



Nachhaltiges Feuerbrand- und Marssoninamanagement im Mostobstanbau

3. Zwischenbericht Projekt HERAKLES Plus

Autorinnen und Autoren

Perrine Gravalon, Anita Schöneberg, Julia Sullmann, Katrin Amann,
Sarah Perren

Partner

CAVO-Stiftung, IP-SUISSE, Kantone AG, LU, SG, TG, ZH
Zusätzlich ab 2022 Kanton FR, SOV und Fondation sur la croix



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

| | |
|-------------|--|
| Herausgeber | Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch |
| Auskünfte | Perrine Gravalon, perrine.gravalon@agroscope.admin.ch |
| Gestaltung | Petra Asare |
| Download | www.agroscope.ch/science |
| Copyright | © Agroscope 2023 |
| ISSN | 2296- 729X |
| DOI | https://doi.org/10.34776/as176q |

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 5 |
| | Projektübersicht | 6 |
| | Projektbearbeitung und Projektleitung | 7 |
| | Projektpartner und Ansprechpersonen | 7 |
| 2 | Teilprojekt 1: Marssonina | 8 |
| 2.1 | Lebenszyklus und Epidemiologie: Neuste Erkenntnisse | 8 |
| 2.2 | Einfluss von Marssonina auf die Saftqualität | 10 |
| 2.3 | Sanierung der Parzelle – ein schwieriger Prozess | 11 |
| 2.4 | Witterungseinfluss – Jahresunterschied | 15 |
| 2.5 | Beurteilung der Marssonina Befallsstärke (Boniturskala) | 16 |
| 2.6 | Sortentestung | 17 |
| 2.6.1 | Im Gewächshaus | 17 |
| 2.6.2 | Im Feld | 17 |
| 2.6.3 | Zusammenfassung Sortentestung | 20 |
| 2.7 | Pflanzenschutz-Versuche | 23 |
| 2.7.1 | Im Gewächshaus | 23 |
| 2.7.2 | Im Feld | 24 |
| 2.7.3 | Einfluss der Parzelle auf die Ergebnisse der PS-Versuche | 35 |
| 2.7.4 | Zusammenfassung Wirksamkeit der Produkte | 35 |
| 2.8 | Fensterversuche | 35 |
| 2.8.1 | Einfluss von Sommerbehandlungen | 35 |
| 2.8.2 | Kaum Unterschied zwischen Frühlings- und Sommerbehandlungen | 36 |
| 2.8.3 | Reduktion der PS-Anwendungen schwierig | 37 |
| 2.9 | Weitere Empfehlungen | 44 |
| 3 | Teilprojekt 2: Feuerbrand | 45 |
| 3.1 | Feuerbrand Strategie Versuche | 45 |
| 3.1.1 | Versuchsprotokoll | 45 |
| 3.1.2 | Ergebnisse | 45 |
| 3.1.3 | Empfehlungen und Herausforderungen | 51 |
| 3.2 | Feuerbrand Sortentestung in Gewächshaus | 52 |
| 3.2.1 | Versuchsprotokoll | 52 |
| 3.2.2 | Ergebnisse Triebtestung 2019 | 52 |
| 3.3 | Feuerbrand Sortentestung im Feld | 53 |
| 3.3.1 | Versuchsprotokoll | 53 |
| 3.3.2 | Ergebnisse Blütentestung 2019 | 54 |
| 3.3.3 | Ergebnisse Blütentestung 2020 | 54 |
| 3.3.4 | Ergebnisse Blütentestung 2021 | 55 |
| 3.4 | Zusammenfassung Sortentestung | 59 |
| 3.4.1 | Sortenanfälligkeit | 59 |
| 3.4.2 | Abwehrmechanismus gegen Feuerbrand | 59 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.5 | Latenzbeprobung..... | 68 |
| 4 | Teilprojekt 3: Anbau und Verarbeitung | 70 |
| 4.1 | Ideales Profil Mostobstsorte | 70 |
| 4.2 | Pilotanlagen | 71 |
| 4.3 | Wachstum..... | 73 |
| 4.3.1 | Feldbeobachtungen auf Niederstamm | 73 |
| 4.3.2 | Fazit..... | 75 |
| 4.4 | Ertrag..... | 76 |
| 4.4.1 | Hochstamm | 76 |
| 4.4.2 | Niederstamm | 78 |
| 4.4.3 | Fazit..... | 80 |
| 4.5 | Krankheiten | 81 |
| 4.6 | Verarbeitung und Saftqualität..... | 82 |
| 4.6.1 | Ausbeute | 82 |
| 4.6.2 | Saftanalyse..... | 82 |
| 4.6.3 | Sensorische Analyse | 84 |
| 4.6.4 | Beliebtheit..... | 84 |
| 4.6.5 | Zusammenfassung | 84 |
| 4.7 | Fazit..... | 87 |
| 5 | Teilprojekt 4: Wissensaustausch..... | 90 |
| 6 | Zusammenarbeit und Dank | 91 |
| | Anhang A: Publikationen der Projekte HERAKLES und HERAKLES Plus | 92 |
| | Anhang B: Referenz | 96 |

1 Einleitung

Der Apfel ist mit mehr als 50% der Obstanbaufläche von 2015 bis 2020 die meistangebaute Obstart in der Schweiz (SOV, 2021). Die Mostäpfel werden in erster Linie auf Hochstamm produziert und die Spezialmostäpfel entsprechen im Durchschnitt von 2015 bis 2020 etwa 72% der geernteten Menge. Seit der letzten Aktualisierung der Liste Spezialmostäpfel (SOV, 2014) bringen 20 Apfelsorten den Produzenten einen höheren Preis bei der Lieferung an Mosterei ein (Tabelle 1).

Tabelle 1: Liste der Spezialmostäpfel (SOV, 2014)

| | | | |
|---------------------|------------------|----------------|---------------------|
| Beffertapfel | Grauer Hordapfel | Reanda | Spartan |
| Blauacher Wädenswil | Gravensteiner | Remo | Thurgauer Weinapfel |
| Bohnapfel | Heimenhofer | Rewena | Tobiässler |
| Boskoop | Kanada Reinette | Sauergraeuch | Topaz |
| Engishofer | Leuenapfel | Schneiderapfel | Wilerrot |

Die Mostapfelproduktion charakterisiert sich in der Schweiz mit einer Erntespitze im Oktober und starken Ernteschwankungen. 2021 wurden 50% weniger Mostäpfel geliefert als im 10-jährigen Durchschnitt von 2011-2020. Hingegen zeichneten sich Jahre wie 2011 und 2018 durch eine Überversorgung aus (Bericht SOV 2014 und 2021). Das Frostjahr 2017 hat für die grösste Ernteschwankung der letzten Jahre gesorgt. Die Hauptproduktion liegt in den Kantonen Thurgau und St. Gallen, die 2021 89% der Mostmenge lieferten. Etwa 10% der Mostäpfel werden nach den Bio-Richtlinien produziert. Die Verarbeitung der Waren erfolgt lokal, oft werden die Früchte im Anbauggebiet selbst gepresst.

Hochstammbäume gehören zum Landschaftsbild der Schweiz und tragen zur Biodiversität bei, sollten aber auch rentabel für die Produzentinnen und Produzenten sein. Ertragreiche Anlagen erfordern Pflege und Erfahrung. Mit den steigenden Anforderungen an die Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes muss die Branche neue, effiziente, umweltfreundliche und praxistaugliche Strategien entwickeln. Heutzutage gibt es neben Apfelsaft eine Vielzahl an interessanten Fruchtgetränken auf dem Markt. Die Mostereien entwickeln neue Produkte, um Konsumenten für Mostprodukte zu gewinnen. Fruchtsäfte haben bei den Konsumentinnen und Konsumenten ein gutes Ansehen als ein gesundes, naturnahes und lokales Produkt, was z. B. die Nachfrage nach lokal hergestellten Säften in der Direktvermarktung beweist.

In diesem Kontext arbeitet Agroscope im Rahmen von Drittmittelprojekten eng mit der schweizerischen Mostobstproduktion zusammen. Das aktuelle Projekt HERAKLES Plus begann 2008 als Projekt SOFEM, das hauptsächlich die Beurteilung der Anfälligkeit von Kernobstsorten gegen Feuerbrand zum Ziel hatte. In stetiger Zusammenarbeit mit den Kantonalen Fachstellen und der Verarbeitungsindustrie wurde das Projekt mit jeder Projektphase erweitert. So wurden Versuche zur Feuerbrandbekämpfung durchgeführt, Pilotanlagen mit vielversprechenden Sorten gepflanzt und zuletzt auch die Bekämpfung der Marssonina-Blattfallkrankheit bearbeitet.



Abbildung 1: Abfolge der verschiedenen Projekte zur Mostproduktion bei Agroscope, Extension Obstbau

Um dem Hochstammanbau gerecht werden zu können, laufen die Versuche über einen längeren Zeitraum, bis aussagekräftige Ergebnisse verfügbar sind. Dank der nahtlosen Erneuerung des Projektes nach jeder Projektphase (Abbildung 1) wurden die Parzellen kontinuierlich beurteilt und die Zusammenarbeit mit den verschiedenen Projektpartnern gepflegt.

Dieser Bericht listet die detaillierten Ergebnisse der Versuche im Rahmen des Projektes HERAKLES Plus von 2019 bis 2021 auf. Diese sind mit den Erfahrungen aus den Vorgängerprojekten in zusammenfassenden Darstellungen ergänzt.

Projektübersicht

Das Projekt HERAKLES Plus strebt mit der Bearbeitung verschiedener Aspekte die Sicherung einer qualitativ hochwertigen einheimischen Mostobstproduktion an. In enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und der Branche werden praktikable Empfehlungen zur Sortenwahl und Pflanzenschutzstrategien erarbeitet. Die nachhaltige Bekämpfung von Marssonina und Feuerbrand ist neben einer angepassten Sortenwahl ein grosses Ziel des Projekts. Das Projekt ist in vier sich ergänzende Teilprojekten organisiert:

Teilprojekt 1: Marssonina

- Lebensweise des Pilzes besser verstehen und mehr Felderfahrungen sammeln
- Marssoninaanfälligkeit von Mostapfelsorten und ausgewählten Apfelsorten testen
- Bekämpfungsstrategien optimieren (risikoarme PSM-Strategien, Pflegemassnahmen, Monitoring, usw.)
 - Nachhaltige und effektive Bekämpfung der Marssonina-Blattfallkrankheit

Teilprojekt 2: Feuerbrand

- Feuerbrandanfälligkeit vielsprechender Kernobstsorten testen
- Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Strategien optimieren
- Entwicklung des Latenzbefalls über mehrere Jahre beobachten
 - Nachhaltige und effektive Bekämpfung des Feuerbrands

Teilprojekt 3: Anbau und Verarbeitung

- Praxis-Pilotanlagen mit vielsprechenden Mostobstsorten betreuen
- Pressversuche im Industriemassstab durchführen
- Anbau- und Verarbeitungseignung robuster Mostobstsorten beurteilen
 - Fundierte Informationen für die Ergänzung des Mostobstsortiments
 - Sicherstellen der Versorgung der Verarbeiter mit qualitativ hochwertigen, einheimischen Rohstoffen

Teilprojekt 4: Wissensaustausch

- Beratungsunterlagen (Merkblätter, Sortenblätter, ...) erstellen und/oder aktualisieren
- Projektergebnisse in Fachzeitschriften publizieren und an regionalen und nationalen Praxistagungen präsentieren
 - Bereitstellen von Entscheidungsgrundlagen und Praxiswissen für eine umweltschonende Pflanzenschutzstrategie und eine nachhaltige Sortenwahl im Schweizer Mostobstanbau

Projektbearbeitung und Projektleitung

Hauptverantwortlich für die Projektbearbeitung und Rechnungsführung ist Agroscope.

Projektleitung und Kontakt:

Sarah Perren

Agroscope

Kompetenzbereich Pflanzen und pflanzliche Produkte

Müller-Thurgau-Strasse 29, 8820 Wädenswil

Tel.: +41 58 460 61 99

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

Projektbearbeitung:

Perrine Gravalon

Tel.: +41 58 480 87 15

E-Mail: perrine.gravalon@agroscope.admin.ch

Projektpartner und Ansprechpersonen

Die Projektpartner begleiteten und steuerten die Projektdurchführung gemeinsam. Sie trafen sich dazu jährlich.

- CAVO-Stiftung: Josiane Enggasser, c/o Schweizer Obstverband, 6300 Zug
- IP-SUISSE: Olivier Vonlanthen, 3052 Zollikofen
- Kanton AG: Andreas Distel, Fachstelle Pflanzenschutz Kt. AG, 5722 Gränichen
- Kanton LU: Beat Felder, Fachstelle Spezialkulturen Kt. LU, 6276 Hohenrain
- Kanton SG: Richard Hollenstein, Fachstelle Obstbau, LZSG Flawil, Kt. SG, 9230 Flawil
- Kanton TG: Urs Müller, Fachstelle Obst Gemüse Beeren, BBZ Arenenberg, Kt. TG, 8268 Salenstein
- Kanton ZH: David Szalatnay, Fachstelle Obst Gemüse, BBZ Strickhof, Kt. ZH, 8408 Winterthur-Wülflingen

Ab 2022:

- Kanton FR: Dominique Ruggli, Service phytosanitaire cantonale arboriculture, Grangeneuve, 1725 Posieux
- Schweizer Obst Verband: Lara Basile, 6300 Zug
- Fondation Sur-la-Croix: 4051 Basel

2 Teilprojekt 1: Marssonina

2.1 Lebenszyklus und Epidemiologie: Neuste Erkenntnisse

Der Pilz, der die Marssonina-Blattfallkrankheit verursacht, wurde früher *Marssonina coronaria* (Ellis and Davis) genannt. Heute trägt er den wissenschaftlichen Namen *Diplocarpon coronariae* (Ellis and Davis (Wöhner and Rossman)) (Wöhner *et al.*, 2020). Der Name der sexuellen Form bleibt *Diplocarpon mali* (Harada and Sawamura), diese konnte in der Schweiz aber noch nicht beobachtet werden. Die asexuelle Form des Pilzes wurde erstmals 2010 in der Schweiz nachgewiesen. Marssonina betrifft vor allem Anlagen mit reduziertem Fungizideinsatz. Das sind, neben biologisch bewirtschafteten Obstanlagen oder Parzellen mit reduzierter Schorfbekämpfung im Sommer, besonders Mostobstanlagen.



Abb. 2: Typische Marssonina Symptome auf Blättern

Der Lebenszyklus des Pilzes *Diplocarpon mali* ähnelt jenem von *Venturia inaequalis*. Jedoch sind einige Punkte noch nicht ganz klar. Wie in der Abb. 4 dargestellt, tritt der Pilz erst im Frühling auf. Sporen (in diesem Fall nur Konidien) sind auffindbar, sobald die Wetterbedingungen warm und feucht genug sind.

Neueste Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die ersten Infektionen bei günstigen Bedingungen rund um die Blüte stattfinden können. Bei der ersten Infektion entwickeln sich die Symptome sehr langsam; die erste Inkubationszeit ist vermutlich länger als jene im Sommer.

Der Pilz infiziert das Blatt mithilfe eines Appressoriums (Haftscheibe), wodurch er nicht auf Verletzungen angewiesen ist, um in das Gewebe der Pflanze einzudringen. Er befällt junge und ältere Blätter gleichermassen. Der erste Befall im Feld ist meist im Juni sichtbar. Die ersten Symptome sind oft schwierig zu erkennen, da es sich um kleine schwarz-violette Punkte auf der Blattoberfläche handelt. Später entwickeln sich die Punkte meist zu kleinen sternförmigen Nekrosen weiter, das Blatt verfärbt sich gelb und fällt ab (Abb. 2). Die Symptome können aber je nach Sorte, Standort und Zeitpunkt in der Saison variieren. Neben sternförmigen Nekrosen sind auch Punkte und grosse, runde Nekrosen bekannt. Der Pilz verbreitet sich vor allem von Blatt zu Blatt. Eine sehr nestartige Entwicklung der Symptome innerhalb der Parzelle ist typisch für Marssonina. Die zuerst betroffenen Stellen in einer Anlage sind wenig gepflegte Bäume (zu dichte Krone), schattige und nahe am Wald gelegene Bereiche. Feuchte und schlecht durchlüftete Lagen fördern die Entwicklung der Krankheit.

Sobald der Pilz sich im Blatt angesiedelt hat, entwickelt er so genannte Acervuli. Das sind kleine schwarze Kugeln, die zahlreiche frische Sporen enthalten. Sobald sich die Acervuli grau verfärben, sind sie reif. Wenn es regnet, öffnen sich die Acervuli und setzen die Konidien frei.



Abb. 3: Apfel der Sorte Ariane aus einer unbehandelten Parzelle mit Marssoninasymptomen

Ab der zweiten Infektion, entwickelt sich die Krankheit sehr schnell: die Inkubationszeit ist deutlich kürzer. Etwa 1-2 Wochen je nach Wetterbedingungen, und die Anzahl Sporen nimmt exponentiell zu, wodurch der Befall im

Sommer plötzlich zu explodieren scheint. Im Extremfall können die Bäume noch vor der Ernte vollständig entlaubt sein. Zusätzlich konnte in manchen Parzellen sogar Fruchtbefall beobachtet werden. Wie auch Schorf betrifft die Krankheit nur die Oberfläche der Frucht, führt aber zu einer Deklassifizierung der Frucht (Abb. 3). Der Fruchtbefall kann sich während der Lagerung weiterentwickeln.

Der Erreger scheint innerhalb der Anlage nicht über weite Strecken beweglich zu sein. Es ist noch nicht klar, woher der Pilz kommt und warum nur manche Parzellen betroffen sind. Eine mögliche Inokulumquelle in der Anlage im Frühling könnten Sporen sein, die auf Falllaub überwintert haben. Das Monitoring des FiBLs

(persönliche Kommunikation Pascale Flury) zeigt, dass Sporen in über 3 m ab Boden in der Luft auffindbar sind. qPCR Analysen der Knospen und Triebe befallener Bäume weisen DNA von Marssonina im Gewebe auf (Zusammenarbeit mit FiBL). Die qPCR unterscheidet aber nicht zwischen lebendigen Sporen und abgestorbenem Pilzmycel. Die Klärung der Überwinterung des Pilzes ist ein wichtiger Punkt zum Verständnis des Lebenszyklus und vor allem entscheidend in der Entwicklung und Anwendung von Bekämpfungsstrategien.

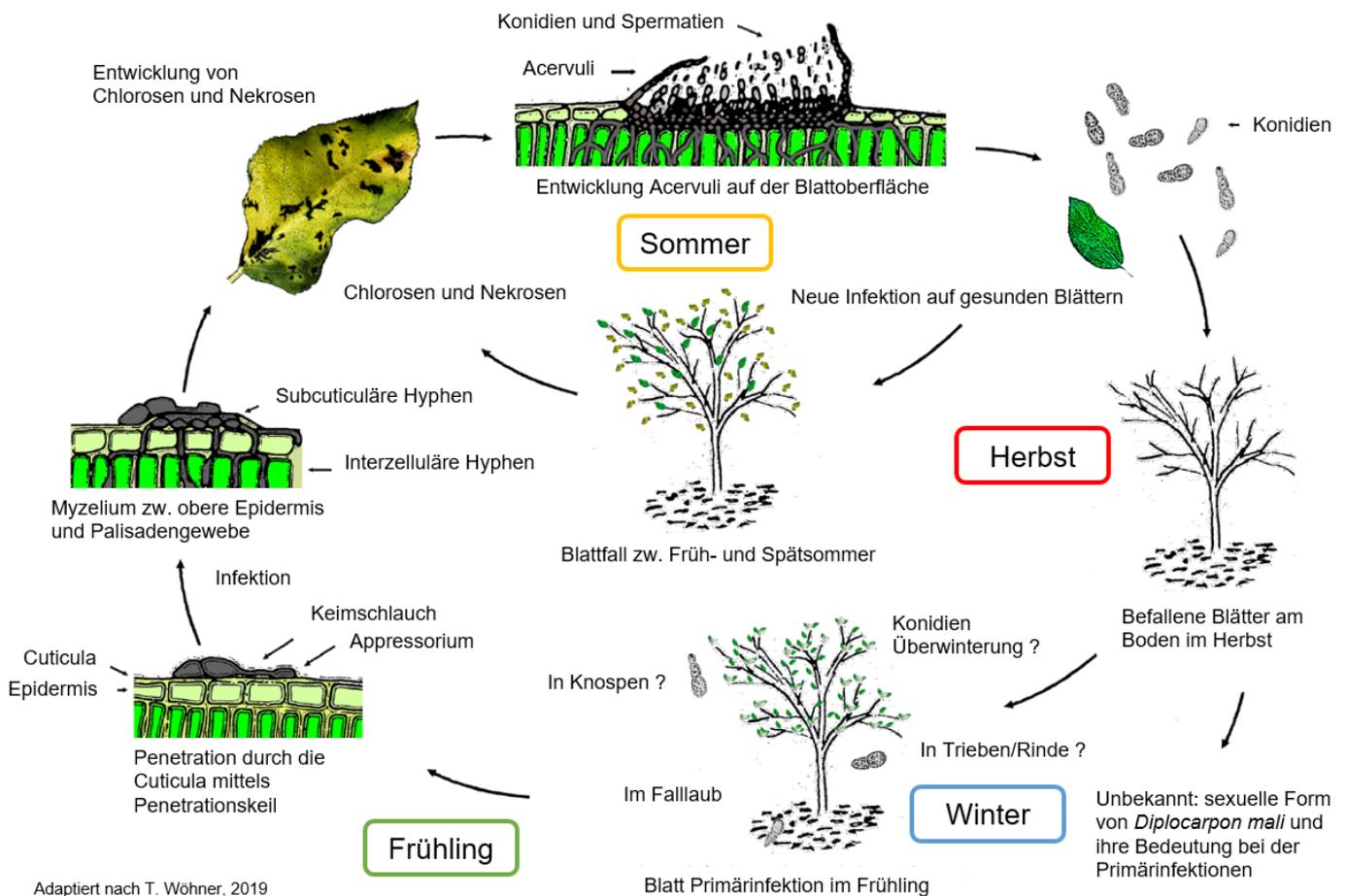


Abbildung 4: Lebenszyklus *Diplocarpon coronariae* ohne Fruchtfektion nach Wöhner, 2019

2.2 Einfluss von Marssonina auf die Saftqualität

2019 wurde parallel zu einem Pflanzenschutzmittel-(PSM)-Versuch in einer Hochstammparzelle in Roggwil (TG) ein Pressversuch durchgeführt, um den Einfluss der Krankheit Marssonina auf den Saft zu untersuchen (Gravalon, *et al.*, 2020). Dafür wurde der Saft aus Früchten von normal behandelten Bäumen (ohne Marssonina-Befall) mit einem Saft aus Früchten der Kontrolle (nicht behandelte und stark befallene Bäume) verglichen. Die Früchte wurden am gleichen Tag aus der gleichen Parzelle der Sorte Jerseyred, je ein Baum pro Variante, geerntet. Sie wurden in Wädenswil kalibriert und verarbeitet. Die Säfte wurden anschliessend im Labor analysiert und durch das geschulte Agroscope-Panel degustiert.

Bereits bei der Kalibration der Früchte konnten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Die Abnahme von Fruchtgewicht und -grösse (-19% und -7%) aufgrund des Marssoninabefalls war jedoch weniger bedeutend im Vergleich zum Ertragsverlust. Tatsächlich gab es 2019 einen Ertragsverlust auf den Kontrollbäumen von 94% in kg/Baum und 80% in der Anzahl der Früchte. 2020 wurde der Ertrag derselben Bäume nochmals erhoben. Der Unterschied zwischen der Kontrolle und den behandelten Bäumen betrug 2020 nur 41%. Das zeigt, dass regelmässig stark befallene Bäume weniger produzieren und auch stärker zu Alternanz neigen. Der Blattfall vor der Ernte hat mutmasslich die Knospenbildung beeinträchtigt und so zu weniger Ertrag geführt. Diese Theorie wurde nur auf dieser Parzelle quantitativ überprüft, jedoch wurden ähnliche Tendenzen auch an anderen Orten beobachtet.

Die Hypothese für diesen Versuch besagte, dass die Saftqualität durch den vorzeitigen Blattfall und der daraus resultierenden geringeren Photosyntheseleistung beeinflusst wird. Die Laboranalysen zeigten jedoch kaum Unterschiede bei Zucker- und Säuregehalt zwischen den zwei Varianten auf (Abbildung 6, Seite 12), ausser beim Gerbstoffgehalt (Folinwert). Der geringere Ertrag der Kontrollbäume könnte erklären, wieso kein geringerer Zuckergehalt gemessen wurde. Der Saft der Kontrollbäume zeigt einen höheren Gerbstoffwert (70% mehr), was mehrere Ursachen haben könnte. Die Gerbstoffe wirken als Abwehrmechanismus gegen mikrobielle Infektionen, es könnte also eine Reaktion der Bäume auf den von Marssonina verursachten Stress sein. Eine andere Hypothese ist die vermehrte Farbstoffbildung auf

Früchten der befallenen Bäume, die deutlich rötlicher waren (158% mehr Farbanteil, Abb. 5).

