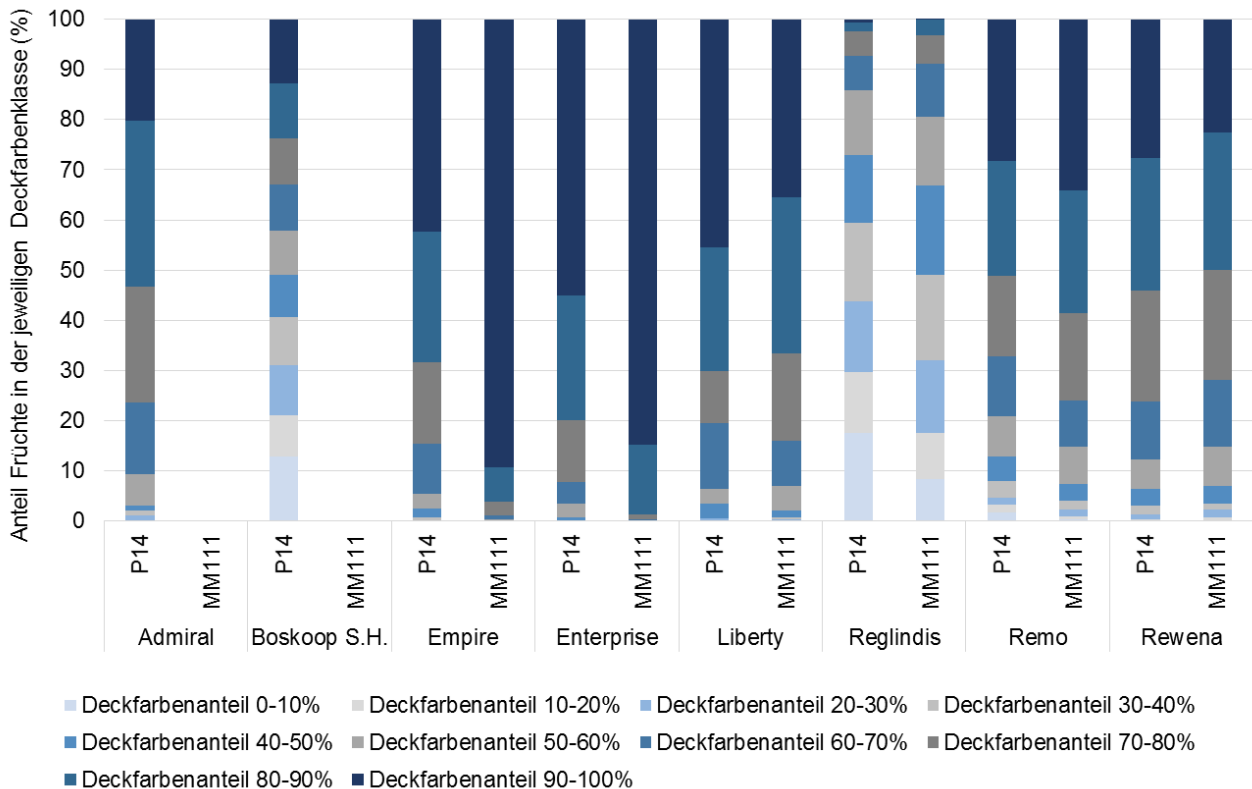
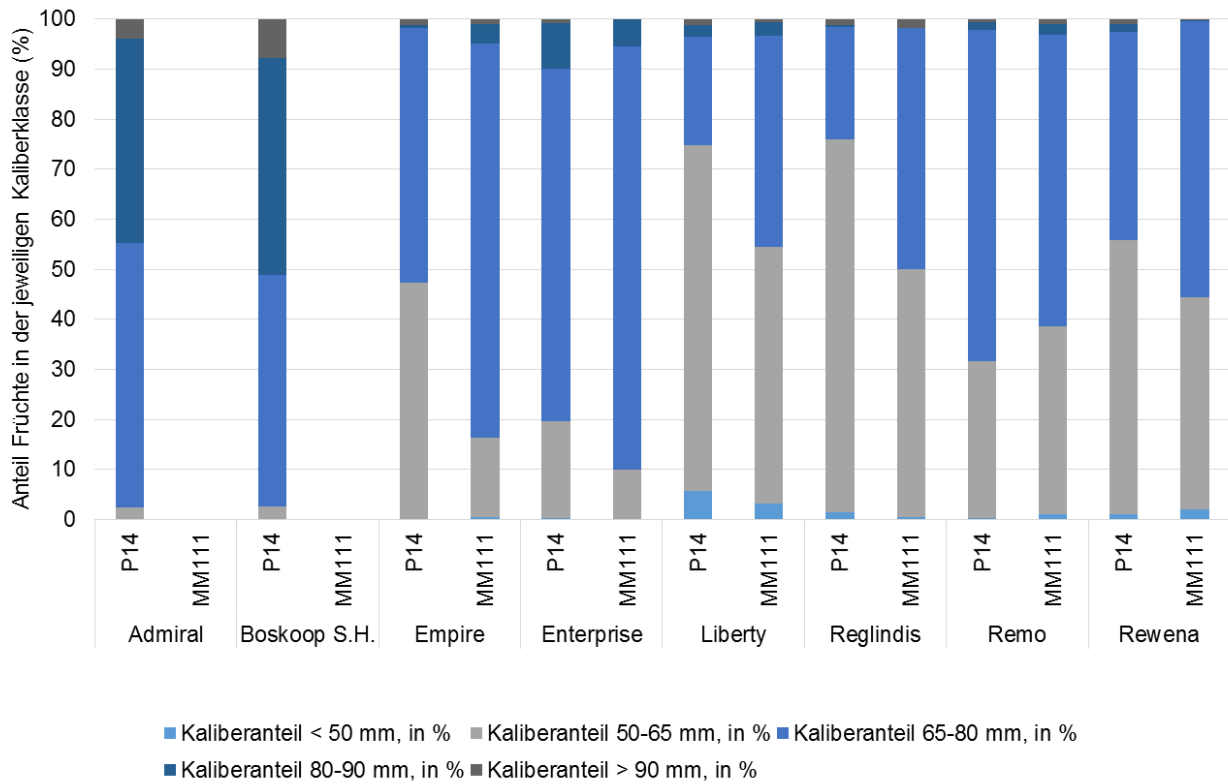
F.4: Pimprenelle-Analyse 2013 und 2014