Die Saftdegustation bestätigt den geringen Unterschied zwischen den zwei Varianten. Sowohl in der Zucker-Säure-Gehalt Beurteilung (Just About Right) als auch in der Gesamtbeurteilung traten keine Unterschiede auf. In einer Blindverkostung, bei der die Verkoster*innen Proben von beiden Varianten in zwei Gruppen einteilen sollten, gruppieren zehn von zwölf Verkoster*innen die Proben korrekt. Das zeigt, dass es dennoch einen sensorischen Unterschied zwischen den Säften der Versuchsvarianten gab. Wobei die hohe durchschnittliche Degustationsdauer sowie die relativ ähnlichen Zucker- und Säurewerte der beiden Varianten verdeutlichen, dass dieser Unterschied nur schwer erkennbar war.

2016 wurde ein ähnlicher Versuch auf Schneiderapfel und Topaz durchgeführt. Nur bei der Sorte Schneiderapfel erkannten die Verkoster*innen einen Unterschied (71% richtig zugeordnet, statt nur 42% bei Topaz). Bei der Degustation wurde eine erhöhte Bitterkeit und Adstringenz beim Saft der unbehandelten Bäume festgestellt, vor allem bei Schneiderapfel (Inderbitzin und Perren 2017). Trotz eines höheren Gerbstoffgehalts war dies 2019 nicht der Fall.



Abb. 5: Äpfel von unbehandelten Bäumen mit starkem Marssonina-Befall (Kasten unten links) im Vergleich zu Früchten von behandelten Bäumen.

Bisher wurde kein grosser Einfluss der Blattfallkrankheit Marssonina auf die Saftqualität beobachtet. Nur ein höherer Gerbstoffgehalt in Säften unbehandelter Bäume ist ein Indiz für erhöhten Stress, was aber nicht bei jedem Versuch feststellbar war. Die Produktivität der Bäume war jedoch je nach Jahr mal mehr und mal weniger stark von einem Ertragsverlust und einer starken Neigung zur Alternanz beeinträchtigt.

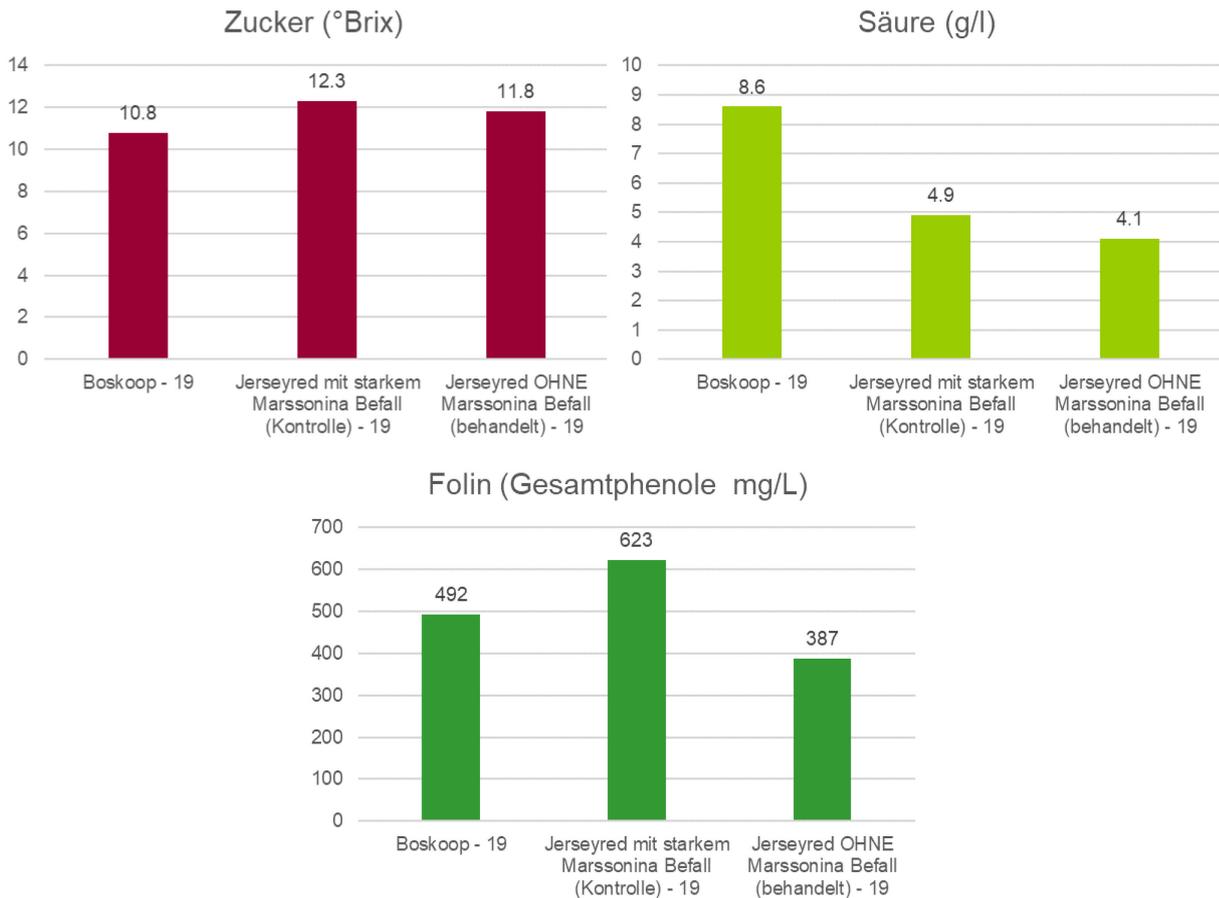


Abbildung 6: Ergebnisse aus der Saftanalyse 2019 der Sorte Jerseyred mit und ohne Marssoninabefall. Die Daten der Referenzsorte Boskoop sind auch dargestellt, um die Unterschiede zwischen den beiden Varianten besser abzuschätzen. Ausser beim Folinwert wurde kein Unterschied festgestellt.

2.3 Sanierung der Parzelle – ein schwieriger Prozess

Die Marssonina-Blattfallkrankheit ist seit einigen Jahren in der Schweiz bekannt, dennoch sind noch viele Fragen zum Umgang mit der Krankheit offen. Der Erreger scheint sich sehr lokal innerhalb einer Parzelle zu entwickeln, im Gegensatz zu Mehltau oder Schorf, wo der Befall einzelne Blätter in der gesamten Anlage betrifft. Innerhalb der Saison ist sehr deutlich erkennbar, dass der Befall sich von den ersten infizierten Blättern auf die Nachbarblätter verteilt (Abb. 7).

Anlagen, die im Vorjahr Marssonina hatten, zeigen bei günstigen Wetterbedingungen erneut Blattfall im Folgejahr. Dies wurde zum Beispiel in den Kontrollblöcken ohne Fungizidbehandlungen der Phytopathologieversuche beobachtet (Extension Obstbau, Agroscope). In den ehemaligen Kontrollblöcken trat im Folgejahr erneut Marssonina auf, obwohl die Blöcke rotiert wurden und wieder mit Fungiziden behandelt wurden.

Daher stellt sich die Frage, wie ein solch persistenter Befall saniert werden kann. Dazu wurde zunächst untersucht, wo und in welcher Form der Pilz überwintert,

um die erste Infektion in der Saison zu identifizieren und gezielt zu bekämpfen. Überwinterndes Falllaub ist zwar eine erwiesene Quelle für Inokulum im Frühjahr, erklärt jedoch nicht abschliessend alle Ausbrüche im Folgejahr, z. B. wenn das Laub entfernt wurde. Bisher ist es noch nicht gelungen nachzuweisen, ob vitale und virulente Pilzsporen am Baum überwintern können. Es sind auch keine anderen Wirtspflanzen bekannt.

Um die genaue Entwicklung des Pilzes zu beobachten wurde seit 2019 eine stark befallene Hochstamm-parzelle jährlich untersucht (Abb. 8). Diese Parzelle in Mörschwil (SG) gehört zu einer der ersten, befallenen Parzellen in der Schweiz und hat eine ungünstige Lage zwischen Waldstücken. Dies führt zu langen Schattenperioden und schlechter Durchlüftung, was wiederum die Entwicklung des Pilzes fördert. Die etwa 60-jährigen Hochstammbäume (Sorten Bohnapfel, Boskoop, Schneiderapfel und Spartan) werden extensiv mit Fungiziden behandelt: etwa 5-mal pro Jahr, vom Austrieb bis etwa Juli, je nach Jahr und Wetter. Die Anlage repräsentiert die für die Region typische

Hochstammanlage zur Produktion von Mostobst und Gras als Unternutzung. Die Früchte werden an die Mosterei geliefert, die Wiese gemäht und nach der Ernte als Weide genutzt.

Die Bäume wurden auf einem Plan markiert und deren Marssoninabefall (siehe Abschnitt Beurteilung

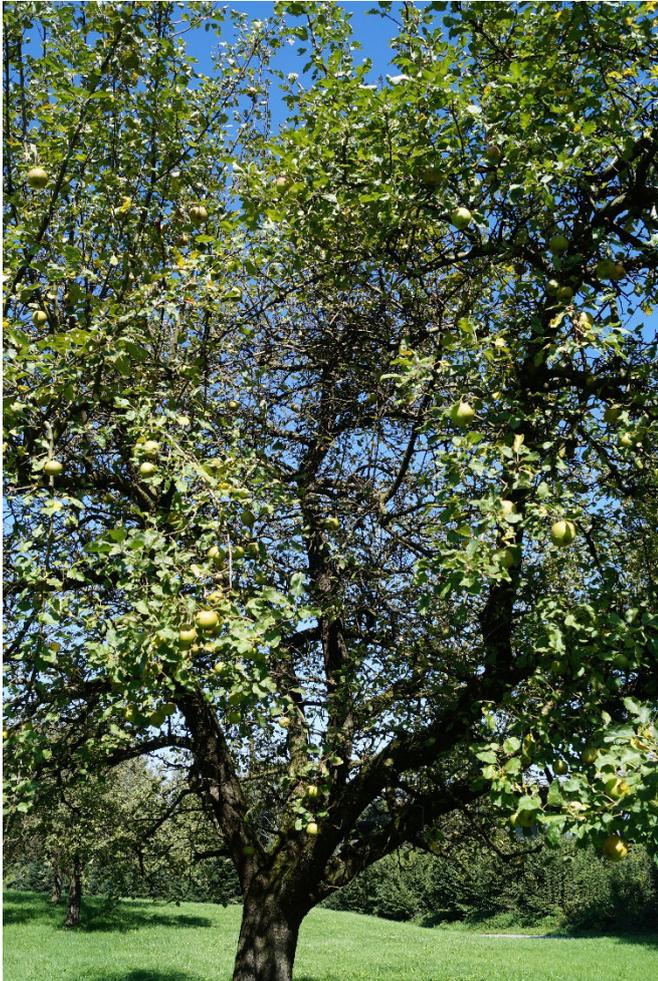


Abb. 7: Typische Entwicklung von Marssonina: von der Mitte der Krone, die weniger gut belüftet ist, zur Aussenseite der Krone

Marssonina S. 18) von Juli bis Oktober einmal monatlich erhoben. Oft gab es kaum sichtbaren Befall im Juli, die Symptome waren aber ab August deutlich erkennbar. Der Befall begann im Inneren der Krone, wo es am längsten feucht ist, dann verteilte sich der Befall zur äusseren Krone. Trotz jährlicher Fungizidbehandlungen gab es immer eine Explosion des Befalls von Ende August bis Ende September (Abbildung 9, Seite 14 bis 16).

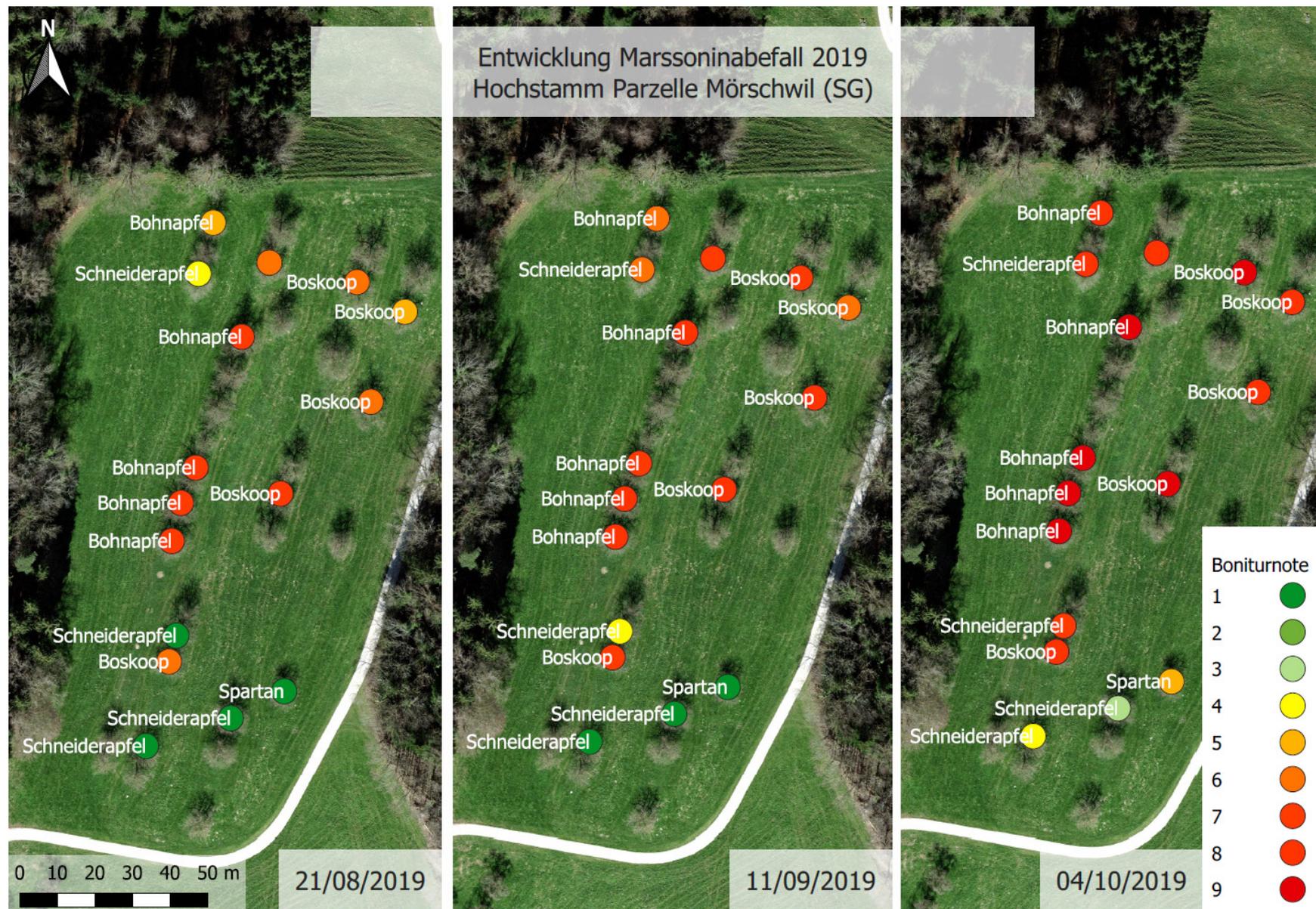
Nach den bisherigen Erfahrungen kann der Befall in einer zuvor befallenen Parzelle nur mit intensiven regelmässigen Behandlungen von der Blüte bis kurz vor der Ernte auf ein tolerierbares Niveau gesenkt werden. Allerdings ist eine Erhöhung der Applikationsanzahl nicht wirtschaftlich und nicht erwünscht.

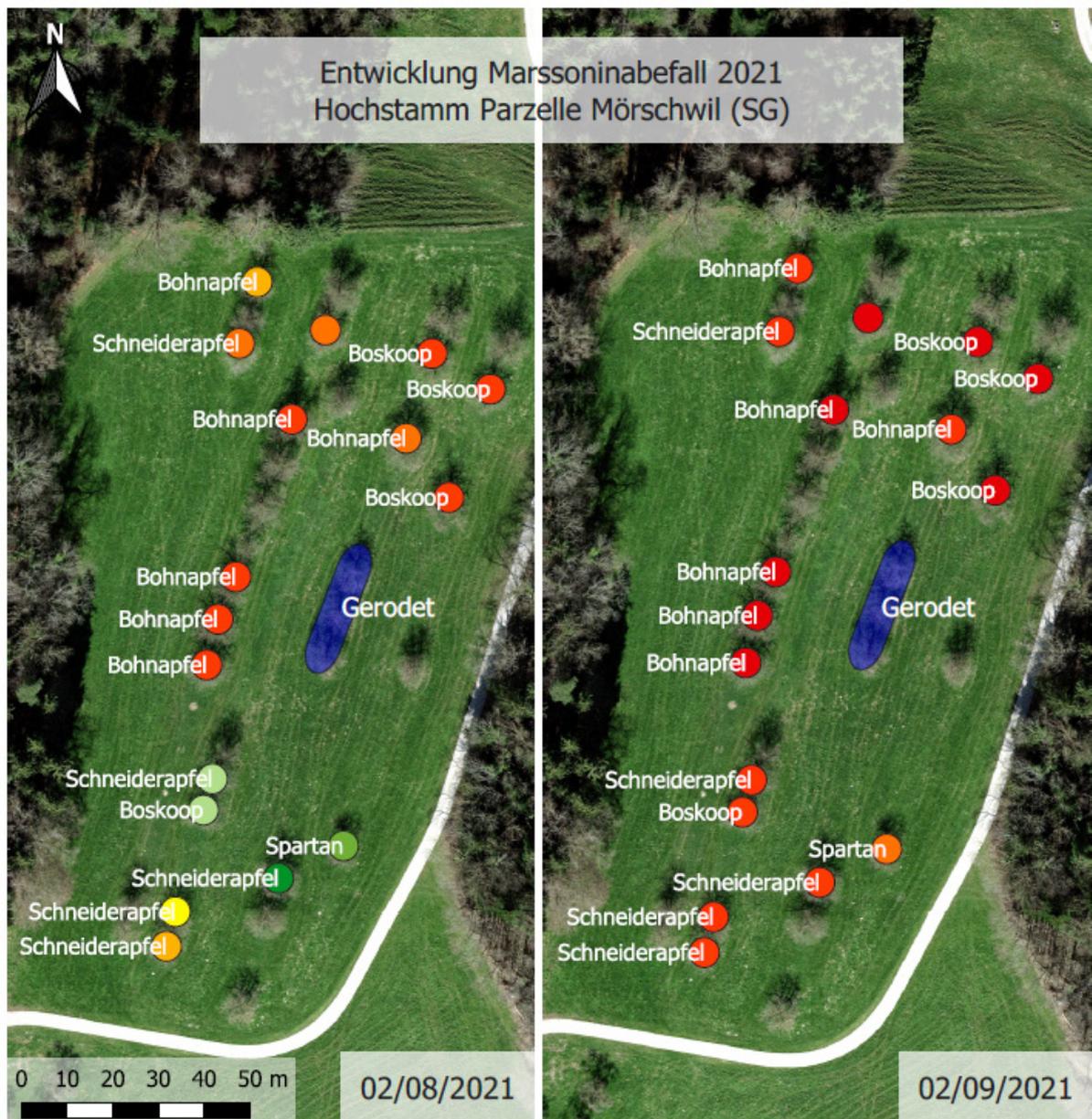
Mit der Marssonina-Blattfallkrankheit steht die extensive Produktion vor einer grossen Herausforderung. Schorf z. B. konnte dank robuster Sorten und gezielter Applikationen zur Bekämpfung der Primärinfektionen gut unter Kontrolle gebracht werden. Bei Marssonina sind noch keine resistenten Sorten bekannt (siehe Abschnitt Sortenanfälligkeit Seite 19) und die gezielten Applikationen sind noch in Entwicklung (siehe Abschnitt Fensterversuche Seite 38). Eine Bekämpfungsstrategie nur mit PSM ist in extensiven Anlagen nicht realistisch. Es besteht deshalb ein grosser Bedarf für die Entwicklung alternativer Bekämpfungsmassnahmen, wie z. B. Baumpflege und -stärkung, präventive Behandlungen, was im Projekt weiter getestet wird.



Abb. 8: Parzelle mit Hochstammbäumen, die stark von Marssonina befallen sind, Mörschwil SG

Die Identifizierung problematischer Lagen ist besonders wichtig. Auch wenn in der untersuchten Parzelle in Mörschwil bisher keine Verbesserung möglich war, wurde dort deutlich gezeigt, dass die Lage einen grossen Einfluss auf den Marssoninabefall hat. Die Parzelle ist von Ost, Nord und West von Wäldern umgeben und neigt sich Richtung Norden leicht ab. Die Bäume stehen lange im Schatten, vor allem jene im oberen Teil, wo sich auch wegen der Nähe zum Wald und des Reliefs ein besonders feuchtes Klima bildet. Die Analyse der Befallsverteilung von 2019 bis 2021 macht deutlich, dass sich die am stärksten von Marssonina befallenen Bäume in diesem Bereich der Parzelle befinden. Die Bäume am Südrand der Parzelle bleiben länger gesund und sind weniger stark befallen. Die Sorten selbst scheinen einen geringeren Einfluss auf die Befallsstärke zu haben als der Standort. Dieser prägnante Einfluss des schattigen Bereichs in der Parzelle wurde auch in anderen Anlagen beobachtet. Auch in Niederstammanlagen war die Westseite der Bäume oftmals stärker befallen. Eine gute Durchlüftung der Anlage und der Krone ist daher die wichtigste präventive Massnahme.





Boniturnote

- 1 ● Kein Befall
- 2 ● Wenig Symptome, nicht auf den ersten Blick sichtbar
- 3 ● Kleine Nester mit sichtbaren Symptomen, bis zu 5% der Blätter
- 4 ● Nest mit Symptomen, >5% der Blätter
- 5 ● 25% der Blätter sind betroffen, Teil der Blätter kann bereits abgefallen sein
- 6 ● Intermediär
- 7 ● Starker Befall, etwa 50% Blätter zeigen Symptome oder sind befallen
- 8 ● Mehr als die Hälfte der Blätter befallen oder sind abgefallen
- 9 ● >90% der Blätter befallen oder sind abgefallen

Abbildung 9: Entwicklung des Marssoninabefalls in einer Hochstammparzelle in Mörschwil (SG) von 2019 bis 2021. 2021 wurde keine Bonitur im Oktober durchgeführt, da der Befall im August schon sehr stark war.

2.4 Witterungseinfluss – Jahresunterschied

In der Hochstammparzelle in Mörschwil (SG) wurden auch die Witterungsbedingungen mit dem Befall verglichen. Die nächstgelegene Wetterstation von Agrometeo befindet sich in Berg (SG).

Die kumulierte Niederschlagsmenge und Temperatur von Mitte März bis Mitte Oktober für die Jahre 2018 bis 2021 wurden verglichen. Für beide Parameter sehen die Werte von 2019 und 2020 sehr ähnlich aus. 2018 war ein trockenes Jahr, was an den niedrigen Niederschlagsmengen und hohen Temperaturen während des Sommers erkennbar ist. 2021 hingegen war im Vergleich zu den anderen Jahren etwas kühler, vor allem im Frühling (April - Juni). Im Sommer gab es wenige Tage mit extrem hohen Temperaturen. 2021 unterscheidet sich von den anderen Jahren vor allem durch einen sehr nassen Juli. Die Erntesaison war dagegen trockener als in den Vorjahren.

2018 gab es insgesamt wenig Befall in allen beobachteten Parzellen, was mit der Trockenheit korreliert. In der Tat braucht der Pilz Regen, um die Sporen aus den reifen Acervuli auszuschleudern. 2019 und 2020 gab es deutlich mehr Befall, mit einem exponentiellen Anstieg des Befalls im September. 2021 zeigte sich nach einem sehr nassen Sommerbeginn

schon ab August sehr starker Befall. Diese Beobachtungen gelten nicht nur für die Parzelle in Mörschwil, sondern auch für die anderen Versuchspartellen des Projektes.

Die Erfahrungen der letzten Jahre deuten darauf hin, dass feuchte Sommer die Entwicklung des Pilzes fördern. Trotz kühlem Frühling in 2021, gab es viel Befall, da die Hauptentwicklung des Marssoninapilzes im Sommer stattfindet. Kühles Wetter im Frühling verzögert wahrscheinlich die ersten Infektionen, bis die Bedingungen für den Pilz günstiger sind. Die erste Infektion scheint mit dem Austrieb und der Blüte zu korrelieren. Die Temperaturen im Sommer scheinen weniger Bedeutung für den Infektionsverlauf zu haben als die Feuchtigkeit.

Dies sind erste Interpretationen der bisherigen Ergebnisse. In den kommenden Jahren muss weiter beobachtet werden, wie sich der Pilz in Abhängigkeit der Witterung entwickelt. Der Einsatz von Prognosemodellen wie RimPro für Marssonina könnte in Zukunft einen gleich grossen Stellenwert wie in der Bekämpfungsstrategie von Schorf einnehmen; die Validierung des Modells steht jedoch noch aus.

Fazit Lebenszyklus und Befallsentwicklung

- Pilz tritt oftmals in Anlagen mit reduziertem Fungizideinsatz auf
- Blattbefall beeinflusst vor allem den Ertrag und die Gesundheit des Baums, bisher wurde kaum Einfluss auf die Saftqualität beobachtet
- Fruchtbefall kann problematisch sein
- Überwinterungsort des Pilzes ist noch unklar, erschwert Entwicklung von vorbeugenden Massnahmen
- Verbreitung der Sporen durch Regenereignisse, ähnlich wie bei Schorf
- Rasche Entwicklung des Befalls mit grosser Sporenproduktion im Sommer
- Feuchte und warme Sommer fördern die Entwicklung des Pilzes
- Lokale Verbreitung des Pilzes in der Anlage, vor allem an feuchten Stellen (schattige Seite der Krone, am Waldrand, usw.)

2.5 Beurteilung der Marssonina Befallsstärke (Boniturskala)

Um den Marssoninabefall im Feld zu beurteilen, wurden in den letzten Jahren mehrere Boniturskalen getestet. Da der Pilz nesterweise auftritt, hat sich eine Einzelbaumbonitur (Tabelle 2) als robust erwiesen. Dabei wird der ganze Baum mit einer Boniturnote von 1 (kein Befall) bis 9 (über 90% Befall in der Krone) bewertet. Die früher genutzten Boniturskalen sind im 2. Zwischenbericht HERAKLES Plus (Schöneberg A. *et al.* 2019) auffindbar.

Für die Sortenanfälligkeitstestung mit künstlicher Inokulation eintriebiger Pflanzen im Gewächshaus wurde eine andere Skala benutzt, bei welcher jedes Blatt mit einer Boniturnote von 1 bis 5 bewertet wird (Tabelle 3). Für jede Sorte wurde der DSI (=Disease Severity Index) nach nachfolgender Formel berechnet. Ein DSI von 0% bedeutet, dass alle Blätter keinerlei Symptome zeigen. Ein DSI von 100% entspricht dem Verlust aller Blätter.

$$DSI = \frac{(B1 + 2 * B2 + 3 * B3 + 4 * B4)}{4} * 100$$

- B1: Anzahl Blätter mit Boniturnote 1
- B2: Anzahl Blätter mit Boniturnote 2
- B3: Anzahl Blätter mit Boniturnote 3
- B4: Anzahl abgefallener Blätter (= Anzahl Blätter am ersten Boniturtermin minus Anzahl Blätter am letzten Boniturtermin)

Tabelle 3: Marssonina Boniturskala für Gewächshausversuche. Bonitur der einzelnen Blätter an jeder Pflanze (nach Wöhner *et al.*, 2015).

| NOTE | BESCHREIBUNG |
|------|---|
| 1 | Keine Symptome |
| 2 | Kleine nekrotische Flecken/Punkte |
| 3 | Kleine nekrotische Flecken/Punkte + Acervuli (Fruchtkörper) |
| 4 | Gelbe Blätter |
| 5 | Blattfall |

Tabelle 2: Marssonina Einzelbaumbonitur für Hoch- und Niederstämme, adaptiert von Agroscope für *M. coronaria* nach Lateur and Populer 1994.

| NOTE | DEFINITION OF THE SYMPTOMS | MEAN PROPORTION OF AFFECTED LEAVES (%) | BESCHREIBUNG/ÜBERSETZUNG |
|------|--|---|---|
| 0 | No observation (tree missing) | n.a. | keine Beobachtung (kein Baum vorhanden) |
| 1 | No visible symptoms | 0 | kein Befall |
| 2 | Few lesions (no yellow leaves) detectable only on close scrutiny of the leaves | Up to 1% | wenig Symptome, nicht auf den ersten Blick sichtbar |
| 3 | Few infected leaves immediately apparent (yellow leaves may be present) | 1 to 5% | kleine Nester mit sichtbaren Symptomen, bis zu 5% der Blätter |
| 4 | | | Nest mit Symptomen, >5% der Blätter |
| 5 | Infection widespread over the branches, part of the leaves could already be fallen | About 25% of leaves with symptoms and/or fallen | 25% der Blätter sind betroffen, Teil der Blätter kann bereits abgefallen sein |
| 6 | | | Intermediär |
| 7 | Severe infection, about half of the leaves show symptoms or are fallen | About 50% | starker Befall, etwa 50% Blätter zeigen Symptome oder sind abgefallen |
| 8 | | | mehr als die Hälfte der Blätter befallen oder abgefallen |
| 9 | Heavy infection, nearly all leaves show symptoms or are fallen | > 90% | >90% der Blätter befallen oder abgefallen |

2.6 Sortentestung

2.6.1 Im Gewächshaus

2017 und 2018 wurden jeweils 2 und 5 Serien zur Prüfung der Sortenanfälligkeit gegenüber Marssonina mit künstlicher Inokulation im Gewächshaus durchgeführt. Insgesamt 46 Apfelsorten wurden mindestens 2-mal getestet, dabei handelt es sich um feuerbrandrobuste Apfelsorten aus der Agroscope Züchtung und Standard-Tafelsorten. (detailliertes Protokoll und Ergebnisse im 2. Zwischenbericht HERAKLES Plus, Schöneberg A. *et al.* 2019).

Die Symptomstärke war von Serie zu Serie sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die Sorten wurden daher immer nur innerhalb einer Serie verglichen. Die Sorte Topaz galt als anfällige Referenzsorte. Es gab keine gegen Marssonina resistente Sorte, die meisten bewegten sich im mittleren Anfälligkeitsbereich. Wenige Sorten zeigten sich jedoch wiederholt weniger befallen und wurden daher als eher robuste Sorten bezeichnet. Darunter Bohnapfel, Glockenapfel, Grauer Hordapfel und Schneiderapfel. Sorten wie zum Beispiel Jerseyred, Admiral, Liberty und Golden Delicious zeigten sich oftmals anfälliger als die vorhergehend genannten Sorten. Zum Teil gab es auch widersprüchliche Ergebnisse. Diese sollten mit den Feldtestungen unter praxisnahen Bedingungen überprüft werden.

Weiter wurden unterschiedliche Symptome beobachtet: von typisch sternförmigen Nekrosen über kleine, runde Punkte bis zu augenförmigen Nekrosen. Es ist noch nicht klar, ob die Sorte der einzige Faktor dieser Symptomausprägung ist oder ob andere Faktoren, wie der Standort der Pflanze, die Parzelle, Witterung usw. auch eine Rolle spielen.

Diese ersten Ergebnisse sind ein wichtiger Schritt zum Verständnis der Marssoninaananfälligkeit. Diese Ergebnisse sollten mit Resultaten im Freiland validiert werden.

2.6.2 Im Feld

Am Projekttreffen HERAKLES 2015 wurde beschlossen, die Top-Sorten des Projekts in zwei Anlagen mit reduziertem Pflanzenschutz zur Testung der Marssoninaananfälligkeit zu pflanzen. Am Strickhof in Winterthur (ZH) wurden im Frühjahr 2016 27 Sorten à 4-5 randomisierten Bäumen umveredelt. Am LZSG in Flawil (SG) wurden im März 2017 38 Sorten à 6 Bäume in Blöcken gepflanzt.

Bis im Herbst 2018 gab es keinen Marssoninabefall in beiden Parzellen. Ab 2019 wurden verschiedene Feldinokulationsmethoden mit befallenem Laub

ausprobiert. Das Aufhängen von mit infiziertem Laub gefüllten Kartoffsäcken in der Baumkrone erwies sich als die erfolgreichste Methode. So wurden in Flawil 2 Bäume pro Block (je 6 Bäume) inokuliert, und die Entwicklung des Befalls auf inokulierten Bäumen und auch die Verteilung der Krankheit auf den Nachbarbäume beobachtet. In Wülflingen stehen die Bäume randomisiert. Es wurde ein Sack zwischen je 2 Bäume gehängt, damit jeder Baum gleich inokuliert wird. 2020 gab es einen klaren Befall im Feld und die erste Bonitur konnte durchgeführt werden. Jeder Baum wurde einzeln beobachtet und von 1 bis 9 bonitiert (siehe Einzelbaumboniturskala S.18). Der Sortenunterschied war im Feld gut sichtbar und korrelierte gut mit den Beobachtungen im Gewächshaus.

In der Parzelle am Strickhof hat die Inokulation im Frühling 2020 nicht funktioniert. Die Bäume wurden daher im August mit frischem, befallenem Laub neu inokuliert. Deswegen gibt es vor September 2020 keine Ergebnisse (Abb. 10 S.20). 2021 war der Befall schon im Juli sehr klar. Ab August waren alle Bäume stark befallen. Es wurde entschieden keine weitere Bonitur im September durchzuführen, da der Unterschied zwischen den Sorten nicht mehr sichtbar war.

Die Inokulation der Parzelle am LZSG im Oktober 2019 hat sehr gut funktioniert und hat 2020 zu gut auswertbaren Ergebnissen geführt: die Entwicklung der Krankheit während der Saison war einfach verfolgbar und Unterschiede zwischen den Sorten deutlich (Abb. 11 S. 21). 2021 gab es leider (trotz erneuerter Inokulation der Parzelle im Herbst 2020) am LZSG keinen Befall. Der Grund ist bis jetzt noch nicht klar. Beide Parzellen wurden im Herbst 2021 für die Saison 2022 neu inokuliert.

Die Felderfahrung 2021 mit sehr hohem Befall hat gezeigt, wie limitiert die Skala den Befall beschreiben kann. Es wird nämlich nur der befallene Anteil des Baumes beobachtet, jedoch nicht der Prozentsatz an kahlen Stellen der Krone, also der Blattfall. Manche Bäume können die Höchstnote 9 bekommen, auch wenn das Laub noch hängt. Diese Ergebnisse berücksichtigen also den Blattfall nicht. Eine Feldbeobachtung über die Garnierung der Krone wurde ab 2022 auch miteinbezogen, um die Anfälligkeit der Sorte zu beurteilen.

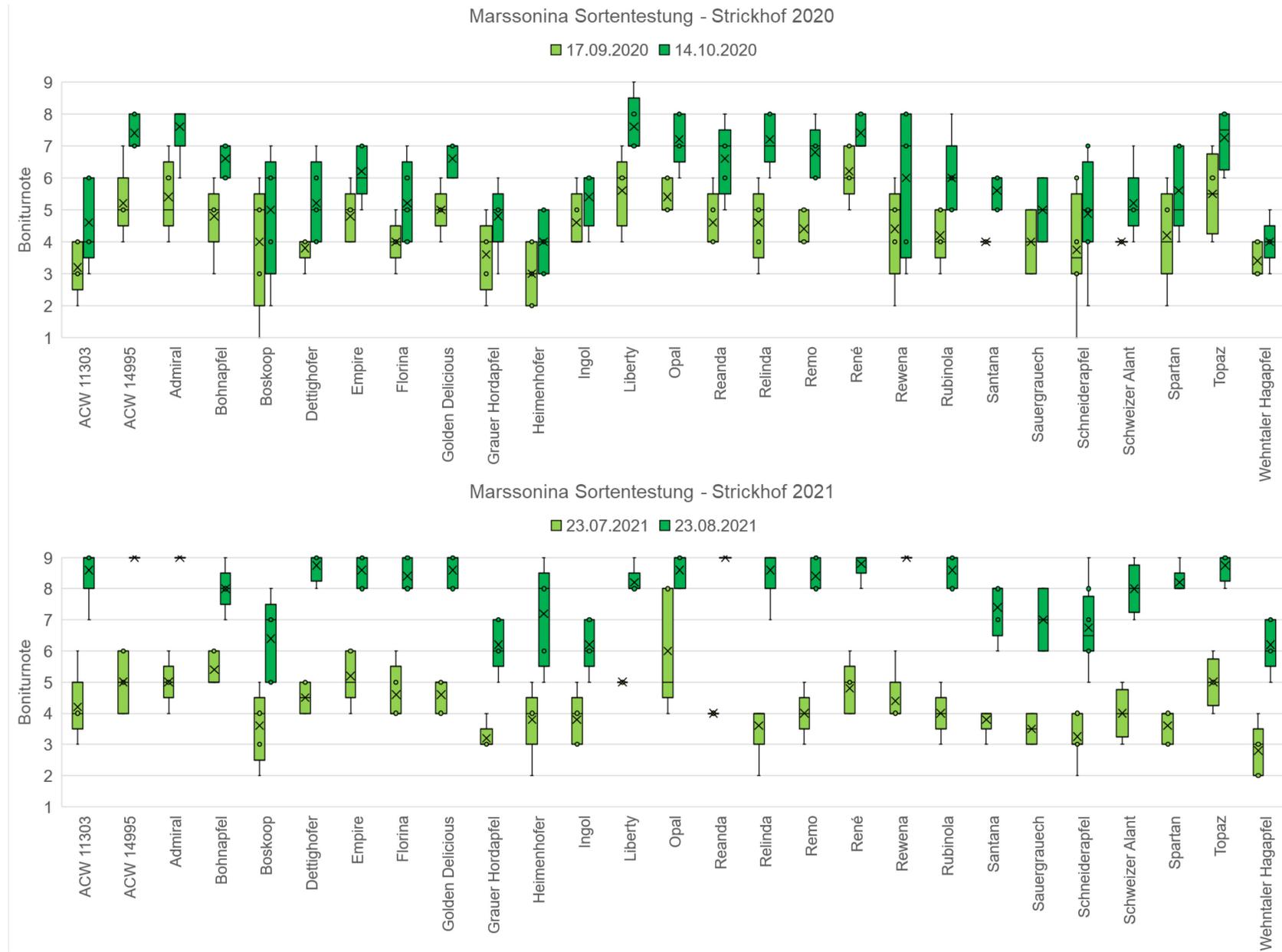


Abbildung 10: Ergebnisse Marssonina Sortentestung am Strickhof 2020 (oben) und 2021 (unten)

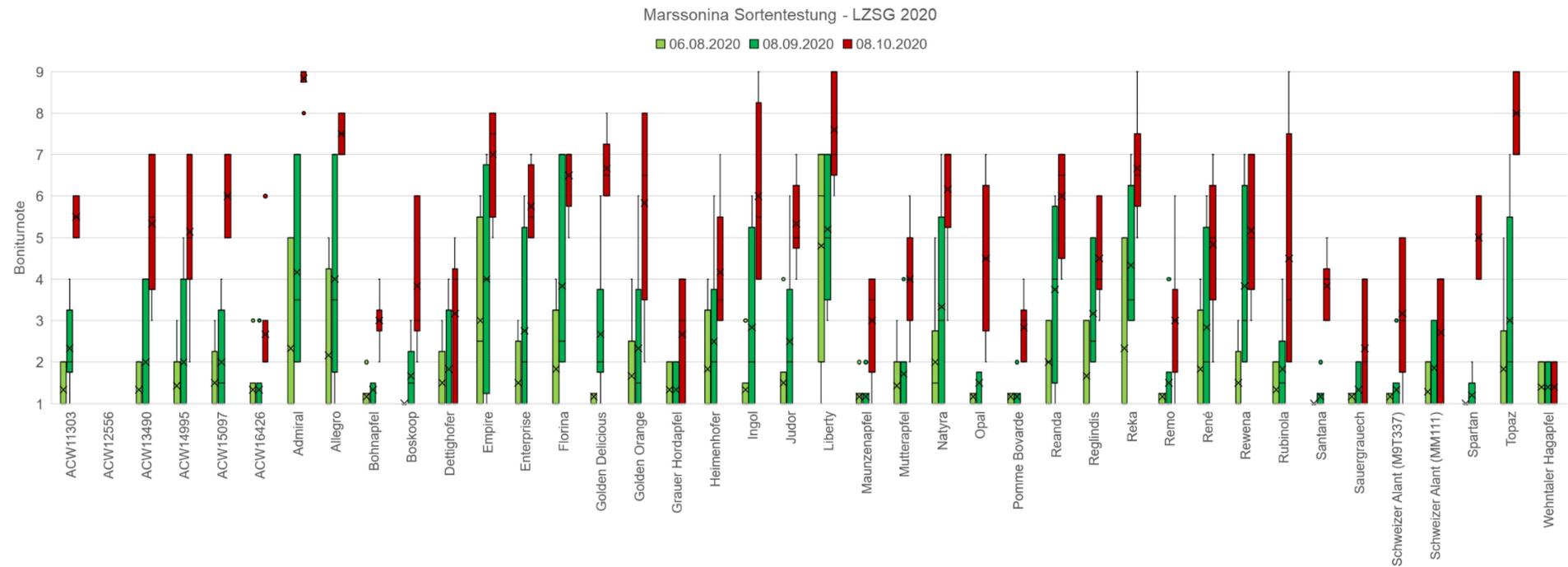


Abbildung 11: Ergebnisse Marssonina Sortentestung am LZSG 2020

2.6.3 Zusammenfassung Sortentestung

Anhand der Ergebnisse aus nur zwei Jahren Feldtestung wurde entschieden, noch keine Anfälligkeitseinstufung aller getesteten Sorten durchzuführen. Nur die Hauptsorten des Projekts werden aufgrund dieser Ergebnisse, nach der Testung im Gewächshaus und anderer Feld- und Produzentenerfahrungen, provisorisch von resistent (1) bis sehr hoch anfällig (9) beurteilt. Diese Einstufung orientiert sich an der Beurteilung der Anfälligkeit gegen andere Krankheiten, wie Schorf und Mehltau, und ist in der Tabelle 21 (Seite 83) zu finden.

Alle Ergebnisse zur Sortentestung gegen Marssonina sind in Tabelle 4 dargestellt. Da jede Serie, bzw. jedes Jahr, anders ist, ist ein direkter Vergleich der Resultate untereinander schwierig. Deshalb wurde der Befall jeder Sorte mit dem durchschnittlichen Befall der Referenzsorte Topaz in Prozent verglichen.

Unter den getesteten Sorten konnte bisher keine resistente oder robuste Sorte gegen die Marssonina-Blattfallkrankheit gefunden werden, jedoch scheinen einzelne Sorten weniger anfällig als andere zu sein.

Fazit Sortenanfälligkeit

- Deutliche Sortenunterschiede wurden sowohl im Gewächshaus als auch im Feld beobachtet
- Keine Sorte bleibt frei von Symptomen: keine resistente Sorte gefunden
- Es gibt einzelne wenige Sorten welche länger grünes Laub behalten als andere
- Die am häufigsten gepflanzten Sorten zeigen sich leider als anfällig bis sehr anfällig

Tabelle 4: Zusammenfassung aller Ergebnisse der Sortentestung gegen Marssonina von 2017 bis 2021, die Bonitur wurde im Gewächshaus anders als im Feld durchgeführt. Jeder Wert wurde mit der Boniturnote von Topaz verglichen (100%) und nach der folgenden Farbskala gefärbt: 0-20 % **sehr niedrig**, 21-40% **niedrig**, 41-60% **mittel**, 61-80% **hoch**, 81-100% **sehr hoch**, >100% **extrem**

| Sorte | Triebtestung im Gewächshaus (durchschnittlicher DSI in % und vs. Topaz) | | | | | | | | | | Feldbefall (durchschnittlicher Abschluss Boniturnote /9 und vs. Topaz) | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|--|------------|-----|-----------|-----|---|---|-----|---|-----|---|-----|
| | Anzahl Testung | 2017 | | | | 2018 | | | | | Anzahl Testung | LZSG | | Strickhof | | | | | | | | |
| | | 1. Serie | 2. Serie | 1. Serie | 2. Serie | 3. Serie | 4. Serie | 5. Serie | 08.10.2020 | 14.10.2020 | | 23.08.2021 | | | | | | | | | | |
| Topaz (Referenz) | 7 | 92 | 100 | 45 | 100 | 52 | 100 | 45 | 100 | 60 | 100 | 73 | 100 | 79 | 100 | 3 | 8 | 100 | 7 | 100 | 9 | 100 |
| ACW 11303 | 3 | 66 | 71 | | | 46 | 88 | | | | | | | 57 | 71 | 3 | 6 | 69 | 5 | 63 | 9 | 98 |
| ACW 12556 | 1 | 65 | 71 | | | | | | | | | | | | | 1 | 5 | 67 | | | | |
| ACW 13490 | 1 | 61 | 66 | | | | | | | | | | | | | 1 | 5 | 67 | | | | |
| ACW 14995 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 5 | 64 | 7 | 102 | 9 | 103 |
| ACW 15097 | 1 | 66 | 72 | | | | | | | | | | | | | 1 | 6 | 75 | | | | |
| ACW 16426 | 2 | 81 | 88 | | | | | | | | | 68 | 92 | | | 1 | 3 | 33 | | | | |
| Adamsparmäne | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Admiral | 2 | | | | | 38 | 73 | | | | | | | | | 3 | 9 | 110 | 8 | 105 | 9 | 103 |
| Ariane | 2 | | | 19 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allegro | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 8 | 94 | | | | |
| Birnapfel | 2 | | | 21 | 47 | | | | | | | 59 | 81 | | | | | | | | | |
| Bohnapfel | 3 | 58 | 63 | | | | | 16 | 34 | | | | | 54 | 68 | 3 | 3 | 38 | 7 | 91 | 8 | 91 |
| Boskoop | 3 | 67 | 73 | | | 25 | 49 | | | | | 63 | 85 | | | 3 | 4 | 48 | 5 | 69 | 6 | 73 |
| Dalinette | 2 | | | 34 | 76 | | | | | | | 53 | 72 | | | | | | | | | |
| Danziger Kantapfel | 2 | | | 8 | 19 | | | | | | | 54 | 74 | | | | | | | | | |
| Dettighofer | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 40 | 5 | 72 | 9 | 100 |
| Empire | 2 | | | | | 32 | 62 | | | | | 65 | 88 | | | 3 | 7 | 88 | 6 | 86 | 9 | 98 |
| Enterprise | 3 | 76 | 83 | | | 20 | 39 | | | | | | | 77 | 96 | 1 | 6 | 72 | | | | |
| Florina | 1 | | | | | | | | | 57 | 96 | | | | | 3 | 7 | 81 | 5 | 72 | 8 | 96 |
| Gala Galaxy | 2 | | | 15 | 34 | | | | | | | 59 | 99 | | | | | | | | | |
| Glockenapfel | 2 | 49 | 53 | | | | | | | | | 46 | 77 | | | | | | | | | |
| Golden Delicious | 2 | | | 47 | 104 | | | | | | | 66 | 90 | | | 3 | 7 | 83 | 7 | 91 | 9 | 98 |
| Golden Orange | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 6 | 73 | | | | |
| Grauer Hordapfel | 2 | | | | | | | 24 | 54 | | | | | 49 | 61 | 3 | 3 | 33 | 5 | 66 | 6 | 71 |
| Gravensteiner | 2 | | | 17 | 38 | | | | | | | 66 | 89 | | | | | | | | | |
| Heimenhofer | 3 | 72 | 77 | | | | | 32 | 71 | | | | | 69 | 87 | 3 | 4 | 52 | 4 | 55 | 7 | 82 |

| Sorte | Triebtestung im Gewächshaus (durchschnittlicher DSI in % und vs. Topaz) | | | | | | | | Feldbefall (durchschnittlicher Abschluss Boniturnote /9 und vs. Topaz) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|------------|------------|------------|----|----|-----|----|-----|----|
| | Anzahl Testung | 2017 | | 2018 | | | 4. Serie | 5. Serie | Anzahl Testung | LZSG | | Strickhof | | | | | | |
| | | 1. Serie | 2. Serie | 1. Serie | 2. Serie | 3. Serie | | | | 08.10.2020 | 14.10.2020 | 23.08.2021 | | | | | | |
| Ingol | 2 | | | 51 | 99 | | 64 | 86 | 3 | 6 | 75 | 5 | 74 | 6 | 71 | | | |
| Jerseyred | 2 | | 31 | 68 | | | 63 | 105 | | | | | | | | | | |
| Judor | | | | | | | | | 1 | 5 | 67 | | | | | | | |
| Liberty | 2 | | | | 43 | 95 | | | 60 | 76 | 3 | 8 | 95 | 8 | 105 | 8 | 94 | |
| Maunzenapfel | 2 | | 31 | 68 | | | | | 53 | 72 | 1 | 3 | 38 | | | | | |
| Mutterapfel | | | | | | | | | 1 | 4 | 50 | | | | | | | |
| Natyra | | | | | | | | | 1 | 6 | 77 | | | | | | | |
| Opal® | 2 | | | 36 | 69 | | | | 67 | 85 | 3 | 5 | 56 | 7 | 99 | 9 | 98 | |
| Pomme Bovarde | | | | | | | | | 1 | 3 | 35 | | | | | | | |
| Reanda | 2 | | | 41 | 78 | | | | 73 | 100 | 3 | 6 | 75 | 7 | 91 | 9 | 103 | |
| Reglindis | 3 | 82 | 89 | 33 | 64 | | | | 63 | 79 | 1 | 5 | 56 | | | | | |
| Reka | 3 | 96 | 103 | 33 | 64 | | | | 81 | 102 | 1 | 7 | 83 | | | | | |
| Relinda | 3 | | 12 | 28 | 27 | 52 | | | 82 | 103 | | | 7 | 99 | 9 | 98 | | |
| Remo | 3 | 84 | 91 | 14 | 28 | | | | 85 | 107 | 3 | 3 | 38 | 7 | 94 | 8 | 96 | |
| René | 2 | | | 33 | 64 | | | | 73 | 92 | 3 | 5 | 60 | 7 | 102 | 9 | 101 | |
| Resi | 1 | | 12 | 27 | | | | | | | | | | | | | | |
| Retina | 1 | | 24 | 52 | | | | | | | | | | | | | | |
| Rewena | 3 | 79 | 86 | 21 | 40 | | | | 67 | 91 | 3 | 5 | 65 | 6 | 83 | 9 | 103 | |
| Rubinola | 1 | | | | | | 69 | 116 | | | 3 | 5 | 56 | 6 | 83 | 9 | 98 | |
| Rustica | 4 | | | 31 | 60 | 34 | 75 | 57 | 96 | | 58 | 73 | | | | | | |
| Santana | 2 | | 14 | 31 | | | | 35 | 58 | | 3 | 4 | 48 | 6 | 77 | 7 | 85 | |
| Sauergrauech | 3 | 55 | 59 | | | 20 | 44 | | | 70 | 88 | 3 | 2 | 29 | 5 | 69 | 7 | 84 |
| Schneiderapfel | 3 | 49 | 53 | | | 33 | 73 | | | 51 | 64 | | | 5 | 67 | 7 | 75 | |
| Schweizer Alant | 1 | | | 25 | 47 | | | | | | | 3 | 3 | 37 | 5 | 72 | 8 | 91 |
| Spartan | 2 | 79 | 86 | | | | | 47 | 80 | | | 3 | 5 | 63 | 6 | 77 | 8 | 94 |
| Wehntaler Hagapfel | 3 | | 12 | 27 | | 23 | 50 | | | 56 | 71 | 3 | 1 | 18 | 4 | 55 | 6 | 71 |
| Weisse Kanada | | | 6 | 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| Reinette | 2 | | | | | | 52 | 88 | | | | | | | | | | |