Ergebnisse der Analyse von je 2 x 10 Früchten aus der Mostobst-Pilotanlage Wa105 in Wädenswil mit dem Pimprenelle-Roboter 2013 und 2014. Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte aus den Jahren 2013 und 2014. Beim Fruchtgewicht wurden auch die mit der Kalibriermaschine 2015 erhobenen Daten in die Berechnung des Mittelwerts einbezogen. Die Sorten stehen jeweils auf den Unterlagen P14 (intensiv, mit Gerüst; blaue Balken) und auf MM111 (extensiv, ohne Gerüst; rote Balken).



F.5: Kalibrierung

Anteil Früchte in der jeweiligen Kaliberklasse (in %) (oben) bzw. in der jeweiligen Deckfarbenklasse (unten) für die Sorten aus der Mostobst-Pilotanlage Wa105 in Wädenswil 2015, bestimmt mit der Kalibriermaschine. Bei fehlenden Balken wurden keine Daten erhoben.



Anhang G: Liste der bisher im Triebtest geprüften Apfel- und Birnensorten (HERAKLES und SOFEM)

Einschätzung der Feuerbrandanfälligkeit nach künstlicher Trieb- und Blüteninokulation mit *Erwinia amylovora* für die in den Projekten SOFEM und HERAKLES getesteten Apfel- und Birnensorten. Bei mehreren unterschiedlichen Triebtest-Ergebnissen wurde die Beurteilung der Sorte aufgrund des höchsten Testergebnisses (= längste sichtbare Läsionslänge) vorgenommen. Die Versuchsergebnisse wurden im Rahmen eines Sorten-Screenings im Biosicherheits-Gewächshaus erhoben. Die dargestellten Triebtestungs-Ergebnisse geben Auskunft über die Triebanfälligkeit einer Sorte, nicht über deren Blütenanfälligkeit unter Freiland-Bedingungen. Für eine zuverlässige Einstufung der Feuerbrand-Anfälligkeit sind weitere Tests (gemäss Agroscope-Standard) unbedingt erforderlich. Die Blütentestungen wurden im Freiland mit künstlicher Inokulation der blühenden Bäume mit hohen Zelldichten von *E. amylovora* durchgeführt. Die durch die künstliche Inokulation hervorgerufenen Feuerbrandsymptome spiegeln nicht zwingend die Anfälligkeit einer Sorte unter natürlichen Bedingungen wieder.

Die mit einem Stern (*) gekennzeichneten Blütentestungsergebnisse wurden im Rahmen der 2. Serie 2013 (Freilandversuch mit künstlich länger überwinterten Bäumen im Juni/Juli) durchgeführt. Aufgrund der höheren Temperaturen als bei den restlichen im April/Mai durchgeführten Versuche sind die Ergebnisse nicht direkt mit den anderen Blütentestungs-Ergebnissen zu vergleichen.