2.7 Pflanzenschutz- Versuche

2.7.1 Im Gewächshaus

Im Rahmen einer Bachelorarbeit in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich 2016-2017 wurden mehrere Pflanzenschutzmittel (PSM) gegen Marssonina im Gewächshaus getestet. Captan, Syllit, Slick, Myco-Sin, Delan und Curenox 50 WG wurden in der für die Schorfbekämpfung bewilligten Dosierung auf kleine Topaz Pflanzen aufgesprüht. Die Kontrollpflanzen wurden ausschliesslich mit Wasser behandelt. Die Inokulation erfolgte mit einer Marssoninasporenlösung, wie beim Versuch der Sortenanfälligkeit im Gewächshaus. Die Pflanzen wurden 8 Wochen nach der Inokulation anhand einer Skala von 1 bis 5 (siehe Gewächshauskala S. 18) bonitiert (detailliertes Protokoll und Ergebnisse im 2. Zwischenbericht HERAKLES Plus, Schöneberg A. *et al.* 2019).

In der ersten Serie zeigten die chemisch-synthetischen Produkte Captan, Syllit, Slick und Delan einen signifikant niedrigeren Krankheitsindex als die Kontrollbäume, in der zweiten Serie nur noch Captan und Slick (Abb. 12). Die Produkte Myco-Sin und Curenox 50 WG wiesen tendenziell weniger Befall auf als die Kontrollpflanzen, auch wenn der Unterschied nicht signifikant war.

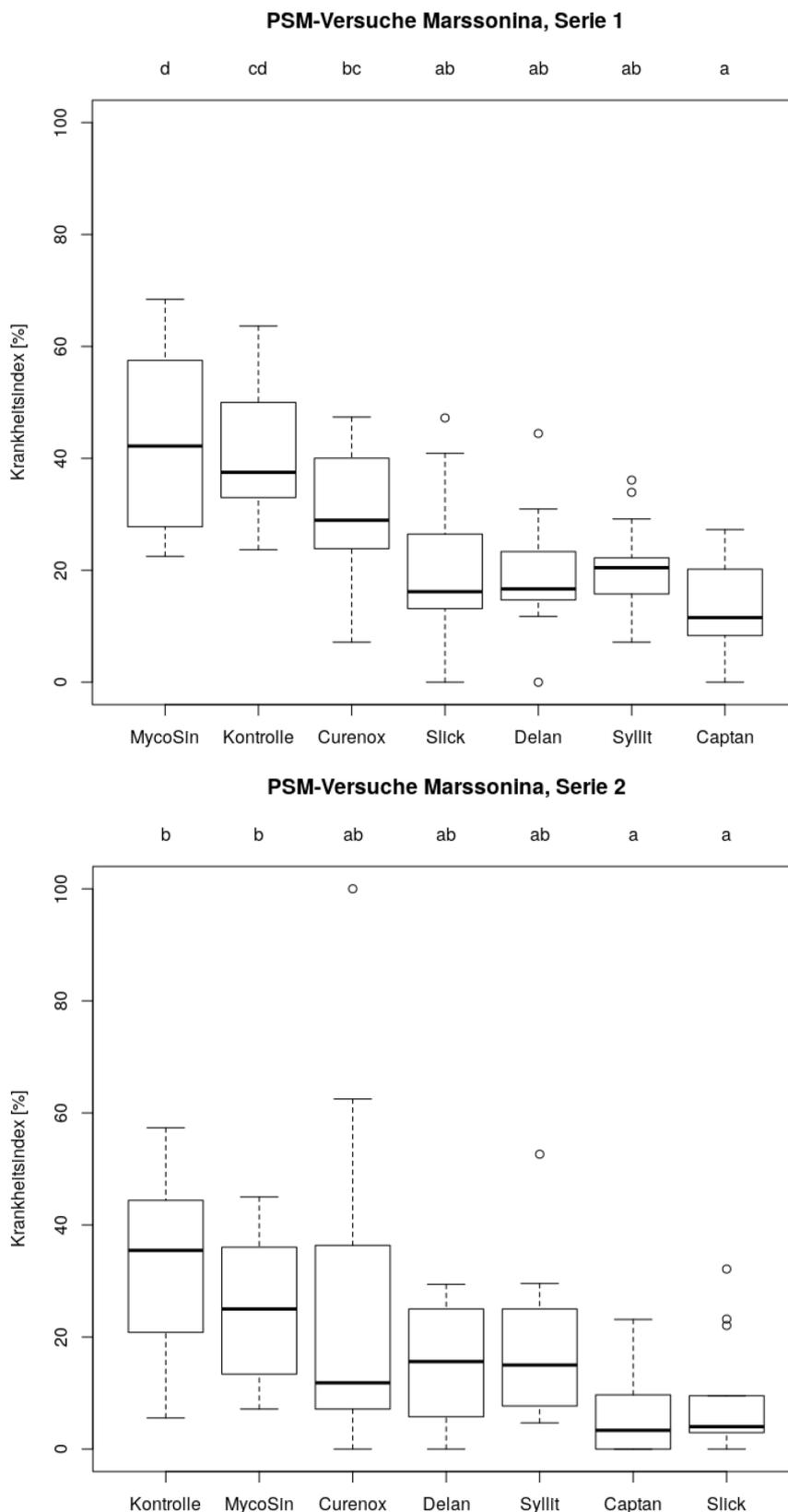


Abb. 12: Marssoninabefall auf Topfbäumen der Sorte Topaz nach künstlicher Inokulation und Behandlung mit verschiedenen Fungiziden: Captan (Captane 0.15%), Curenox 50 WG (Kupfer-Oxichlorid 0.2%), Delan (Dithianon 0.05%), Myco-Sin (Schwefelsaure Tonerde, Schachtelhalmextrakt 0.5%), Slick (Difenoconazol 0.015%), Syllit (Dodine 0.12%). Oben 2016, Unten 2017.

2.7.2 Im Feld

Von 2017 bis 2020 wurden PSM-Versuche in einer Hochstammparzelle in Roggwil (TG) durchgeführt. Dort war schon vor Versuchsbeginn Marssonina nachgewiesen worden. Die Parzelle ist ideal für PSM-Versuche ausgelegt, da sie sechs Baumreihen derselben Sorte Jerseyred hat. Diese wurden in vier gleichmässige Blöcke unterteilt (Abb. 13). Nebenan stehen noch zwei Bäume derselben Sorte und aus demselben Pflanzjahr, welche als Kontrollbäume gelten. Diese wurden jedes Jahr nur einmalig zum Austrieb behandelt.

Jedes Jahr wurden die Bäume über die ganze Saison 6- bis 8-mal mit den jeweiligen Versuchsstrategien behandelt. Die getesteten Strategien sind in der Tabelle 5 dargestellt. 10 Bäume pro Block wurden markiert und der Befall wurde nach der Einzelbaumbonitur-Skala von August bis zur Ernte monatlich erhoben. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 14 bis 17 dargestellt.

Es wurden im Rahmen des Projekts HERAKLES Plus und der Vorgängerprojekte auch weitere PSM-Versuche in weiteren Anlagen durchgeführt. Die Ergebnisse der Versuche sind in der Tabelle 6 zusammengefasst. Für jedes getestete Produkt wurden die Vor- und Nachteile

aufgelistet. Die hier beschriebenen Informationen gelten nur für die getesteten Feldbedingungen. Bei anderen Wetterverhältnissen, Anlagen oder Sorten kann die Wirksamkeit der getesteten Produkte variieren.

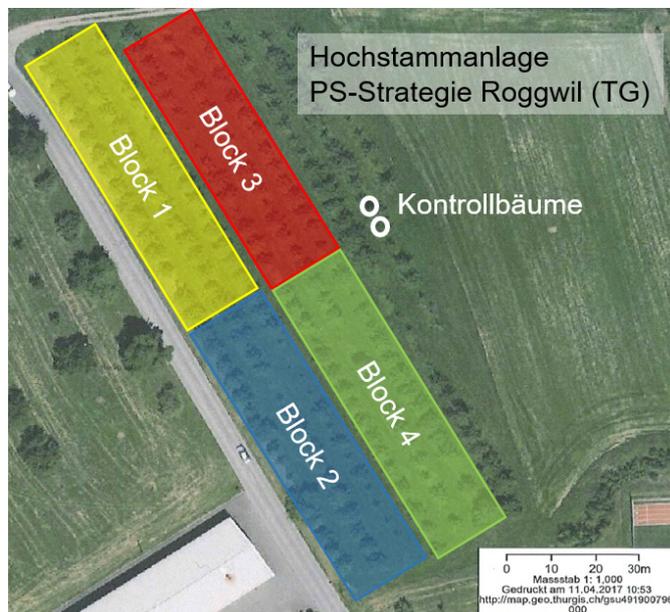


Abbildung 13: Luftaufnahme der Hochstammanlage in Roggwil (TG) und die Verteilung der verschiedenen PS-Blöcke von 2017 bis 2020.

Tabelle 5: Übersicht der ausgebrachten Fungizide von 2017 bis 2020 auf den unterschiedlichen Blöcken der Anlage in Roggwil im Rahmen der PS-Versuche gegen Marssonina (MS=Myco-Sin, NS=Netzschwefel)

| Jahr | Block 1 | Block 2 | Block 3 | Block 4 |
|------|--------------------------------------|--|--|--|
| 2017 | Moon Privilege 0.01% + Delan 0.03% | Slick 0.015% + Delan 0.03% | Syllit 0.12% 2x, dann MS 0.5% + NS 0.3% 1x | MS 0.5% + NS 0.3% |
| 2018 | MS 0.5% + NS 0.3% | Syllit 0.12% 2x, dann MS 0.5% + NS 0.3% 1x | Slick 0.015% + Delan 0.03% | Curatio 1.2% |
| 2019 | Slick 0.015% + Delan 0.03% | MS 0.5% + NS 0.3% | Curatio 1.2% | Syllit 0.12% 2x, dann MS 0.5% + NS 0.3% 1x |
| 2020 | Syllit 0.12%, Captan 0.15% + NS 0.3% | | MS 0.5% + NS 0.3% | |

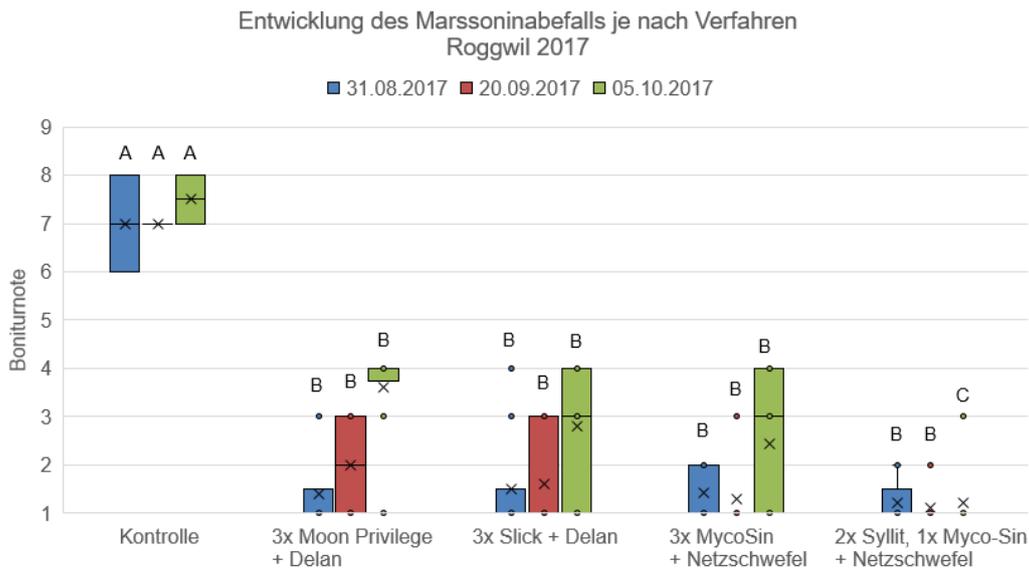


Abbildung 14: Ergebnisse der PSM-Versuche gegen Marssonina, Roggwil (TG) 2017. Das Kreuz in den Boxplots entspricht dem durchschnittlichen Befall. Je länger die Boxplots sind, desto grösser war die Streuung der Boniturnote innerhalb eines Verfahrens. Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben unterschieden sich signifikant voneinander (Test Kruskal-Wallis und Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 14 sind die Ergebnisse der PSM-Versuche aus Roggwil von 2017 dargestellt. 2017 waren die Kontrollbäume schon im August stark befallen und ein Teil der Krone war bereits entlaubt. Dagegen blieben die behandelten Bäume länger gesund. Auch

wenn am Ende der Saison alle befallen waren, gab es immer einen signifikanten Unterschied zur Kontrolle. Die Variante mit Syllit zeigte die beste Wirksamkeit. Die Variante mit Moon Privilege unterschied sich hier nicht signifikant von den anderen Verfahren.

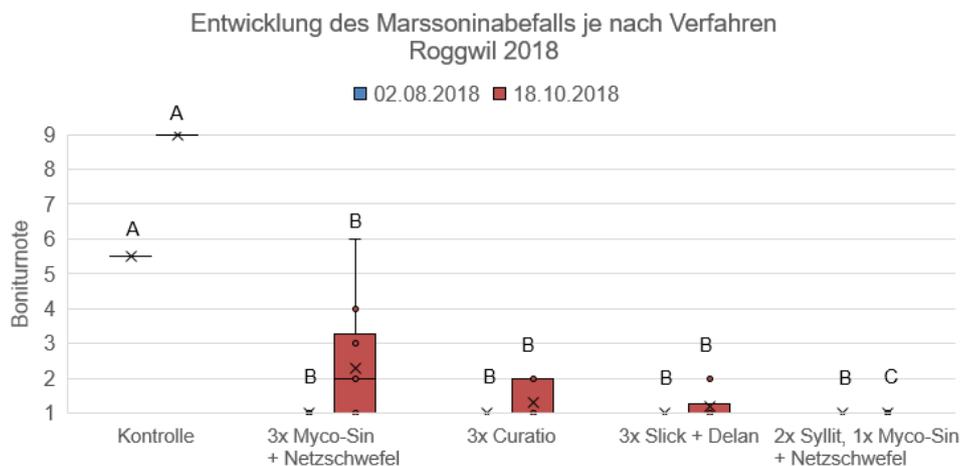


Abbildung 15: Ergebnisse der PSM-Versuche, Roggwil (TG) 2018

2018 war ein trockenes Jahr mit ungünstigen Bedingungen für Marssonina. Die Kontrollbäume waren im August weniger befallen als 2017 in derselben Periode. Die behandelten Bäume waren im August symptomfrei. Im Oktober vor der Ernte gab es wenig Befall. Der Block, der mit Myco-Sin behandelt wurde, zeigte den höchsten Befall, gefolgt von den Blöcken mit Curatio und Slick plus Delan. Das Verfahren mit Syllit zeigte

wiederum die beste Wirksamkeit. Die schlechtere Wirksamkeit von Myco-Sin im Vergleich zu 2017 kann mit dem Vorjahresbefall im selben Block erklärt werden. Auch in den darauffolgenden Jahren wurde beobachtet, dass der Befall dort stets höher lag. In der Tat gibt es jeweils eine lange tägliche Schattenperiode in diesem Bereich der Parzelle.

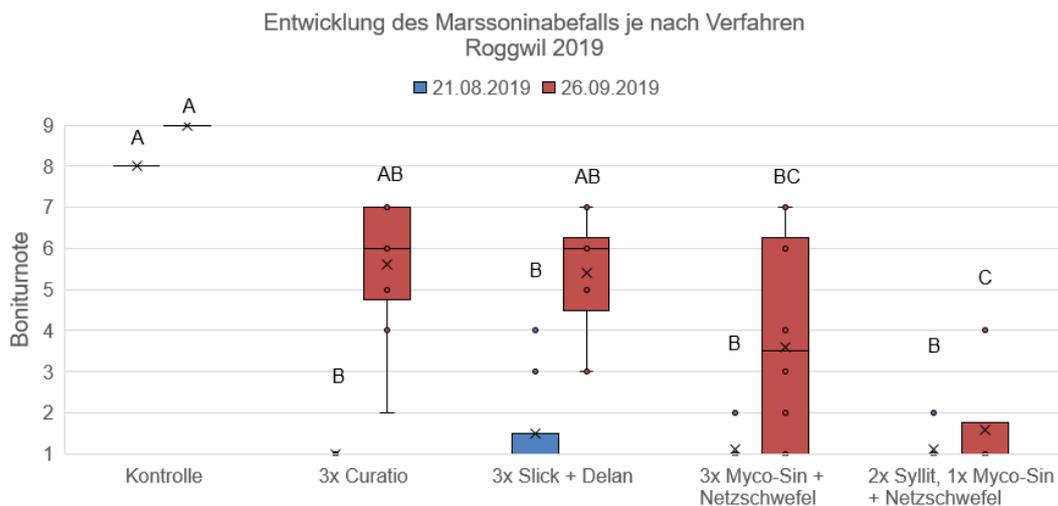


Abbildung 16: Ergebnisse der PSM-Versuche, Roggwil (TG) 2019

2019 waren die Wetterbedingungen wieder günstiger für die Entwicklung des Pilzes. Schon im August waren die Kontrollbäume sehr stark befallen. Dagegen waren die behandelten Bäume fast frei von Symptomen. Ein Monat später waren aber nahezu alle Bäume befallen. Den niedrigsten Befall zeigten die mit Syllit behandelten Bäume: sie hatten nur ein paar befallene Laub-Nester.

Die Bäume im Verfahren Curatio waren am stärksten befallen und waren mit den Bäumen des Verfahrens mit Slick und Delan vergleichbar. Die mit Myco-Sin behandelten Bäume zeigten eine sehr unterschiedliche Entwicklung des Pilzes, im Durchschnitt waren sie trotzdem weniger befallen als die zwei vorher erwähnten Varianten (Detaillierte Ergebnisse Gravalon P. et al., 2020).

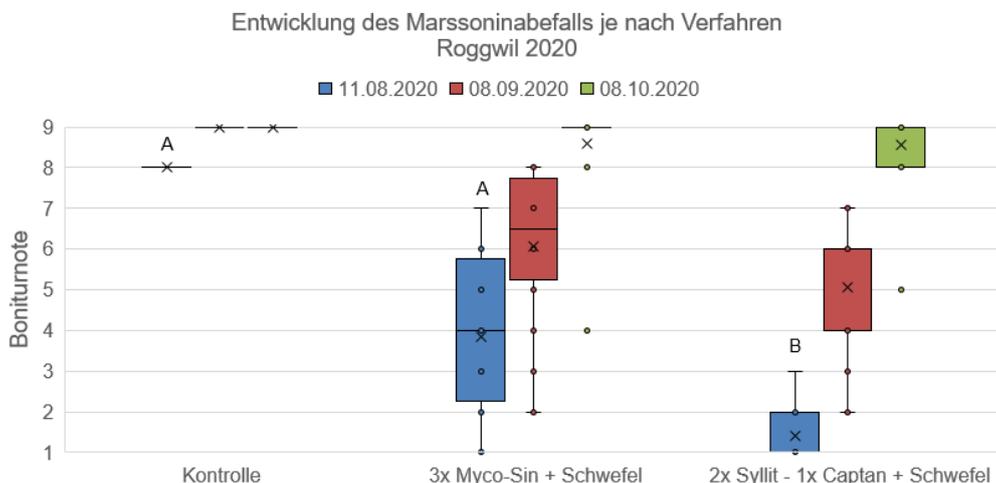


Abbildung 17: Ergebnisse der PSM-Versuche gegen Marssonina, Roggwil (TG) 2020

2020 war ein Jahr mit starkem Befall. Die Kontrollbäume waren schon im September entlaubt. Im Vergleich mit den vorherigen Versuchsjahren waren die behandelten Bäume schon im August stark befallen. Die mit Syllit behandelte Variante war trotzdem deutlich weniger betroffen als jene mit Myco-Sin. Ab der zweiten Bonitur im September unterschieden sich die Varianten nicht mehr signifikant voneinander. Im Oktober waren auch die mit

Syllit behandelten Bäume stark befallen. Auf der Skala ist die Entlaubung aber nicht sichtbar. In der mit Myco-Sin behandelten Strategie waren mehr Baumkronen teilweise oder vollständig entlaubt. Auch das bisher wirksamste Produkt Syllit zeigte bei zu starkem Befallsdruck eine ungenügende Wirksamkeit (Detaillierte Ergebnisse Gravalon P. et al., 2021).

Tabelle 6: Zusammenfassung PSM-Versuche gegen Marssonina und Wirksamkeit der getesteten Produkte. Produkte immer in der zur Apfelschorfbekämpfung bewilligter Dosierung angewendet. TW=Teilwirkung, sonst Vollwirkung. BB = Betriebsbehandlung, Variante = getestetes Produkt.

** diese Parzelle wurde seit 2000 nicht mit PSM behandelt. Der Marssoninadruck ist dort sehr hoch.

NB: Für Versuchszwecke wurden die Produkte manchmal öfter als bewilligt angewendet, um die reine Wirksamkeit zu testen. Dafür verfügt Agroscope über eine spezielle Bewilligung.

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|--------------------------------|--|--|--|---|--|---|---|
| Captan <i>Captan</i> | 2016 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Sehr gut | Beste Variante der Serie |
| | 2017 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Sehr gut | Beste Variante der Serie, vergleichbar mit Slick |
| | 2015 Niederstamm Wädenswil (ZH) | Pilz stark etabliert in der Anlage** | 06 3x Variante 07-08 3x Myco-Sin | Ariwa Boskoop Idared Milwa | Befallshäufigkeit (%) + Blattfall (%) | Ungenügende Wirkung | Sehr hoher Befall, ungenügende Wirksamkeit, vergleichbar mit Moon Privilege |
| | 2020 Niederstamm Wädenswil (ZH) | Feucht Monat 08-09, hoher Erregerdruck | 04-05 2x (05-06 4x Myco-Sin + Netzschwefel) | Ariane Gala Golden Mairac® – La Flamboyante Topaz | Einzelbaumbonitur (1-9) | Ausreichend nur bis Anfang August, reicht nicht mehr im September Mit zusätzlicher Behandlung mit Myco-Sin +Netzschwefel im Sommer waren die Bäume einen Monat länger gesund | Früherer Befall als mit Syllit Sortenunterschied trotzdem sichtbar |
| Zusammenfassung | <p>Allein getestet gute Ergebnisse im Gewächshaus, weniger gut im Feld. Es gibt wirksamere Produkte. Meistens in Kombination behandelt.</p> <p>+ oft verwendbar im Jahr, oft in Kombination mit anderen Fungiziden</p> <p>- geringere Wirkung im Feld beobachtet</p> <p>Applikation am besten am Saisonsende, wenn weniger Produkte bewilligt sind, effizientere Produkte während der ersten Infektionsperiode verwenden</p> | | | | | | |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|--|---|-----------------------------------|--|---|--|--|--|
| Curatio <i>Schwefelkalk</i> | 2018 Hochstamm Roggwil (TG) | Trockenes Jahr, kaum Befall | 04-05 4x BB 05-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Sehr gut | Kaum Befall. Achtung insgesamt 2018 niedriger Befall |
| | 2018 Hochstamm Schönholzerwilen (TG) | Trockenes Jahr, kaum Befall | 04-05 2x BB 06-07 3x Variante | Boskoop (Kontrollbaum in Oktober gestorben, keine Auswertung möglich) Grauer Hordapfel | Einzelbaumbonitur (1-9) | Ausreichend auf Grauer Hordapfel, keine Kontrolle auf Boskoop | Auf Grauer Hordapfel mit Myco- Sin vergleichbar, bei anfälliger Sorte Boskoop besser wirkend als Myco- Sin |
| | 2019 Hochstamm Roggwil (TG) | Mehr Befall als in 2018 | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Ungenügende Wirkung | Reicht nur bis Ende August. Vergleichbar mit Slick + Delan. |
| Zusammenfassung | + keine Einschränkung in Anwendung, im BIO bewilligt - bei hohem Druck keine ausreichende Wirkung, korrosives Produkt, teuer | | | | | | |
| Curenox 50 WG <i>Kupfer-Oxichlorid</i> | 2016 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Ungenügende Wirkung | Leicht weniger als die Kontrolle aber kein signifikanter Unterschied |
| | 2017 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Ungenügende Wirkung | Leicht weniger als die Kontrolle aber kein signifikanter Unterschied |
| Zusammenfassung | + in BIO bewilligt - geringere Wirkung im Gewächshaus beobachtet, keine Erfahrung im Feld | | | | | | |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|--|---|--|--|--|--|---|--|
| Delan <i>Dithianon</i> | 2016 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Gut | Geringe Befallsstreuung, vergleichbar mit Slick und Syllit |
| | 2017 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Ungenügende Wirkung | Weniger Befall als in der Kontrolle, ohne signifikanten Unterschied Vergleichbar mit Syllit |
| | 2015 Niederstamm Wädenswil (ZH) | Pilz stark etabliert in der Anlage** | 06 3x Variante 07-08 3x Myco-Sin | Ariwa Boskoop Idared Milwa | Befallshäufigkeit (%) + Blattfall (%) | Gut Bessere Wirkung bei robusten Sorten | Beste Variante dieser Serie, wobei der Befall insgesamt sehr hoch war |
| | 2016 Niederstamm Wädenswil (ZH) | Pilz noch nicht stark in der Anlage etabliert | 05-07 6x Variante | Mairac® – La Flamboyante Rustica Topaz | Befallshäufigkeit (%) | Gut | Vergleichbar mit Myco-Sin Kaum Befall in der Parzelle, ausser in der Kontrolle |
| Zusammenfassung | + gute Wirksamkeit im Feld beobachtet, empfohlen gegen die Primärinfektion - begrenzte Anwendung, nur im Frühling, keine Erfahrung auf Hochstamm solo appliziert | | | | | | |
| Flint <i>Trifloxystrobin</i> | 2015 Hochstamm Mörschwil (SG) + Captan | Parzelle immer stark befallen (feuchte Lage) | 04-05 3x BB 06 3x Variante 07-09 5x Myco-Sin + Netzschwefel | Bohnapfel Boskoop Schneiderapfel | Befallshäufigkeit (%) + Befall Krone (%) | Keine Wirksamkeit | Stark befallene Parzelle. Keine Variante in diesem Versuch war wirksam. |
| Zusammenfassung | Zu wenig Erfahrung | | | | | | |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|---|--|--|--|--|--|--------------------------------|---|
| Moon Privilege <i>Fluopyram</i> | 2015 Hochstamm Mörschwil (SG) + Captan | Parzelle immer stark befallen (feuchte Lage) | 04-05 3x BB 06 3x Variante 07-09 5x Myco-Sin + Netzschwefel | Bohnapfel Boskoop Schneiderapfel | Befallshäufigkeit (%) + Befall Krone (%) | Keine Wirksamkeit | Stark befallene Parzelle. Keine Variante in diesem Versuch war wirksam. |
| | 2015 Niederstamm Wädenswil (ZH) | Pilz stark etabliert in der Anlage** | 06 3x Variante 07-08 3x Myco-Sin | Ariwa Boskoop Idared Milwa | Befallshäufigkeit (%) + Blattfall (%) | Ungenügende Wirkung | Sehr hoher Befall insgesamt, geringe Wirksamkeit, vergleichbar mit Captan |
| | 2016 Niederstamm Wädenswil (ZH) + Delan | Pilz noch nicht stark in der Anlage etabliert | 05-06 4x Variante 06-07 2x Delan | Mairac® – La Flamboyante Rustica Topaz | Befallshäufigkeit (%) | Sehr gut | Beste Variante mit Slick, kein Befall Kaum Befall in der Parzelle ausser in der Kontrolle |
| | 2016 Hochstamm Mörschwil (SG) + Delan | Parzelle immer stark befallen (feuchte Lage) | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante 08-09 2x BB | Bohnapfel Boskoop Schneiderapfel | Befallshäufigkeit, Entblätterung der Krone und abgefallene Blätter (%) geschätzt | Keine Wirksamkeit | Stark befallene Parzelle. Keine Variante in diesem Versuch war wirksam. |
| | 2017 Hochstamm Roggwil (TG) + Delan | Pilz vorhanden in der Anlage | 03-05 4x BB 06-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Blattfall (%) und Einzelbaumbonitur (1-9) | Gut | Vergleichbar mit den Varianten mit Slick und Myco-Sin. Variante stand im am stärksten betroffenen Bereich der Parzelle. |
| Zusammenfassung | + bewilligt gegen mehrere Krankheiten - gute Wirksamkeit nur bei geringem Erregerdruck beobachtet, Anwendung begrenzt | | | | | | |
| Myco-Sin | 2016 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Keine Wirksamkeit | Leicht mehr Befall als in der Kontrolle, starke Streuung |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|---|---|---|---|--|--|--------------------------|--|
| Myco-Sin <i>Schwefelsaure Tonerde, Schachtelhalmextrakt</i> | 2017 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Nicht ausreichend | Leicht weniger Befall als in der Kontrolle aber kein signifikanter Unterschied |
| | 2015 Niederstamm Wädenswil (ZH) | Pilz stark etabliert in der Anlage** | 06-08 6x Variante | Ariwa Boskoop Idared Milwa | Befallshäufigkeit (%) + Blattfall (%) | Keine Wirksamkeit | Insgesamt sehr hoher Befall, kaum Unterschied zur Kontrolle |
| | 2015 Hochstamm Mörschwil (SG) + Netzschwefel | Parzelle immer stark befallen (feuchte Lage) | 04-05 3x BB 06-09 8x Variante | Bohnapfel Boskoop Schneiderapfel | Befallshäufigkeit (%) + Befall Krone (%) | Keine Wirksamkeit | Stark befallene Parzelle. Keine Variante in diesem Versuch war wirksam. |
| | 2016 Niederstamm Wädenswil (ZH) + Netzschwefel | Pilz noch nicht stark in der Anlage etabliert | 05-07 6x Variante | Mairac® – La Flamboyante Rustica Topaz | Befallshäufigkeit (%) | Gut | Leicht weniger gut als die anderen Verfahren Kaum Befall in der Parzelle ausser in der Kontrolle |
| | 2016 Hochstamm Mörschwil (SG) + Netzschwefel | Parzelle immer stark befallen (feuchte Lage) | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante 08-09 2x BB | Bohnapfel Boskoop Schneiderapfel | Befallshäufigkeit, Entblätterung der Krone und abgefallene Blätter (%) geschätzt | Keine Wirksamkeit | Stark befallene Parzelle. Keine Variante in diesem Versuch war wirksam. |
| | 2017 Hochstamm Roggwil (TG) + Netzschwefel | Pilz vorhanden in der Anlage | 03-05 4x BB 06-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Blattfall (%) und Einzelbaumbonitur (1-9) | Gut | Vergleichbar mit den Varianten mit Slick und Moon Privilege |
| | 2018 Hochstamm Roggwil (TG) + Netzschwefel | Trockenes Jahr, kaum Befall | 04-05 4x BB 05-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Gut | Etwas stärker befallen als anderer Block. Variante stand im am stärksten betroffenen Bereich der Parzelle. |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|---|---|---|--|---|--|--|---|
| Myco-Sin <i>Schwefelsaure Tonerde, Schachtelhalmextrakt</i> | 2018 Hochstamm Schönholzerwilen (TG) + Netzschwefel | Trockenes Jahr, kaum Befall | 04-05 2x BB 06-07 3x Variante | Boskoop (Kontrollbaum im Oktober gestorben, keine Auswertung möglich) Grauer Hordapfel | Einzelbaumbonitur (1-9) | Ausreichend auf Grauer Hordapfel, ungenügende Wirkung auf Boskoop | Auf Grauer Hordapfel mit Curatio vergleichbar, bei anfälliger Sorte Boskoop weniger wirksam |
| | 2019 Hochstamm Roggwil (TG) + Netzschwefel | Mehr Befall als 2018 | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Gut | Kaum Befall im August, mehr Befall als Syllit im September |
| | 2020 Hochstamm Roggwil (TG) + Netzschwefel | 08-09 feucht, hoher Erregerdruck | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Ungenügende Wirkung im August keine Wirkung mehr im September | Jahr mit sehr hohem Erregerdruck. Jeder Block der Parzelle im Oktober sehr stark befallen. |
| Zusammenfassung | + meist empfohlenes Produkt im BIO-Anbau, keine Anwendungsbegrenzung: Verlängerung der PS-Strategie im Sommer - z.T. gute Wirksamkeit beobachtet, nicht ausreichend bei hohem Erregerdruck | | | | | | |
| Slick <i>Difenoconazol</i> | 2016 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Gut | Vergleichbar mit Syllit und Delan |
| | 2017 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhandveredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Sehr gut | Sehr wenig Befallstreuung, beste Variante der Serie mit Captan |
| | 2016 Niederstamm Wädenswil (ZH) + Delan | Pilz noch nicht stark in der Anlage etabliert | 05-06 4x Variante 06-07 2x Delan | Mairac® – La Flamboyante Rustica Topaz | Befallshäufigkeit (%) | Sehr gut | Beste Variante mit Moon Privilege, kein Befall Kaum Befall in der Parzelle ausser in der Kontrolle |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|--------------------------------------|---|---|---|---|--|--------------------------------|---|
| Slick <i>Difenoconazol</i> | 2016 Hochstamm Mörschwil (SG) + Delan | Parzelle immer stark befallen (feuchte Lage) | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante 08-09 2x BB | Bohnapfel Boskoop Schneiderapfel | Befallshäufigkeit, Entblätterung der Krone und abgefallene Blätter (%) geschätzt | Keine Wirksamkeit | Stark befallene Parzelle. Keine Variante in diesem Versuch war wirksam. |
| | 2017 Hochstamm Roggwil (TG) + Delan | Pilz vorhanden in der Anlage | 03-05 4x BB 06-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Blattfall (%) und Einzelbaumbonitur (1-9) | Gut | Vergleichbar mit den Varianten mit Myco- Sin und Moon Privilege |
| | 2018 Hochstamm Roggwil (TG) + Delan | Trockenes Jahr, kaum Befall | 04-05 4x BB 05-07 3x Variante 08 1x BB | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Sehr gut | Kaum Befall. Achtung insgesamt 2018 geringer Befall. |
| | 2019 Hochstamm Roggwil (TG) + Delan | Mehr Befall als 2018 | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Ungenügende Wirkung | Reicht nur bis Ende August. Variante stand im am stärksten betroffenen Bereich der Parzelle. |
| Zusammenfassung | + oft vergleichbare Wirkung mit anderen chemisch-synthetischen Produkten, bewilligt gegen mehrere Krankheiten - kann bei hohem Erregerdruck nicht ausreichen, Anwendung begrenzt | | | | | | |
| Syllit <i>Dodine</i> | 2016 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhand- veredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Gut | Wenig Befallstreuung, vergleichbar mit Slick und Delan |
| | 2017 Gewächshaus | Künstliche Inokulation | 1 vor Inokulation | Topaz (Winterhand- veredelungen im Topf) | DSI-Index etwa 8 Wochen nach Inokulation | Ungenügende Wirkung | Weniger Befall als in der Kontrolle, kein signifikanter Unterschied Vergleichbar mit Delan |
| | 2017 Hochstamm Roggwil (TG) | Pilz vorhanden in der Anlage | 03-05 4x BB 06-07 3x Variante (1 ersetzt mit Myco-Sin und Netzschwefel) 08 1x BB | Jerseyred | Blattfall (%) und Einzelbaumbonitur (1-9) | Sehr gut | Beste Variante in diesem Versuch |

| Produkt | Jahr | Inokulum | Behandlung(en) | Sorte(n) | Bonitur | Wirksamkeit | Bemerkungen |
|--------------------------------|---|--|--|--|----------------------------|--|--|
| Syllit <i>Dodine</i> | 2018 Hochstamm Roggwil (TG) | Trockenes Jahr, kaum Befall | 04-05 4x BB 05-07 3x Variante (1 ersetzt mit Myco-Sin und Netzschwefel) 08 1x BB | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Sehr gut | Kein Befall. Achtung insgesamt 2018 geringer Befall. |
| | 2019 Hochstamm Roggwil (TG) | Mehr Befall als 2018 | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante (1 ersetzt mit Myco-Sin und Netzschwefel) | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Sehr gut | Kaum Befall beobachtet |
| | 2020 Niederstamm Wädenswil (ZH) | 08-09 feucht, hoher Erregerdruck | 04-05 2x (05-06 4x Myco-Sin + Netzschwefel) | Ariane Gala Golden Mairac® – La Flamboyante Topaz | Einzelbaumbonitur (1-9) | Sehr gut Mit zusätzlicher Behandlung mit Myco-Sin und Netzschwefel im Sommer waren die Bäume einen Monat länger gesund | Erster Befall im September sogar im Oktober mit zusätzlichen Myco- Sin Behandlungen kaum Befall im Oktober auf robuster Sorte Mairac® – La Flamboyante |
| | 2020 Hochstamm Roggwil (TG) | Feucht 08-09, hohes Erregerdruck | 04-05 3x BB 06-07 3x Variante (1 ersetzt mit Captan) 08 1x BB | Jerseyred | Einzelbaumbonitur (1-9) | Gut bis August keine Wirkung mehr im Oktober | Jahr mit sehr hohem Erregerdruck. Jeder Block der Parzelle im Oktober sehr stark befallen. |
| Zusammenfassung | <p>+ Beste Wirksamkeit in bisherigen Versuchen. Achtung: bei starkem Befallsdruck kann die Wirkung dennoch ungenügend sein!</p> <p>- Anwendung stark begrenzt → Einsatz auf die Primärfektion fokussieren</p> | | | | | | |

Fazit PS-Versuche

- Gegen Schorf bewilligte Produkte können bei geringem Befall eine gute Wirksamkeit gegen Marssonina zeigen
- Bei zu hohem Befall können die PS-Anwendungen bestenfalls nur die Befallsentwicklung bremsen
- Sorten, Pflege und Aufbau/Lage (Durchlüftung, Schatten) der Parzelle haben auch einen Einfluss auf die Wirksamkeit der Produkte (siehe folgendes Kapitel)

2.7.3 Einfluss der Parzelle auf die Ergebnisse der PS-Versuche

Je nach Parzelle war der Marssonina-Befall sehr unterschiedlich und führte zu einer unterschiedlichen Wirksamkeit der Produkte. Zum Beispiel ist die Hochstamm-Parzelle in Mörschwil (SG) jedes Jahr so stark befallen, dass Verfahrensunterschiede im Verlauf der Saison nicht mehr sichtbar sind. PSM-Versuche in dieser Anlage führen zu keinen aussagekräftigen Ergebnissen. Seit 2017 wird die Parzelle daher als Pilotanlage für Marssonina-Sanierung genutzt.

In einer der Niederstammanlagen in Wädenswil (ausser in den nicht behandelten Blöcken) gab es kaum Marssonina Befall. Deswegen zeigten alle Verfahren eine gute Wirksamkeit und kaum Unterschiede untereinander. Ab 2020 wurde der Erregerdruck mit aufgehängten Kartoffelsäcken mit befallenem Laub in den Bäumen erhöht. Die Hochstammanlage in Roggwil (TG) eignet sich sehr gut für solche PSM-Versuche, denn es handelt sich um eine sehr gleichmässige Parzelle. Dort kann auf der anfälligen Sorte Jerseyred der Einfluss des Wetters auf die Entwicklung des Pilzes beobachtet werden. Z.B. trat nach dem trockenen Sommer 2018 kaum Marssonina auf, während 2020 nach einem feuchten August und September eine Explosion des Befalls beobachtet wurde.

Diese Beobachtungen unterstreichen die Wichtigkeit des latenten Befalls in den Anlagen. Der Pilz ist in der Parzelle vorhanden und tritt je nach Wetter unterschiedlich stark auf. Parzellen mit vorherigem starkem Befall sind stärker gefährdet, bei günstigen Wetterbedingungen starken Marssonina-Befall zu entwickeln.

Die Kombination von robusten Sorten und gut wirkenden Produkten hat immer die höchsten Wirkungsgrade erzielt. Bei stark anfälligen Sorten haben die Produkte oft weniger oder gar nicht gewirkt. Die Identifizierung robuster Sorten gegen Marssonina wird entscheidend sein, um eine erfolgreiche Bekämpfungs-strategie zu entwickeln.

2.7.4 Zusammenfassung Wirksamkeit der Produkte

Die zahlreichen PSM-Versuche gegen Marssonina zeigen, dass gegen Schorf bewilligte Produkte auch gute Wirksamkeit gegen Marssonina haben können. Die chemisch-synthetischen Produkte waren meist vergleichbar, wobei Syllit oft am wirksamsten war. Bei zu hohem Erregerdruck war kein Produkt ausreichend wirksam. Wichtiger als die Produktwahl scheint der Anwendungszeitpunkt zu sein (siehe folgende Abschnitt Fensterversuche).

Für den Bioanbau ist die Anzahl wirksamer Produkte sehr beschränkt. Am viel-versprechendsten war Myco-Sin. Alle nicht chemisch-synthetischen Produkte haben meist eine geringere Wirksamkeit gezeigt. Deshalb sind hier die Anwendungszeitpunkte noch wichtiger und es muss häufiger behandelt werden.

Generell ist die Bekämpfung schwieriger, wenn in den Vorjahren bereits starker Befall aufgetreten ist.

2.8 Fensterversuche

Je häufiger in den Versuchen behandelt wurde, desto höher war die Wirksamkeit. Leider kann in extensiven Anlagen die Anzahl Behandlungen nur begrenzt erhöht werden. Um die bestmögliche Wirksamkeit von wenigen Behandlungen zu erreichen, muss das ideale Behandlungsfenster identifiziert werden. Analog zum Schorf lag der Fokus der Fensterversuche zunächst auf der Bekämpfung der ersten Infektionen im Frühling. Dies mit dem Ziel, Marssonina-frei durch das Frühjahr zu kommen und anschliessend auf Sommerbehandlungen zu verzichten.

Ab 2019 wurden in zwei Niederstammanlagen in Wädenswil (ZH) jedes Jahr Versuche zur Ermittlung des optimalen Applikations-zeitpunktes durchgeführt. Leider gab es 2019 so wenig Befall, dass keine Bonitur durchgeführt wurde. Im September 2019 wurden beide Parzellen mit befallenem Laub inokuliert. Einen Monat später gab es überall in der Anlage Marssoninabefall. Seitdem werden die Parzellen jedes Jahr mit befallenem Laub im Herbst inokuliert, um einen gleichmässigen Befall in der Anlage im Folgejahr zu garantieren.

2.8.1 Einfluss von Sommerbehandlungen

Die für die Marssonina-Versuche reservierten Parzellen wurden in den Jahren vor den Fensterversuchen schon extensiv behandelt. Eine dieser Anlagen (Wa104) in Wädenswil (ZH) verfügt über vier Sorten (Ariane, Gala, Mairac®-La Flamboyante und Topaz) mit je zwei Reihen. Zwei

weitere Reihen der Sorte Golden wurden 2020 hinzugefügt. Für jede Sorte wurden die Kontrollbäume nach der Blüte nicht mehr mit Fungiziden behandelt. Dagegen wurden die restlichen Bäume 2-mal entweder mit Syllit oder mit Captan behandelt. Die Hälfte von jedem Block wurde anschliessend 4-mal mit Myco-Sin behandelt. Die ersten Behandlungen fanden kurz nach der Blüte statt (vermutetes erstes Infektionsrisiko). Die Behandlungszeitpunkte wurden nach dem Schorfmodell VM Venturia auf Agrometeo gewählt (Abdeckung Regenereignisse, Tabelle 7, Seite 40).

2020 gab es – dank der Inokulation – Befall und gut sichtbare Unterschiede zwischen den Verfahren und den Sorten (Abb. 19). Auf der Sorte Golden gab es jedoch keinen Befall, vermutlich wegen des intensiveren Fungizidprogramms in den Jahren nach der Pflanzung.

Die mit Syllit behandelten Bäume waren, je nach Sorte, ein bis zwei Monate länger ohne Befall als die mit Captan behandelten. Zusätzliche Myco-Sin Behandlungen bis Ende Juni konnten den Marssonina-Befall noch länger bremsen. Mit Syllit behandelte Bäume zeigten vor der Ernte kaum Befall, wohingegen die nur mit Captan behandelten sich nicht mehr von der unbehandelten Kontrolle unterschieden. In diesem Versuch erreichten 6 gezielte Fungizidbehandlungen von Mai bis Ende Juni eine sehr gute Wirksamkeit gegen Marssonina. In Jahren ohne extremen Erregerdruck sind die PS-Bekämpfungsmassnahmen gut umsetzbar. Eine Verlängerung der PS-Programme bis Anfang Sommer konnte in diesem Jahr die Wirksamkeit bis zur Ernte sichern.

2.8.2 Kaum Unterschied zwischen Frühlings- und Sommerbehandlungen

In einer kleineren Niederstammanlage (Wa108 Wädenswil ZH) mit drei Sorten (Mairac®, Rustica und Topaz, je eine Reihe) wurden 2020 und 2021 kleinere Fensterversuche durchgeführt. Untersucht wurde, wann die Applikationen gegen Marssonina am effizientesten sind: Am Anfang oder Ende der Schorfprimärsaison. Die Parzelle wurde dafür 2020 in drei Blöcke unterteilt: 1) unbehandelt nach der Blüte, 2) 2 Applikationen nach der Blüte (Ende April-Anfang Mai) 3) 2 Applikationen im Frühsommer (Ende Mai-Anfang Juni) (siehe Tabelle 8).

2020 waren die Kontrollbäume ab Mitte August stärker befallen als die behandelten Bäume (Abb. 20). Bis zur Ernte gab es aber keinen Unterschied zwischen den zwei Behandlungszeitpunkten. Die Sorte Mairac®

zeigte sich weniger anfällig als die zwei anderen Sorten.

Nach den wenig aussagekräftigen Ergebnissen von 2020 wurden die Verfahren 2021 angepasst. Die Applikationsfenster wurden verlängert, um den Einfluss von Frühlings- und Sommer-Behandlungen besser zu vergleichen. Der erste Block wurde von Mitte Mai bis Ende Juni behandelt und der zweite von Juli bis August. Wegen des regenreichen Sommers 2021 wurde die Anzahl Behandlungen erhöht, um jedes Risikofenster abzudecken (wie in intensiven Anlagen) (Tabelle 9).