Die Wiederholungen einzelner Sorten wurden zum Teil in den Projekten BEVOG, ZUEFOS I und II und im Rahmen der Agroscope Kernobstsortenzüchtung durchgeführt. Wir bedanken uns für die Bereitstellung der Daten.

Diese Liste ist nicht mit dem Merkblatt 732 abgeglichen und ersetzt dieses keinesfalls.

Äpfel

Sorte	Einstufung nach Triebtest	Anzahl Triebtests	Einstufung nach Blütentest	Anzahl Blütentests
ACW 12556	sehr niedrig	2		
Dalinette (Choupette®)	sehr niedrig	2	sehr niedrig	1
Empire	sehr niedrig	3	sehr niedrig	1
Enterprise	sehr niedrig	Referenz	sehr niedrig	3
Grauer Hordapfel	sehr niedrig	1	sehr niedrig	1
Imara	sehr niedrig	2		
Ingol	sehr niedrig	2	niedrig	1
Liberty	sehr niedrig	3	hoch *	1
Maunzenapfel	sehr niedrig	2	hoch	1
Pomme Bovarde	sehr niedrig	3		
Reka	sehr niedrig	2		
Relinda	sehr niedrig	2	mittel *	1
René	sehr niedrig	2	hoch *	1
Resi	sehr niedrig	2	niedrig	1
Retina	sehr niedrig	2	mittel	1
Rewena	sehr niedrig	Referenz	sehr niedrig	1
Spartan	nicht getestet	0	sehr niedrig	1
ACW 11303	niedrig	9		
ACW 19256	niedrig	2		
Adamsparmäne	niedrig	2		
Admiral	niedrig	2	mittel	1
Allegro	niedrig	2		
Ariane	niedrig	2	hoch *	1

Sorte	Einstufung nach Triebtest	Anzahl Triebtests	Einstufung nach Blütentest	Anzahl Blütentests
Bittenfelder	niedrig	2	niedrig	1
Bohnapfel	niedrig	1	hoch *	1
Carla	niedrig	1		
Eierlederapfel	niedrig	2		
Goldrush	niedrig	1		
Heimenhofer	niedrig	4	niedrig	1
Judor	niedrig	2		
Juliet [®]	niedrig	1		
Mutterapfel	niedrig	3		
Oberländer Himbeerapfel	niedrig	2		
Opal [®]	niedrig	3	mittel *	1
Reanda	niedrig	2	sehr niedrig	1
Remo	niedrig	2	sehr niedrig	1
Ribston Pepping	niedrig	2		
Rubinola	niedrig	1	sehr niedrig	1
Schneiderapfel	niedrig	6	hoch	1
Schöner von Kent	niedrig	1		
Schweizer Alant	niedrig	2	mittel	1
Weisser Wintertaffet	niedrig	2		
Boskoop, S.H.	niedrig - mittel	2	mittel *	1
Akane (Primerouge)	mittel	2		
Berlepsch	mittel	1		
Biesterfelder Reinette	mittel	2		
Chilchtalapfel	mittel	1		
Doppelter Prinzenapfel	mittel	1		
Dülmener Rosenapfel	mittel	2		
Florina	mittel	3	niedrig	1
Goldparmäne	mittel	1		
Graue Herbstreinette	mittel	2		
Judaine	mittel	2		
Judeline	mittel	1		
Juliane	mittel	1		
Kidd's Orange	mittel	2	mittel	1
Lipno	mittel	2		
Natyra [®]	mittel	2	hoch *	1
Rebella	mittel	1		
Rubin	mittel	1	mittel	1
Rubinstep	mittel	1		
Sauergrauech	mittel	3	sehr hoch *	1
Scilate (Envy [®])	mittel	3	sehr niedrig	1
Seeländer Reinette	mittel	2		