2021 gab es deutlich mehr Befall als in den anderen Jahren (Abb. 21). Ab Ende Juli gab es Befall in jedem Block. Der Befall entwickelte sich so stark, dass am Ende alle Kontrollbäume stark befallen waren. Es gab trotzdem leichte Unterschiede zwischen den Sorten und den Verfahren. Bei der robusten Sorte Mairac® hatten die Sommerbehandlungen eine bessere Wirkung, vermutlich aufgrund des geringeren Ausgangsdrucks Anfang Sommer auf der robusten Sorte im Vergleich zu den anderen Sorten. Bei Rustica hielt die Wirkung der Frühlingsbehandlungen bis Mitte August an. Durch die Explosion des Befalls während des Sommers verringerte sich aber der Unterschied zwischen den beiden Verfahren. Bei Topaz gab es keinen Unterschied zwischen den Verfahren und die Bäume waren vor der Ernte gleich stark befallen wie in der unbehandelten Kontrolle.

Zusammenfassend spielte in diesen Versuchen das Zeitfenster für die Behandlung kaum eine Rolle, sondern eher die Anzahl der Behandlungen. Dies wird auch durch die Ergebnisse anderer Projekte von FiBL und KOB bestätigt (Bohr A., 2018). Bei robusten Sorten wie Mairac® ist die Wirkung etwas besser.



Abbildung 18: Gala Galaxy in der Parzelle Wa104 im September 2021. Block im Vordergrund wurde mit einem extensiven Programm behandelt. Der Pfahlabstand hinten zeigt nach der Blüte unbehandelten Kontrollbäume

2.8.3 Reduktion der PS-Anwendungen schwierig

2021 wurde in einer Anlage (Wa104, Wädenswil ZH) getestet, inwieweit die Anzahl der Applikationen reduziert werden könnte, ohne signifikant Wirkung einzubüssen. Die Bäume wurden wie 2020 auf fünf Blöcke verteilt: 1) unbehandelt nach der Blüte 2) intensives und 3) extensives Fungizid-programm, 4) Applikationen bis Anfang Juni (verkürztes Verfahren), 5) bis Anfang Juni intensiv, dann bis zur Ernte extensiv behandelt (Tabelle 10).

Der feuchte Sommer 2021 führte zu einem sehr hohen Befall. Zu Versuchsende waren alle Bäume befallen (Abb. 22). Die unbehandelten Kontrollbäume wurden sehr kahl (Abb. 18). Die intensiv behandelten Bäume behielten länger grünes Laub. Die verkürzte Variante zeigte bis Ende August noch eine leichte Wirksamkeit gegen den Pilz, später unterschied sich der Befall jedoch nicht mehr von dem in der Kontrolle. Mit den fehlenden Sommer-behandlungen zeigte sich die exponentielle Phase der Befallsentwicklung im Sommer. Die extensiv behandelten Bäume zeigten etwas weniger Befall als die Kontrollbäume, die Wirkung war jedoch unzureichend. Die zuerst intensiv dann extensiv behandelte Variante unterschied sich nicht von der durchgängig extensiv behandelten Variante. Der zusätzliche Aufwand im Frühling hat sich in diesem Versuch folglich nicht gelohnt.

Die Sorten haben sehr unterschiedlich reagiert. Bei der eigentlich anfälligen Sorte Topaz wirkten die Behandlungen trotzdem gut und ein Unterschied zwischen den Varianten war bis zur Ernte noch sichtbar. Bei der Sorte Ariane, die in anderen Jahren nicht so stark befallen war, war der Befall 2021 so extrem, dass es am Ende keinen Unterschied mehr zwischen den Verfahren gab. Die Sorte Mairac® zeigte sich wieder als die robusteste. Unabhängig von der Sorte explodierte der Befall jedoch vor der Ernte.

2021 war der Befall so extrem, dass eine Reduktion der Fungizidapplikationen nicht zielführend war. Es bleibt offen, ob sich reduzierte PS-Programme bei trockenem Sommer wirksamer zeigen.

Tabelle 7: Fungizidbehandlungen Fensterversuch Wa104 Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) von 2020 gegen Marssonina.

| Datum | unbehandelte Kontrolle | Syllit | Syllit, dann Myco-Sin + NS | Captan | Captan, dann Myco-Sin + NS |
|---|-----------------------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------|
| 27.03.2020 | Austriebsbetriebsbehandlung | | | | |
| 17.04.2020 | Blüte Behandlung | | | | |
| 18.04.2020 | Blüte Behandlung | | | | |
| 24.04.2020 | - | Syllit | Syllit | Captan | Captan |
| 08.05.2020 | - | Syllit | Syllit | Captan | Captan |
| 22.05.2020 | - | - | Myco-Sin + NS | - | Myco-Sin + NS |
| 02.06.2020 | - | - | Myco-Sin + NS | - | Myco-Sin + NS |
| 12.06.2020 | - | - | Myco-Sin + NS | - | Myco-Sin + NS |
| 30.06.2020 | - | - | Myco-Sin + NS | - | Myco-Sin + NS |
| Anzahl Behandlungen nach der Blüte | 0 | 2 | 6 | 2 | 6 |

Für alle Fensterversuche wurden dieselben Konzentrationen und Mengen eingesetzt, die gegen Schorf bewilligt sind:

- Myco-Sin 8kg/ha
- Netzschwefel (NS) 4.8kg/ha
- Captan 2.4 kg/ha
- Syllit 1.92 l/ha

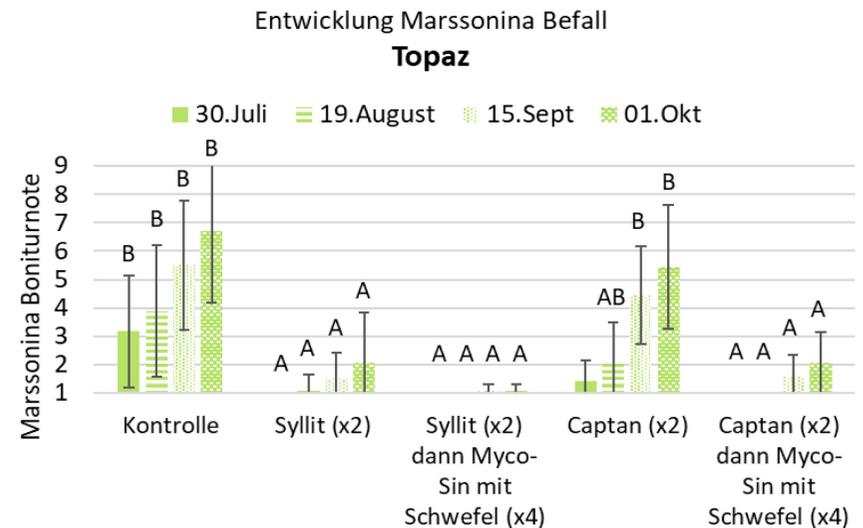
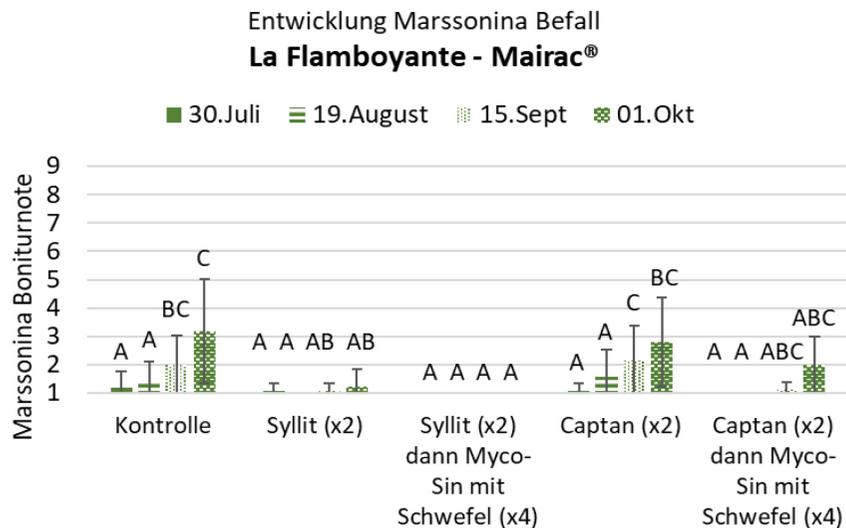
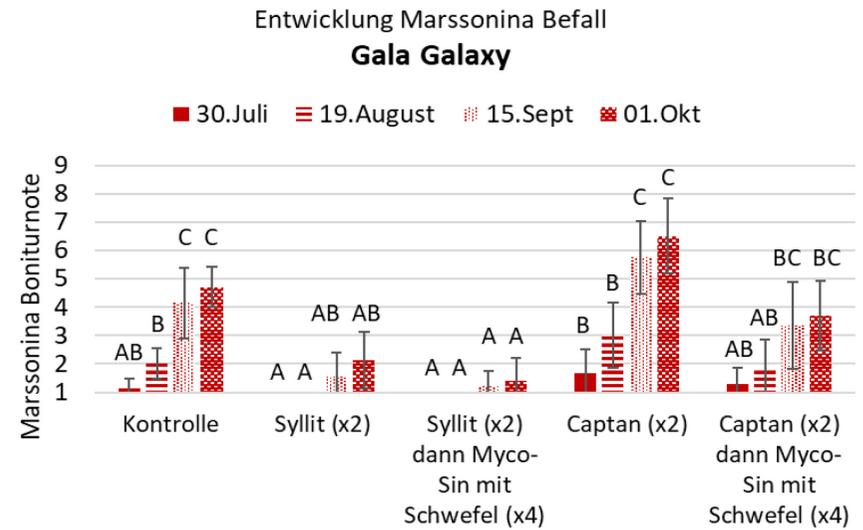
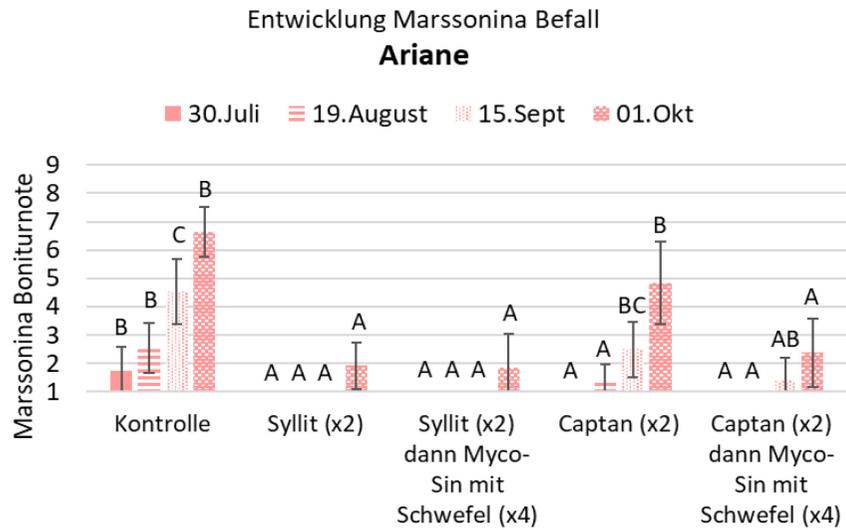


Abbildung 19: Ergebnisse Fensterversuch Wa104 Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) von 2020 gegen Marssonina. Auf den Bäumen der Sorte Golden gab es keinen Befall, deswegen werden keine Ergebnisse dieser Sorte dargestellt.

Tabelle 8: Fungizidbehandlungen Fensterversuch Wa108 Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) 2020 gegen Marssonina.

| Datum | Kontrollbäume | Früh | Spät |
|------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|
| 27.03.2020 | Austriebsbetriebsbehandlung | | |
| 17.04.2020 | Blüte Behandlung | | |
| 18.04.2020 | Blüte Behandlung | | |
| 24.04.2020 | - | Syllit | - |
| 08.05.2020 | - | Syllit | - |
| 22.05.2020 | - | - | Syllit |
| 02.06.2020 | - | - | Syllit |
| Anzahl Behandlungen nach der Blüte | 0 | 2 | 2 |

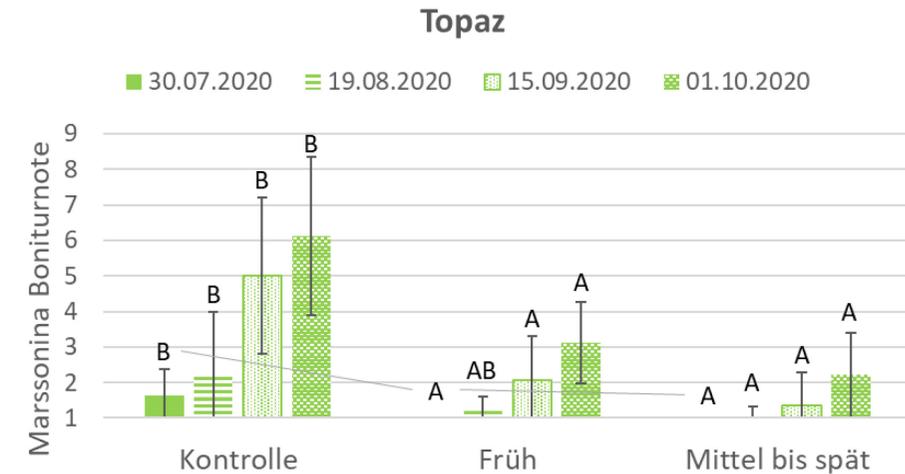
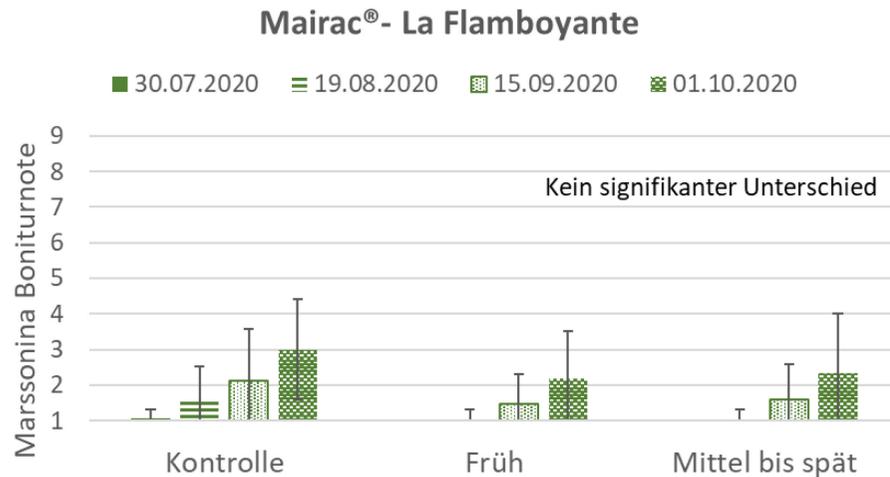
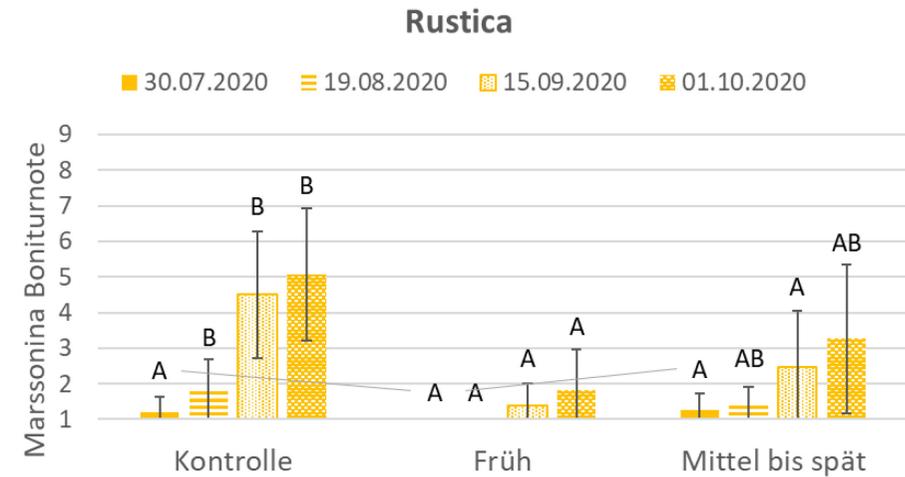


Abbildung 20: Ergebnisse Fensterversuch Wa108 Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) 2020 gegen Marssonina.

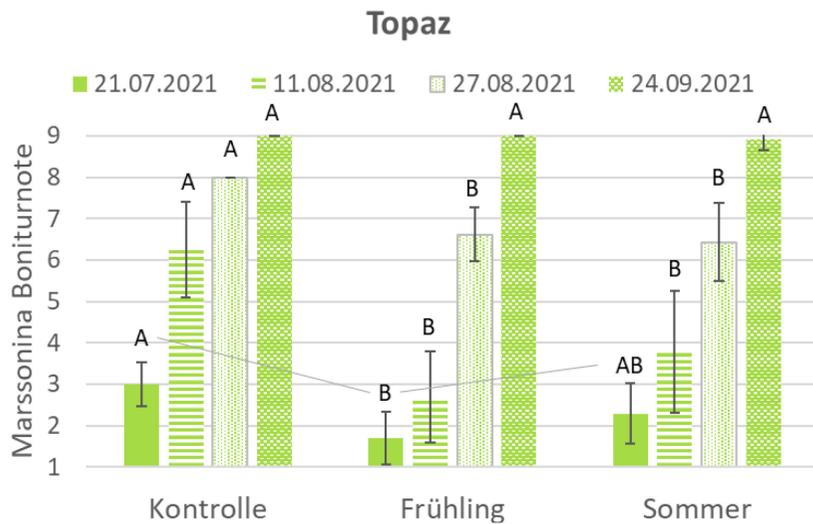
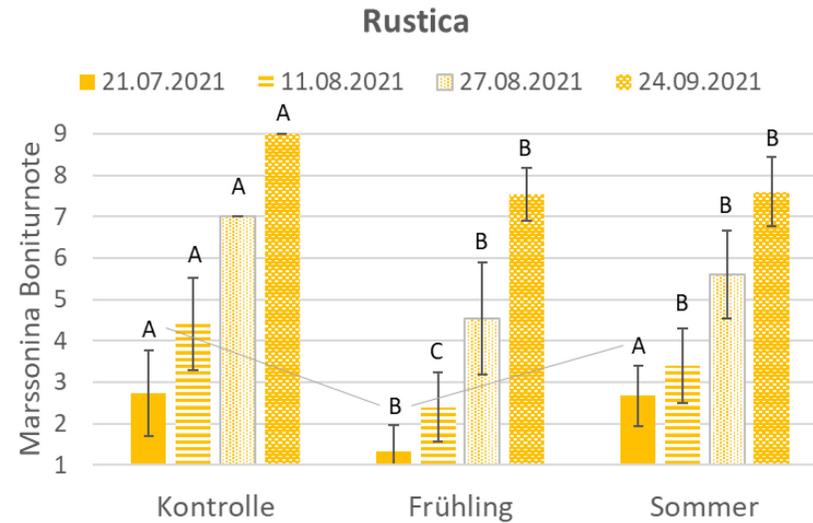
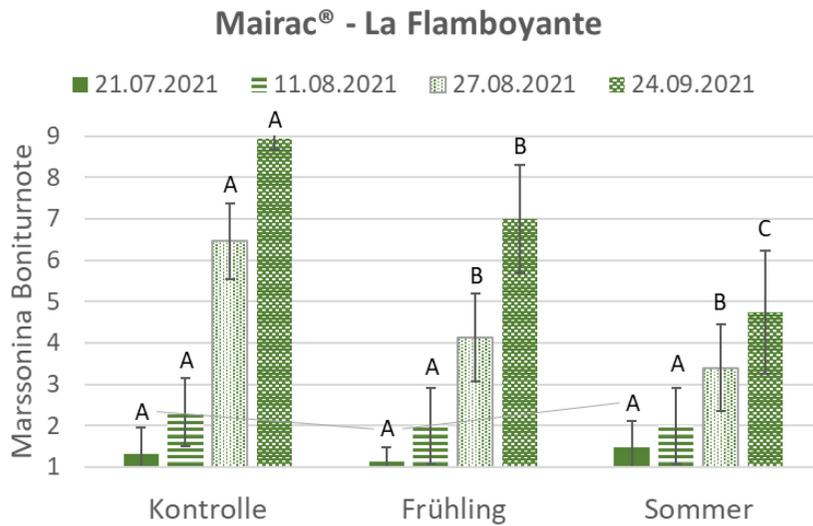
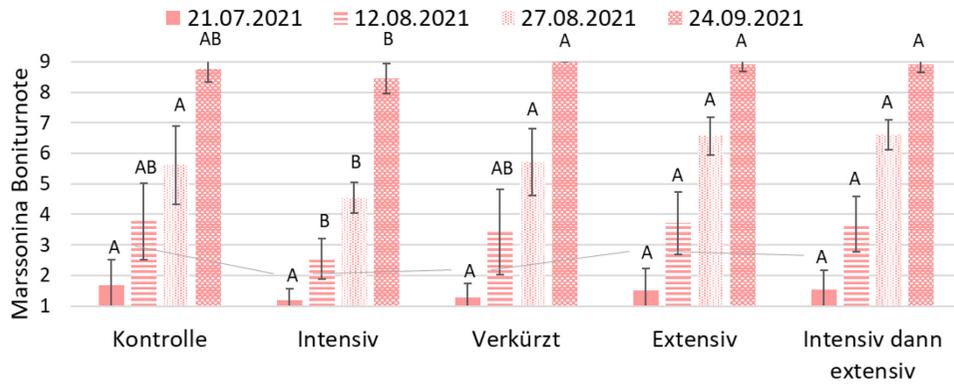


Tabelle 9: Fungizidbehandlungen Fensterversuch Wa108 Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) 2021 gegen Marssonina.

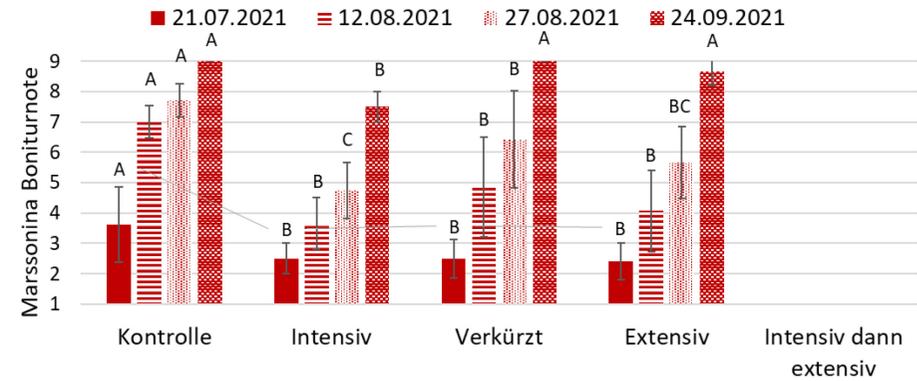
| Datum | unbehandelte Kontrolle | Frühling | Sommer |
|---|------------------------|----------|----------|
| 27.04.2021 | Blüte Behandlung | | |
| 03.05.2021 | Blüte Behandlung | | |
| 11.05.2021 | - | Captan | - |
| 20.05.2021 | - | Captan | - |
| 26.05.2021 | - | Captan | - |
| 04.06.2021 | - | Captan | - |
| 21.06.2021 | - | Captan | - |
| 02.07.2021 | - | - | Captan |
| 13.07.2021 | - | - | Captan |
| 23.07.2021 | - | - | Captan |
| 30.07.2021 | - | - | Captan |
| 06.08.2021 | - | - | Captan |
| 20.08.2021 | - | - | Captan |
| Anzahl Behandlungen nach der Blüte | 0 | 5 | 6 |

Abbildung 21: Ergebnisse Fensterversuch Wa108 Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) 2021 gegen Marssonina.

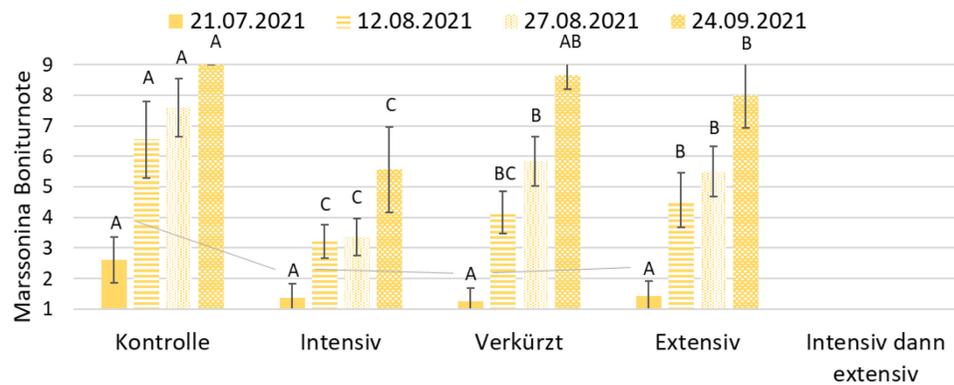
Entwicklung Marssonina Befall
Ariane



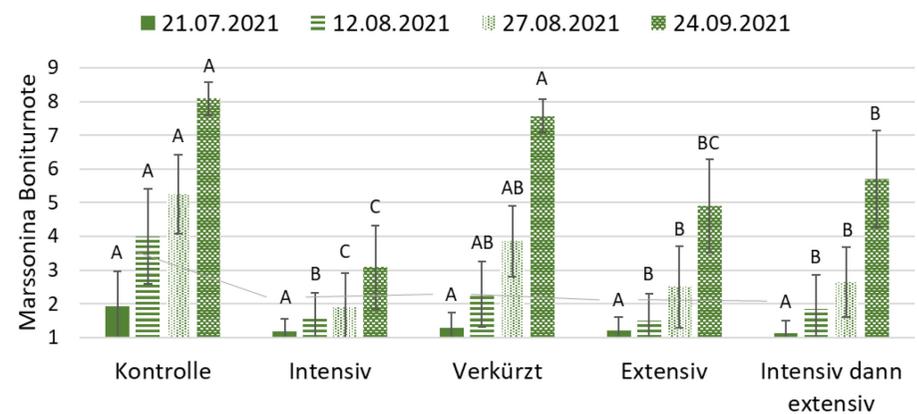
Entwicklung Marssonina Befall
Gala



Entwicklung Marssonina Befall
Golden



Entwicklung Marssonina Befall
La Flamboyante - Mairac®



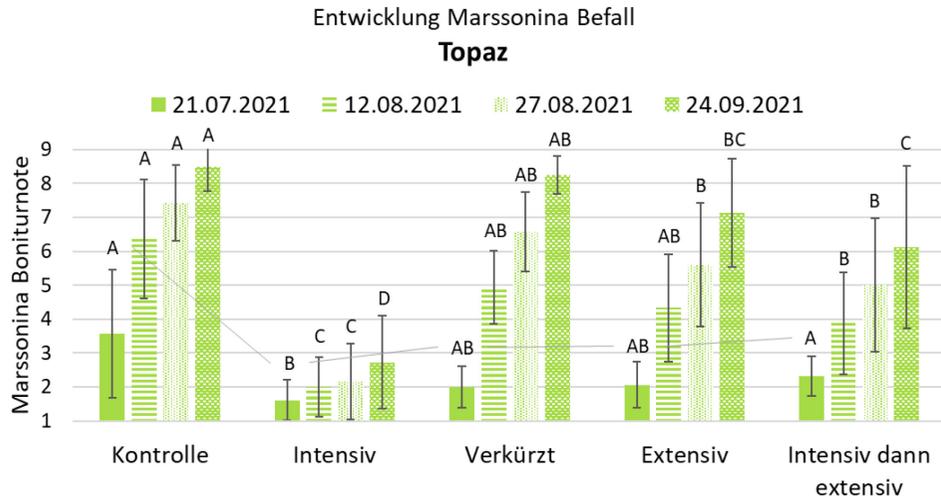


Abbildung 22: Ergebnisse Fensterversuch Wa104 2021 gegen Marssonina, Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) – wegen kürzerer Reihen wurden die Gala Galaxy und Golden Bäume nur in 4 Blöcke unterteilt, deshalb fehlt ein Verfahren.

Tabelle 10: Fungizidbehandlungen Fensterversuch Wa104 2021 gegen Marssonina, Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH)

| Behandlungsdatum | unbehandelte Kontrolle | Intensiv | Verkürzt | Extensiv | Intensiv dann extensiv |
|---|------------------------|-----------|----------|----------|------------------------|
| 25.03.2021 | Austriebsbehandlung | | | | |
| 20.04.2021 | Blüte Behandlung | | | | |
| 27.04.2021 | Blüte Behandlung | | | | |
| 03.05.2021 | Blüte Behandlung | | | | |
| 11.05.2021 | - | Captan | Captan | Captan | Captan |
| 20.05.2021 | - | Captan | Captan | - | Captan |
| 26.05.2021 | - | Captan | Captan | - | Captan |
| 04.06.2021 | - | Captan | Captan | Captan | Captan |
| 21.06.2021 | - | Captan | - | - | - |
| 02.07.2021 | - | Myco-Sin | - | Myco-Sin | Myco-Sin |
| 13.07.2021 | - | Myco-Sin | - | - | - |
| 23.07.2021 | - | Myco-Sin | - | Myco-Sin | Myco-Sin |
| 30.07.2021 | - | Myco-Sin | - | - | - |
| 06.08.2021 | - | Myco-Sin | - | - | - |
| 20.08.2021 | - | Myco-Sin | - | Myco-Sin | Myco-Sin |
| Anzahl Behandlungen nach der Blüte | 0 | 11 | 4 | 5 | 7 |

Fazit Fensterversuche

- Fungizidapplikationen ab der Blüte decken das erste Infektionsrisiko ab
- Weitere Behandlungen im Sommer verlangsamen die Entwicklung des Pilzes
- Konsequente Abdeckung der Regenereignisse von der Blüte bis zur Ernte führten zur höchsten Wirksamkeit
- Bei günstigen Wetterbedingungen für die Verbreitung der Krankheit kann nicht auf PS-Applikationen verzichtet werden
- Bei robusten Sorten zeigten die PS-Strategien eine bessere Wirksamkeit

2.9 Weitere Empfehlungen

Auch wenn es noch viele Unklarheiten im Verständnis der durch *Diplocarpon coronariae* ausgelösten Blattfallkrankheit gibt, wurden im Projekt einzelne Empfehlungen und Erkenntnisse für die Praxis erarbeitet. Die folgende Tabelle fasst die umsetzbaren

Massnahmen gegen Marssonina zusammen. Die Bekämpfung der Krankheit mit Pflanzenschutzmitteln im extensiven Anbau bleibt aufwändig. Zusätzlich gibt es noch keine effiziente Lösung zur Sanierung und der Befall scheint sich von Jahr zu Jahr stärker aufzubauen.

Tabelle 11: Empfohlene Bekämpfungsmassnahmen gegen Marssonina in der Schweiz

| Massnahmen | Erkenntnisse |
|---------------------------|--|
| Pflanzenschutzmittel | Seit November 2023 ist Myco-Sin mit Teilwirkung bewilligt, zudem zeigen gegen Schorf bewilligte Produkte grösstenteils eine gute Wirksamkeit. Die Bekämpfung der Blattfallkrankheit kann in die Schorfstrategie miteinbezogen werden. |
| Anwendungszeitpunkte | Produkte mit bester Wirkung, deren Anwendung oft begrenzt ist, von Austrieb bis Juni einsetzen (z.B. Syllit, Delan, Slick, Moon Privilege). Alle Regenereignisse konsequent abdecken. Infektionseignisse im Sommer mit verbleibenden Produkten abdecken (z.B. verbleibende Anwendungen von Slick und Moon Privilege, Captan und Myco-Sin + Netzschwefel). |
| Kontrolle in der Parzelle | Die Explosion des Befalls findet oft erst ab August statt, auch wenn die Parzelle vorher befallsfrei erscheint. Deswegen ist es wichtig, die Geschichte der Parzelle zu kennen. Bei hohem Risiko wie Vorjahresbefall Behandlungsprogramm konsequent die ganze Saison durchführen. Bei Parzellen ohne Vorbefall auf die Zeitpunkte der Primärschorfbehandlungen konzentrieren. |
| Baumpflege | Nicht geschnittene Bäume oder zu enger Baumabstand führen zu einer schlechten Belüftung der Krone und zu Feuchtigkeit , was den Pilz fördert. Auch Schattenwurf durch z.B. Waldränder kann dieselben Probleme verursachen. Schwache Bäume sind ebenfalls anfälliger gegen den Pilz. Daher auf ausreichende Versorgung mit Wasser und Nährstoffen achten. |
| Sortenwahl | Sortenunterschiede wurden festgestellt. Bisher wurde jedoch keine resistente Sorte gefunden. Bei robusten Sorten waren die Fungizidbehandlungen wirksamer. |

3 Teilprojekt 2: Feuerbrand

3.1 Feuerbrand Strategie Versuche

3.1.1 Versuchsprotokoll

Seit 2013 wurden jedes Jahr ein bis zwei Pflanzenschutzmittel-Versuche gegen Feuerbrand in der totaleingezäunten Parzelle am Steinobstzentrum Breitenhof (BL) unter der EPPO-Richtlinie 1/166 durchgeführt. Die Auswahl der verschiedenen Strategien erfolgte in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und Produkt-Herstellern, um effiziente Strategien für die Praxis zu testen. Die Versuche wurden bis 2020 in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe Phytopathologie und Zoologie Obst- und Gemüsebau, damals geleitet von Eduard Holliger, durchgeführt.

Für jeden Versuch wurden 3-jährige Topfbäume der feuerbrandanfälligen Sorte Gala Galaxy in der Parzelle in 6 Blöcken von je 6 Bäumen verteilt (36 Bäume pro Verfahren). 2018 und 2020 wurde zusätzlich die von Agroscope gezüchtete feuerbrandrobuste Sorte Ladina in den Versuch aufgenommen. In jedem Versuch gab es eine unbehandelte Kontrolle.

Eine künstliche Inokulation mit *E. amylovora* sicherte den Erregerdruck in der Parzelle. Sogenannte

Primärbäume wurden mit einer Feuerbrandbakterienlösung (Konzentration 5×10^8 cfu/ml) zur Vollblüte besprüht. Anschliessend wurde je ein inokulierter Baum in die Mitte einen Verfahrensblock mit 6 behandelten Bäumen resp. 6 unbehandelten Kontrollbäumen gestellt. Hummeln sorgten für die Verteilung des Erregers zwischen den blühenden Bäumen.

Die Bonitur fand wie folgt statt:

- Vor der Inokulation wurden alle Blütenbüschel der Sekundärbäume gezählt.
- Nach der Inokulation und den Behandlungen wurden, sobald die Feuerbrandsymptome gut sichtbar waren, alle Blütenbüschel mit Symptomen gezählt.
- Mit folgender Formel wurden der Befall und die Wirkung der Verfahren im Vergleich zur Kontrolle berechnet:

$$\text{Befall [\%]} = \frac{\text{Total Blütenbüschel mit Feuerbrand}}{\text{Total Blütenbüschel zur Vollblüte}} \times 100$$

$$\text{Wirkung [\%]} = \frac{[(\text{Befall Kontrolle [\%]} - \text{Befall Verfahren [\%]})]}{\text{Befall Kontrolle [\%]}} \times 100$$

3.1.2 Ergebnisse

Die detaillierten Ergebnisse wurden jährlich in Fachzeitschriften publiziert, mit Ausnahme der Versuche 2021, die wegen ungünstiger Wetterbedingungen keine aussagkräftigen Ergebnisse lieferten. Die komplette Liste der Publikationen ist im Anhang A auffindbar.

Ziel der Versuche war es, praxistaugliche effiziente Strategien gegen Feuerbrand zu entwickeln. Da sich im Laufe der Zeit die PSM-Bewilligungen ändern, wurde auch die Auswahl der Produkte angepasst. Deshalb war zunächst Streptomycin die Referenz, dann LMA[®] und aktuell Blossom Protect[™].

Die grosse Herausforderung ist es, alternative Produkte zum seit 2016 nicht mehr bewilligten Antibiotikum Streptomycin zu finden, welches bislang die höchste Wirksamkeit gezeigt hatte. Getestet wurden verschiedene Produkte, die bereits bewilligt oder noch in der Entwicklung sind. Zudem wurden Strategien mit Kombinationen von Produkten mit unterschiedlichen

Bekämpfungsmechanismen gegen *E. amylovora* geprüft. Alle bei Agroscope durchgeführten Versuche sind in der Tabelle 12 zusammengestellt.

Die Produkte sind nach aktuellem Bewilligungsstatus geordnet. Für jeden Versuch ist neben dem Wirkungsgrad des jeweiligen Verfahrens auch der Befall auf den Kontrollbäumen angegeben, um einen Eindruck zur Entwicklung des Erregers zu geben. Oft waren die Temperaturen während der zweiten Serie (im Juni/Juli durchgeführt) wärmer, was zu höherem Befall führte und eine geringere Wirksamkeit erklären könnte, vor allem bei den antagonistischen Produkten. Daher wurden Antagonisten nur noch in der ersten Serie (im April/Mai) geprüft. Bei zu geringem Befall (< 5%) auf den Kontrollbäumen erfolgte keine statistische Auswertung der Daten, da die Wirkungsgrade bei solch geringem Befall nicht aussagkräftig sind.

Tabelle 12: Zusammenfassung alle getesteten Produkte/Varianten gegen Feuerbrand in die Biosicherheitsanlage an Breitenhof (BL)

| Produkt | Bewilligung* | Wirkungsweise und Hersteller Empfehlungen** | Getestet in*** | Befall Kontrolle | Wirksamkeit Variante | Empfehlungen/ Bemerkungen |
|---|---|--|---|------------------------------|-------------------------|--|
| Nicht mehr bewilligte Produkte | | | | | | |
| Streptomycinsulfat | Seit 2016 nicht mehr in der CH bewilligt, zwischen 2008 und 2015 mit jährlicher Allgemeinverfügung geregelt, 2014-2015 auf maximal eine Applikation pro Jahr beschränkt (0.6 kg/ha) | Antibiotikum (Hemmt die Bakterienvermehrung) Behandlung an Tagen mit hohem Infektionsrisiko, um die Blüteninfektion zu vermeiden; wirkungslos gegen bestehenden Feuerbrandbefall | 2017 2. Serie 1x plus 2x LMA® | 42% | 56% | Bis 2017 als Referenz für die Feldversuche verwendet; beste Wirksamkeit |
| | | | 2016 1. Serie 1x nach LMA® | 16% | 67% | |
| | | | 2016 2. Serie 1x zw. 2x LMA® | 9% | 78% | |
| | | | 2015 1. Serie 1x vor 2x LMA® | 31% | 57% | |
| | | | 2015 2. Serie 1x vor 2x LMA® | 36% | 77% | |
| | | | 2014 1. und 2. Serie vor 2x LMA® oder zw. LMA® | 4% und 1% - Befall zu gering | Keine Auswertung | |
| | | | 2013 2. Serie 2x vor oder nach der Inok. | 10% | 63% und 75% | |
| Bewilligte Produkte | | | | | | |
| LMA® Kaliumaluminiumsulfat 20 kg/ha Max. 3 Anwendungen während der Blüte | Max. 1 Behandlung nach der Blüte bei Hagelschlag Keine Anwendung durch Hobby-Anwender Bakterizid | (Abtötung der Feuerbrandbakterien in der Blüte vor dem Eintritt ins Pflanzengewebe) Unmittelbar vor einem Infektionstag anwenden | 2020 1. Serie 3x | Gala 21% Ladina 32% | 20% 79% | Gehört zu den Produkten mit guter Wirksamkeit als Alternative zu Streptomycin, schwankende Wirksamkeit in den verschiedenen Versuchen, teuer, Anwendung in Nachbarländern stark begrenzt, Unsicherheit zur künftigen Bewilligung in der CH |
| | | | 2020 2. Serie 3x | 16% | 73% | |
| | | | 2019 1. Serie 2x | 39% | 58% | |
| | | | 2019 2. Serie 3x | 37% | 64% | |
| | | | 2018 1. Serie 3x | Gala 14% Ladina 6% | 17% 95% | |
| | | | 2018 2. Serie 3x 10kg, 15kg, 35kg | 16% | 34%, 31%, 37% | |
| | | | 2017 2. Serie 3x 2016 1. Serie 2x mit normalem oder engem Abstand, oder plus 1x VB | 42% 16% | 58% 32%, 34%, 14% | |

| Produkt | Bewilligung* | Wirkungsweise und Hersteller Empfehlungen** | Getestet in*** | Befall Kontrolle | Wirksamkeit Variante | Empfehlungen/ Bemerkungen |
|--|---|---|--|---------------------------------|----------------------|--|
| LMA® Kaliumaluminiumsulfat 20 kg/ha Max. 3 Anwendungen während der Blüte | Max. 1 nach Hagelschlag Keine Anwendung durch Hobby-Anwender Bakterizid | (Abtötung der Feuerbrandbakterien in der Blüte vor dem Eintritt ins Pflanzengewebe) Unmittelbar vor einem Infektionstag anwenden | 2016 2. Serie 2x und 3x | 9% | 6% und 50 % | siehe vorherige Seite |
| | | | 2015 1. Serie 3x solo oder mit VB 1x Myco-Sin® | 31% | 39% und 38% | |
| | | | 2015 2. Serie 3x solo oder mit VB 1x Myco-Sin® | 36% | 32% und 29% | |
| | | | 2014 1. und 2. Serie 3x | 4% und 1% - Befall zu gering | Keine Auswertung | |
| | | | 2013 2. Serie 2x und 3x | 10% | 52% und 37% | |
| Myco-Sin® Schwefelsaure Tonerde, Schachtelhalmextrakt | Teilwirkung 8 kg/ha Nicht mit Kupfer mischen (Auch Teilwirkung gegen Schorf und Apfelmehltau in Mischung mit Schwefel) BIO-Option | Fungizid mit Teilwirkung gegen Feuerbrand (Frei werdende Aluminium-Ionen verhindern die Keimung der Pilzsporen) Erste Behandlung zw. Ballonstadium und Beginn Blüte, weitere Behandlungen periodisch alle 5-7 Tage bis alle Blüten offen sind, oder nach 20 mm Niederschlag, bzw. 1-2 Tage vor prognostizierten Infektionstagen nach Maryblyt™ | 2021 1. Serie 3x | 20% | 42% | In den Versuchen ab der Inokulation behandelt, insgesamt schwache Wirksamkeit, TM mit Pflanzenstimulatoren zeigten tendenziell bessere Wirksamkeit |
| | | | 2020 1. Serie 3x | Gala 21% Ladina 32% | 23% 65% | |
| | | | 2020 2. Serie 3x | 16% | 33% | |
| | | | 2019 1. Serie 2x | 39% | 50% | |
| | | | 2015 1. Serie 3x | 31% | 31% | |
| Blossom Protect™ <i>Aureobasidium pullulans</i> (Hefe) | 1.5 kg/ha Gemeinsam mit Buffer Protect™ anwenden Ab 2020 neu formuliert Buffer Protect™ NT (6 kg/ha) BIO-Option | Antagonist (Konkurrenz um Raum und Ressourcen) Behandlung am Tag vor Infektionstag. Bei mehreren aufeinander folgenden Infektionstagen Behandlungen alle 2 Tage wiederholen, so lange es neue Blüten gibt. Nicht mehr als zwei Applikationen bei berostungsanfälligen Sorten. | 2021 1. Serie 3x | 20% | 22% | Zeigt in der Regel gute Wirksamkeit, ist als Antagonist aber stärker wetterabhängig als synthetische Mittel |
| | | | 2021 2. Serie 3x | 59% | 30% | |
| | | | 2020 1. Serie 3x | Gala 21% Ladina 32% | 47% 56% | |
| | | | 2019 1. Serie 2x | 39% | 68% | |
| | | | 2018 1. Serie 3x | Gala 14% Ladina 6% | 46% 98% | |
| | | | 2018 2. Serie 3x | 16% | 29% | |
| | | | 2017 2. Serie 3x | 42% | 62% | |
| | | | 2016 1. Serie 2x dazwischen 1x Myco-Sin | 16% | 38% | |
| | | | 2016 2. Serie 3x | 9% | 34% | |

| Produkt | Bewilligung* | Wirkungsweise und Hersteller Empfehlungen** | Getestet in*** | Befall Kontrolle | Wirksamkeit Variante | Empfehlungen/ Bemerkungen |
|---|--|---|--|--------------------------------------|-------------------------|---|
| Vacciplant® Laminarin (Algen) | Teilwirkung 0.75 l/ha (Auch Teilwirkung gegen Schorf und Apfelmehltau) BIO | Pflanzenstimulator (Aktivierung natürlicher Abwehrmechanismen, durch ähnliche Struktur wie die Zellwand phytopathogener Pilze) Präventive Anwendung im Grünknospenstadium bis zur Vollblüte, Applikation alle 5 bis 10 Tage wiederholen | 2020 2. Serie TM mit Myco-Sin, nur als VB dann Myco- Sin, oder als VB und dann in TM mit Myco-Sin | 16% | 47% 43% 59% | Nie solo getestet, immer in Strategie mit anderen PSM, als VB und/oder als TM 2019-20: Tendenziell leichte Verbesserung der Wirksamkeit der Strategie durch Zusatz von Vacciplant (ohne signifikantem Unterschied) Vor 2019: kein direkter Vergleich zu ähnlichen Strategien ohne Vacciplant® möglich |
| | | | 2019 2. Serie VB dann Myco-Sin, als VB dann Myco-Sin dann LMA, oder als VB und TM mit Myco-Sin | 37% | 51% 56% 58% | |
| | | | 2015 1. und 2. Serie, als VB solo 2x, dann als VB mit Myco-Sin, dann Blossom Protect™ 1x vor-, 2x nach Inok. | 31% 36% | 48% 12% | |
| | | | 2014 1. und 2. Serie, als VB solo 2x, dann als VB mit Myco-Sin, dann Blossom Protect™ 3x | B 4% und 1% - Befall zu gering | Keine Auswertung | |
| | | | 2013 2. Serie als VB solo 2x, dann als VB mit Myco-Sin, dann Blossom Protect™ 3x | 10% | 34% | |

| Produkt | Bewilligung* | Wirkungsweise und Hersteller Empfehlungen** | Getestet in*** | Befall Kontrolle | Wirksamkeit Variante | Empfehlungen/ Bemerkungen |
|---|---|--|---|-----------------------|----------------------|---|
| Bion® Acibenzolar-S-methyl | Teilwirkung 0.02 kg/ha vor und nach der Blüte, 0.04 kg/ha während der Blüte | Pflanzenstimulator (Aktivierung natürlicher Abwehrmechanismen, übernimmt Rolle der Salizylsäure in der Kettenreaktion) Vor der Blüte mit den Behandlungen anfangen (vorbeugende Wirkung) in Behandlungsabständen von 7-14 Tagen bis zum Triebabschluss | 2021 1. Serie als VB 3x und in TM 3x mit Myco-Sin | 20% | 30% | Keine Erfahrung als solo Applikation 2021: keine ausreichende Wirksamkeit, Wetterbedingungen waren kompliziert Weitere Versuche notwendig |
| Produkte in Entwicklung (noch nicht bewilligt, oft nicht formuliert, die folgenden Wirksamkeitsdaten sind erste Feldergebnisse und sollten nicht als definitive Wirksamkeit gelten! Oft sind diese Produkte noch unter vertraulichen Experimentierverträgen, Agroscope darf keine weiteren Informationen darstellen) | | | | | | |
| Squall® Suspensionskonzentrat aus einem Polyethylenglykol-Gemisch BIO | Bewilligt in DE als Zusatzmittel, benötigt keine Bewilligung in der CH | Haft- und Netzmittel | 2019 1. Serie mit LMA oder mit Myco-Sin 2x | 39% | 66% und 63% | Tendenzielle Verbesserung der Wirksamkeit der Produkte (vs. Produkte ohne Netzmittel), jedoch kein signifikanter Unterschied |
| | | | 2019 2. Serie mit LMA 3x oder Vacciplant als VB 2x und dann in TM mit Myco-Sin 3x | 37% | 71% und 68% | |
| ANTINFEK®30P Chlorhydrate Poly-Hexamethylene Biguanide und Silver Ionen | Nicht als Pflanzenschutzmittel in der CH bewilligt | Desinfektionsmittel Ab 2017 neue Formulierung: ANTINFEK®30PP | 2017 2. Serie 5 und 2.5% 3x | 42% | 79% und 62% | Phytotoxische Probleme 2016, keine weitere Erfahrung |
| | | | 2016 1. Serie 5% 3x | 16% | 82% | |
| | | | 2016 2. Serie 2.5% 3x | 9% | 61% | |
| Produkt A | Bakterizide und fungizide Eigenschaften des Antagonisten Teilwirkung bekannt | Antagonist (Kolonisation der Pflanzenoberfläche, Konkurrenz um Nährstoffe, Bakterien zerstören Zellmembranen der Schadbakterien und Schadpilze) Erste Anwendung bei 10% offenen Blüten, dann alle 5 Tage bis Ende Blüte wiederholen | 2018 2. Serie 3x | 16% | -8% | Aufgrund zu warmer Bedingungen wurden die Ergebnisse nicht als repräsentativ für das Produkt genommen |
| Pomavita <i>Pantoea agglomerans</i> | Produkt in Entwicklung von Agrifutur srl (IT) | Antagonisten (Konkurrenz um Raum und Ressourcen) | 2018 1. Serie 3x | Gala 14% Ladina 6% | 23% 87% | Ungenügende Wirksamkeit, keine weitere Erfahrung |
| | | | 2018 2. Serie 3x | 16% | 13% | |

| Produkt | Bewilligung* | Wirkungsweise und Hersteller Empfehlungen** | Getestet in*** | Befall Kontrolle | Wirksamkeit Variante | Empfehlungen/ Bemerkungen |
|---|--|---|--|------------------|----------------------|---|
| Hefe <i>Metschnikowia pulcherrima</i> | Produkt in Entwicklung bei Agroscope, Anwendungskonzentration noch nicht definiert Auch gegen Lagerkrankheiten in Testung | Antagonist (Konkurrenz um Raum und Ressourcen) Anwendung kurz vor dem ersten prognostizierten Infektionstag (im Versuch: Tag der Inokulation), alle 2-3 Tage bis Ende Blüte wiederholen | 2021 1. Serie durch externe Firma formuliert (höhere Konzentration als in Vorjahren) 3x ohne oder mit Bion als VB und TM | 20% | 39 und 35% | Mit den Jahren wurden die Formulierung und die Konzentration angepasst, dadurch verbesserte sich die Wirksamkeit im Vergleich zu den ersten Ergebnissen |
| | | | 2020 2. Serie 3x | 16% | 13% | |
| | | | 2018 2. Serie 3x mit BufferProtect™ | 16% | 19% | |
| | | | 2017 2. Serie unformuliert 3x | 42% | 2% | |
| Bakteriophagen | Einheimische Phagen in der Schweiz von der ZHAW isoliert, noch nicht formuliert | Bakteriophagen Zerstören die Zellen von <i>E. amylovora</i> Anwendung beim erstem Infektionsrisiko, alle 2-3 Tage bis Ende Blüte wiederholen | 2021 2. Serie 3x | 59% | 16% | Sind schlecht beweglich, müssen direkt auf die Blüte ausgebracht werden, UV- und Trockenheitsempfindlich, Formulierung nötig |
| Produkt B | Formuliertes Produkt, Wirksamkeit gegen verschiedene Krankheiten in Prüfung | Pflanzenstimulator Vor und während der Blüte | 2021 1. Serie 3x ohne oder mit Myco-Sin in TM | 20% | 13 und 34% | Ungenügende Wirksamkeit, weitere Erfahrung erforderlich |
| FB-ACT | Unformuliertes Produkt in Testung mit der Substanz PHMB P20 D | Von Laboratoire PAREVA (F) entwickelt | 2020 2. Serie 3x | 16% | 46% | Wirksamkeit vergleichbar mit anderen bewilligten Produkten |
| VAH+ | Testprodukt in Entwicklung | Von der Firma Agro Science Capital AG entwickelt | 2019 2. Serie 3x | 37% | 80% | Vergleichbare oder sogar bessere Wirksamkeit als LMA, weitere Erfahrung erforderlich |
| | | | 2017 2. -Serie 3x | 42% | 77% | |
| | | | 2016 2. -Serie 3x | 9% | 74% | |

* Produktmenge berechnet für ein Baumvolumen von 10'000 m³/ha

** Weitere Informationen auf der Gebrauchsanleitung des Herstellers. Mischbarkeit mit anderen Produkten immer vor Anwendung kontrollieren.