Sorte	Einstufung nach Triebtest	Anzahl Triebtests	Einstufung nach Blütentest	Anzahl Blütentests
Seemer	mittel	1		
Shalimar	mittel	2		
Steinholzreinette	mittel	1		
Viktoria	mittel	1		
Wehntaler Hagapfel	mittel	2		
Wilerrot	mittel	1		
Aneta	mittel-hoch	2		
Angold	hoch	2		
Annurca	hoch	1		
Berner Rose	hoch	2		
Blauacher Wädenswil	hoch	1		
Brünerling	hoch	1		
Damason Reinette	hoch	3		
Dettighofer	hoch	3		
Gala Galaxy	hoch	Referenz	hoch	4
Galloway Pepping	hoch	1		
Gehrer's Rambour	hoch	1		
Golden Orange	hoch	4	mittel	1
Gravensteiner	hoch	2		
Hediger	hoch	3		
Hilde	hoch	2		
Iduna	hoch	2		
Jerseyred	hoch	2		
Julyred	hoch	1		
Kanada Reinette	hoch	2	niedrig	1
Karneval	hoch	1		
Lederapfel Baselland	hoch	2		
Melfree	hoch	1		
Mira	hoch	2		
Oettwiler Reinette	hoch	2		
Orion	hoch	1		
Pingo	hoch	1		
Produkta	hoch	2		
Produkta	hoch	2		
Rajka	hoch	1		
Regine	hoch	2		
Reglindis	hoch	4	niedrig	1
Renora	hoch	1		
Riegler	hoch	2		
Rosana	hoch	1		
Santana	hoch	4	sehr niedrig	1

Sorte	Einstufung nach Triebtest	Anzahl Triebtests	Einstufung nach Blütentest	Anzahl Blütentests
Sonnenwirsapfel	hoch	2		
Topaz	hoch	1		
Waldhöfler	hoch	3	hoch	1
Weinapfel, Börtlinger	hoch	1		
Wellington	hoch	1		
Wiehnachstkindli	hoch	3		
Zaubergäurenette	hoch	1		
Züriapfel 2	hoch	1		
Danziger Kant	hoch-sehr hoch	4		
Ariwa	sehr hoch	1	mittel	1
Cramoisie de Gascogne	sehr hoch	2		
Delia	sehr hoch	3		
Fiesser's Erstling	sehr hoch	1		
Gelbapfel	sehr hoch	1		
Grenoble	sehr hoch	1		
Idared	sehr hoch	2		
Karmijn	sehr hoch	2		
Rembrandt	sehr hoch	1		
Schöner von Wiltshire	sehr hoch	3		
Schweizer Orange (Berner Orange)	sehr hoch	3	niedrig	1
Sirius	sehr hoch	2		
Stäfner Rosen	sehr hoch	3		
Steiholzsaugergraeuch	sehr hoch	1		

Birnen

Sorte	Einstufung nach Triebtest	Anzahl Triebtests	Blütentest
Harrow Delight	sehr niedrig	1	
Madame Verté	sehr niedrig	3	
Old Home	sehr niedrig	1	
Petersbirne	sehr niedrig	1	
Harrow Sweet	niedrig	8	
Josefine von Mecheln	niedrig	2	
Wahlsche Schnapsbirne	niedrig	1	
Wilde Eierbirne	niedrig	2	
Abbé Fétel	mittel	1	
Affelträngler	mittel	1	
Bayerische Weinbirne	mittel	2	
Gute Luise	mittel	2	
Karcherbirne	mittel	2	Ja - mittel

Sorte	Einstufung nach Triebtest	Anzahl Triebtests	Blütentest
Kieffers Sämling	mittel	1	
Schweizer Wasserbirne	mittel	2	Ja - niedrig
Trübler	mittel	2	
Conférence	hoch	4	
Elliot	hoch	3	
Guntershauser	hoch	2	
Kalchbühler	hoch	1	
Metzer Bratbirne	hoch	2	
Oheimer	hoch	1	
Reinholzbirne	hoch	2	
Sülibirne	hoch	1	
Palmischbirne	hoch-sehr hoch	2	
Alexander Lucas	sehr hoch	1	
Bäriker	sehr hoch	1	
Champagner Bratbirne	sehr hoch	1	
Gelbmöstler	sehr hoch	1	
Goldschmeckler	sehr hoch	1	
Grosser Katzenkopf	sehr hoch	1	
Grünmöstler	sehr hoch	1	
Herbstgüetler	sehr hoch	1	
Knollbirne	sehr hoch	2	
Marxenbirne	sehr hoch	1	
Oberösterreichischer Weinbirne	sehr hoch	1	
Ottenbacher Schellerbirne	sehr hoch	1	
Packhams Triumph	sehr hoch	1	
Passe-Crassane (Edelcrassane)	sehr hoch	6	
Pastorenbirne	sehr hoch	1	
Theilersbirne	sehr hoch	2	
Triumph von Wien	sehr hoch	1	
Uta	sehr hoch	2	
Welschbergler	sehr hoch	1	
Welschbergler 2	sehr hoch	1	
Wettinger Weinbirne	sehr hoch	1	