*** 1. Serie: natürliche Blütezeit April - Mai, 2. Serie: verschobene Blüte Juni - Juli durch Lagerung der Bäume im Kühlraum

VB = Vorbehandlung (vor Inokulation), TM = Tankmischung

Bei unter 5% Befall in der Kontrolle fand keine statistische Auswertung statt.

3.1.3 Empfehlungen und Herausforderungen

Neben den unabdingbaren Pflege- und Sanierungsmassnahmen leisten angepasste PSM-Strategien einen wichtigen Beitrag zur Feuerbrandbekämpfung. Die bisher getesteten Strategien zeigten einige gute Resultate, auch wenn die Wirksamkeit nicht vergleichbar mit derjenigen von Streptomycin ist. Zusammen mit der Anwendung von Prognose-Modellen kann aber eine gute Wirksamkeit erreicht werden.

In den geprüften Strategien wurden regelmässig Produkte appliziert – meist drei Behandlungen auf die offenen Blüten, plus je nach Strategie noch Vorbehandlungen mit Pflanzenstärkungsmitteln, um dem sehr hohen Erregerdruck durch die künstliche Inokulation zu begegnen. Trotz z. T. sehr hohem Befall auf den Kontrollbäumen konnte der Befall auf behandelten Bäumen niedrig gehalten werden. Dazu waren enge Behandlungsabstände von 2-3 Tagen von Anfang bis Ende Blüte nötig, um jede neu geöffnete Blüte abzudecken.

Für die Praxis ist die Feuerbrandprognose nach dem Modell Maryblyt™ (Paul Steiner USA, Esther Moltmann DE) entscheidend. Wenn die Wetterbedingungen

während der Blüte ungünstig für die Bakterien sind, gibt es kein Infektionsrisiko. An Tagen mit günstigen Infektionsbedingungen müssen die offenen Blüten mit PSM behandelt werden. Die Auswahl des Produkts bleibt dem Produzenten überlassen. Spät blühende Parzellen, wie junge Anlagen oder Sorten mit Nachzüglerblüten, dürfen nicht vergessen werden. Sie haben ein erhöhtes Risiko für Feuerbrandinfektionen, weil sie bei wärmeren Bedingungen blühen. Bei Hagelschaden können auch Feuerbrand-Triebinfektion auftreten. In Tabelle 13 sind die verschiedenen Aspekte erklärt, die in der Feuerbrandbekämpfung zu berücksichtigen sind.

Aktuell sind in der Schweiz einige PSM gegen Feuerbrand bewilligt. Das Fortbestehen der Bewilligung ist bei manchen Produkten jedoch unsicher. Daher müssen zwingend weiterhin neue, noch nicht bewilligte Produkte oder neue Strategien gegen *E. amylovora* im Projekt getestet werden. Trotz einiger ruhiger Feuerbrandjahre wird die Krankheit den Kernobstanbau in den kommenden Jahren weiter beschäftigen.

Tabelle 13: Fragebogen, um das passende PSM und den idealen Anwendungszeitpunkt für die Feuerbrandbekämpfung auszuwählen. Die dargestellten Fragen sind Beispiele, je nach Betrieb und Situation müssen ggfs. weitere Aspekte berücksichtigt werden.

| Aspekte | Was ist zu beachten? |
|-------------------------------|---|
| Parzelle | Anfällige Sorten? Gibt es in der Umgebung Wirtspflanzen? |
| Vorgeschichte | Wurden die Bäume während des Winterschnitts auf Feuerbrand-Canker kontrolliert? Gab es früher Feuerbrandbefall in der Anlage? Wie wurde saniert? Gab es in der Umgebung schon Befall? |
| Phänologisches Stadium | Wie weit sind die Blüten entwickelt? Gibt es Nachzüglerblüten? Gab es Hagelschäden oder andere Verletzungen auf den Bäumen, die einen Eintritt in das Pflanzengewebe ermöglichen? |
| Wetterbedingungen | Gibt es in den kommenden Tagen Infektionsbedingungen? Feuerbrandprognose und Bulletins der Kantonalen Fachstellen beachten. |
| Andere PS-Strategien | Gibt es andere Krankheiten/Schädlinge, die gleichzeitig bekämpft werden müssen? Welche Produkte können ggfs. als Tankmischung ausgebracht werden? Gibt es Produkte mit Wirksamkeit gegen mehrere zu behandelnde Krankheiten? Wurden Produkte angewendet, die die Wirksamkeit anderer Produkte hemmen können (z. B. Entwicklung von Antagonisten)? Zu beachten: Wenn Feuchtigkeit der limitierende Faktor für das Infektionsrisiko in der Feuerbrandprognose ist (HW-), sollte zusätzlicher Wassereintrag in die Blüten vermieden werden. |
| Anwendung | Sind die Wetterbedingungen trocken genug für eine Anwendung? Welche Kosten ist der Betrieb bereit zu investieren? |

3.2 Feuerbrand Sortentestung in Gewächshaus

3.2.1 Versuchsprotokoll

Jedes Jahr wurden mehrere Apfel- und Birnensorten auf ihre Anfälligkeit gegen Feuerbrand im Quarantänegewächshaus getestet. Nach einem standardisierten Protokoll werden die Triebspitzen junger, frisch veredelter Pflanzen mit Hilfe einer Spritze direkt mit einer *E. amylovora*-Lösung inokuliert. Die befallene Triebblänge wurde gemessen und mit der anfälligen Referenzsorte Gala Galaxy für die Äpfel verglichen. Bei den Birnen wird der Befall in % der Triebe beurteilt.

Die Methoden sind in einem früheren Projektbericht aufgeführt (Schöneberg A., et al., 2016).

3.2.2 Ergebnisse Triebtestung 2019

2019 wurde eine letzte Triebtestung im Rahmen des Projekts HERAKLES Plus nur mit Birnensorten durchgeführt. Die wenig anfällige Referenzsorte Harrow Sweet zeigte 2019 erneut ganz wenig Triebbefall (Abb. 23). Nur die Sorte Olivier de Serres (auch als Kugelbirne bekannt) zeigte geringfügig weniger Befall. Beierschmitt und Naghins Butterbirne zeigten auch eine gute Robustheit gegen Feuerbrand mit etwa 10% Befall gemessen an der Gesamtrieblänge. Die anfällige Referenzsorte Passe Crassane war 2019 mit etwa 30% befallener Triebblänge im Vergleich zu anderen Jahren nicht stark befallen. Der Grund dafür konnte nicht geklärt werden, da es andere stark befallene Sorten gab, z.B. Weisslängler und Blutbirne Sommer. Die Resultate korrelieren ansonsten gut mit früheren Ergebnissen.

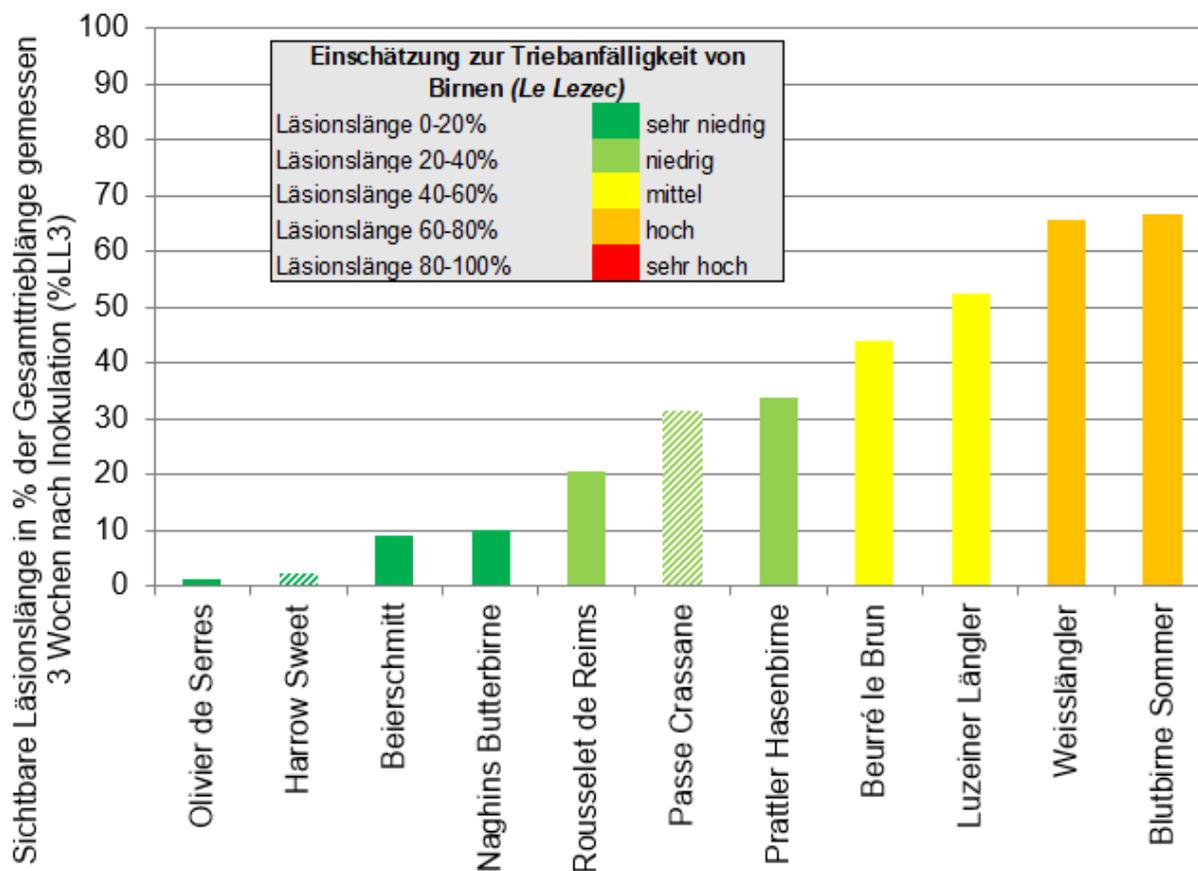


Abbildung 23: Ergebnisse Triebtestung 2019. Gestrichelte Sorten sind positive und negative Referenzsorte. Färbung der Balken zeigt Anteil Läsionslänge (dunkel grün <20%, grün von 20% bis 40%, gelb von 40% bis 60%, orange 60% bis 80%, rot 80% bis 100%).

3.3 Feuerbrand Sortentestung im Feld

3.3.1 Versuchsprotokoll

Seit 2013 werden vielversprechende Sorten (für ihre Anbaueigenschaften und/oder ihre guten Feuerbrand-Triebtest-Ergebnisse im Gewächshaus) veredelt und als 3-jährige Topfbäume in der totaleingenetzen Parzelle am Steinobstzentrum Breitenhof (BL, Abbildung 24) bei Vollblüte mit einer *E. amylovora*-Lösung inokuliert. Die Blütenbüschel werden etikettiert und einzeln mit einem Handsprayer inokuliert. Dann wird die Befallsentwicklung für jedes Büschel 2, 3 und 4 Wochen nach Inokulation auf einer Skala von 1 bis 9 bonitiert (Tabelle 14).

Bis zur Stufe 4 ist der Befall nur auf der Blüte beschränkt. Falls diese abfällt, bleibt der Blütenbüschel gesund. Von 5 bis 6 hat der Erreger den Blütenstandstiel und die ersten Blätter der Blütenknospe erreicht, nur wenn die gesamte Knospe abgeworfen wird, können die Triebe gesund bleiben. Aber in diesem Stadium kann sich der Befall innerhalb weniger Tage im Holz verbreiten. Ab Stufe 7 ist der Befall ins Holz übergetreten und nur ein gezielter Schnitt kann den Baum retten. Je wärmer das Wetter ist, desto schneller entwickeln sich die Bakterien und verbreitet sich der Befall.

Wie bei der Triebtestung werden die Apfelsorten mit der anfälligen Sorte Gala Galaxy verglichen. Bei den Birnen gibt es leider weniger Felderfahrung und die Ergebnisse schwanken stark, sodass keine Einstufung im Vergleich zur Sorte Passe Crassane gemacht wurde. Birnen sind insgesamt feuerbrandanfälliger als Äpfel. Bei den Birnen wurde keine resistente Sorte in der Blütentestung gefunden. Das Ausbringen des Erregers direkt auf die Blüte sichert die Infektion. In der Tat wurden jedes Jahr (ausser bei erfrorenen Blüten 2017) gut sichtbare Feuerbrandsymptome auf den Blüten bonitiert, sogar bei ungünstigen Wetterbedingungen. Zum Beispiel gab es 2019 auf zwei Birnensorten Befall, obwohl sie 2 Tage nach einem Schneeeignis inokuliert wurden. Dasselbe gilt auch für die Saison 2021, in der die Birnen um Frostnächte herum inokuliert wurden und es nach dem Maryblyt™ Prognosemodell kein Infektionsrisiko gab.

Tabelle 14: Boniturskala für Feuerbrand Blütentestung

| 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) |



Abbildung 24: Total eingenetzte Parzelle für die Feuerbrand PS-Strategie Versuche am Steinobstzentrum Breitenhof (BL).

3.3.2 Ergebnisse Blütentestung 2019

2019 gab es späten Schneefall, kurz vor der Inokulation der frühesten Birnen. Trotz kühler Temperaturen hat die Inokulation funktioniert. Die anderen Sorten wurden während eines warmen und trockenen Zeitfensters inokuliert, dann wurde das Wetter wieder kühl und regelmässig nass.

3.3.2.1 Äpfel

Bei den Äpfeln zeigte die Sorte Gala Galaxy die stärksten Symptome (Abb. 26). Nur die Sorten Remo, Liberty und Ariane zeigten einzelne Symptome im Holz. Die Sorten Schneiderapfel, Adamsparmäne und Relinda zeigten nur Symptome auf der Blüte. Dies auch noch vier Wochen nach der Inokulation. Die Sorte Rewena schnitt beim Test sogar noch besser als die positive Referenzsorte Enterprise ab. Die diesjährigen Ergebnisse bestätigen die Einstufung der Sorten Enterprise, Liberty, Relinda, Remo, Rewena und Schneiderapfel als feuerbrandrobuste Sorten.

3.3.2.2 Birnen

Die Birnen zeigten sich stark anfällig gegenüber Feuerbrand (Abb. 26). Einzelne Sorten konnten trotzdem gute Resultate vorweisen. Unter anderem war die Petersbirne sogar noch weniger anfällig als die positive Referenzsorte Harrow Sweet. Passe Crassane, die negative Referenzsorte, zeigte mit einem von über 50% der Blütenbüschel ausgehenden Holzbefall, die höchste Anfälligkeit. Die Sorten Elliot und Affelträngler waren etwas weniger befallen. Die Sorten Elliot, Affelträngler und Petersbirne verloren während des Versuches etwa 50% ihrer Blütenbüschel. Ursachen könnten die sehr kühle und nasse Periode am Anfang der Blüte und die damit verbundene schlechte Bestäubung durch die Hummeln sein. Die Ergebnisse für diese drei Sorten sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren. Auf der Sorte Harrow Sweet wurde beobachtet, dass manche befallenen Blütenbüschel einen Nekrosebereich unter der befallenen Stelle bilden und den kranken Anteil abwerfen konnten. Dieser Prozess wurde als Abszission bezeichnet und in den folgenden Jahren genauer im Detail beobachtet.

3.3.3 Ergebnisse Blütentestung 2020

2020 gab es während der Blühperiode warme und trockene Wetterbedingungen. Alle Birnen konnten gleichzeitig mit *E. amylovora* inokuliert werden, fast zwei Wochen vor den Äpfeln. Vier Wochen nach der Inokulation waren sehr deutliche Feuerbrandsymptome auf den inokulierten Blütenbüscheln sichtbar.

3.3.3.1 Äpfel

Die geringen Symptome bei der Sorte Enterprise und die starken Symptome auf der Sorte Gala bestätigten erneut ihre Position als positive und negative Referenz (Abb. 27). Die Sorte Pomme Bovarde wurde 2020 erstmals getestet und war die Einzige, die als niedrig anfällig bewertet wurde. Dies bestätigt die Ergebnisse aus der Triebtestung, bei der eine sehr niedrige Anfälligkeit festgestellt wurde. Die drei anderen Sorten wurden als «hoch anfällig» eingestuft, wobei es Unterschiede zwischen den Sorten gab. Die Sorte Maunzenapfel wurde in der Triebtestung immer als sehr niedrig anfällig eingestuft. In diesem Versuch wurde aber ein starker Befall im Holz beobachtet. Sauergrauech und Bohnapfel hatten widersprüchliche Ergebnisse in der Triebtestung. Die neuen Ergebnisse bestätigen die hohe Anfälligkeit der zwei Sorten in der Blütentestung, die schon früher beobachtet wurde. Wobei im Vergleich zu Maunzenapfel nur eine langsame Entwicklung des Erregers im Holz festgestellt wurde. Gute Ergebnisse in der Triebtestung korrelieren nicht zwingend mit guten Ergebnissen im Feldversuch. Manche Sorten können den Erreger beim Eintritt über den Trieb zwar gut bremsen, haben aber offenbar nicht den gleichen Abwehrmechanismus gegen Blüteninfektionen.

3.3.3.2 Birnen

Die Birnen sind für ihre starke Anfälligkeit gegenüber Feuerbrand bekannt. Im Jahr 2020 zeigte die robuste Sorte Harrow Sweet 20% Befall im Holz (Abb. 27). Die anfällige Sorte Passe Crassane erreichte 80% Holzbefall. Die Sorte Pierre Corneille wurde das erste Mal im Feld getestet. Trotz vielversprechender Ergebnisse in der Triebtestung zeigte sie im Blütentest mehr als 35% Befall im Holz. Der Befall breitete sich jedoch nie mehr als 5 cm im Holz aus. Es scheint, dass das Wachstum des Befalls im Holz gestoppt wurde, was mit den Ergebnissen der Triebtestungen korreliert. Im Gegensatz dazu entwickelte die Sorte CH201, eine Agroscope Züchtung, sehr starken Befall im Holz. In der Triebtestung wurde sie als anfällig bis sehr hoch anfällig eingestuft.



Abbildung 25: Blütenbüschel der Birnensorte CH201 von Feuerbrand befallen, mit beginnender Blütenabzission.

3.3.3.3 Abszission

Nach den Beobachtungen von 2019 wurde für jede Sorte ermittelt, welcher Anteil von Blütenbüschel abgeworfen wurde. Gesunde Früchte und junge Triebe konnten sich daraufhin weiterentwickeln.

Die sogenannte Abszission konnte bei CH201 (Abb. 25) bei etwa 25% der Blütenbüschel beobachtet werden. Wenn keine Abstossung des infizierten Materials stattfindet, entwickelt sich der Befall sehr schnell bis zum Holz und breitet sich rasch im Trieb aus. Abszission konnte unterschiedlich stark bei Birnen- und Apfelsorten beobachtet werden. Pomme Bovarde warf mehr als 20% der infizierten Blütenbüschel ab. Enterprise und Gala zeigten keine Abszission.

3.3.4 Ergebnisse Blütentestung 2021

Die Inokulation der Birnensorten gestaltete sich 2021 wegen mehrerer Frostereignisse kompliziert. Die Sorten blühten über einem Zeitraum von fast zwei Wochen und die Blühstadien waren sehr inhomogen. Daher wurden die Bäume zu drei Zeitpunkten inokuliert. Währenddessen gab es mehrere Frostnächte gefolgt von vier weiteren Nächten nach der Inokulation, die mit Frostkerzen abgedeckt wurden, und in denen nur die Sorten Blaulängler und Späte Weinbirne nicht in Vollblüte und folglich noch nicht inokuliert waren. Nach dem Frost gab es noch einige nicht inokulierte Blütenbüschel. Die Sorten wurden daher erneut inokuliert, um einen Befall zu garantieren. Nach der letzten Inokulation blieb das Wetter kühl. Im Vergleich zu anderen Jahren entwickelten sich die Symptome langsamer.

3.3.4.1 Birnen

Die Ergebnisse der Referenzsorten zeigen, wie gering der Befall 2021 war (Abb. 28). Bei der anfälligen Sorte Passe Crassane trat nur 20-50% Holzbefall auf (je nach Inokulationszeitpunkt), wohingegen es z.B. 2020 80% Befall im Holz gab. Die robustere Sorte Harrow Sweet hatte bei nach dem Frost inokulierten Blütenbüscheln keinen Befall im Holz und weniger als 10% auf den zuvor inokulierten Büscheln. Bei Birnen wurde im Vergleich zu den Vorjahren nur sehr geringer Befall bei künstlicher Blüteninokulation bonitiert. Deshalb müssen die Ergebnisse von 2021 mit Vorsicht interpretiert werden. Sorten, die wenig Befall zeigten, könnten bei günstigeren Wetterbedingungen stark befallen werden. Die Sorte Madame Favre zeigt sich, wie im Triebtest, als sehr niedrig anfällig. Sie zeigte sogar mehr gesunde Blütenbüschel als die robuste Referenzsorte. Hingegen war die Sorte Bärker stark befallen, obwohl die Wetterbedingungen für den Erreger ungünstig waren. Die Sorte Knollbirne war vergleichbar mit Harrow Sweet, obwohl sie in der Triebtestung eher niedrig bis mittel anfällig war. Die Sorte Blaulängler zeigte mehr als 50% gesunde Blütenbüschel, die restlichen waren aber stark befallen, meistens mit Holzbefall. Die Sorte Späte Weinbirne zeigte weniger Abszission als Blaulängler, hatte aber nur wenig Befall im Holz (>5 cm), was auch mit den sehr guten Triebtestungsergebnissen korreliert (zweimal als «sehr niedrig» getestet).

3.3.4.2 Abszission

2021 gab es einen höheren Abszissionsanteil als in anderen Jahren, mutmasslich aufgrund der langsameren Entwicklung des Erregers im Pflanzengewebe. Die Sorte Madame Favre zeigte z.B. mehr als 60% Abszission der kranken Blütenbüschel. Die stark befallenen Sorten Passe Crassane und Bärker zeigten weniger Abszission (18 und 19% im Durchschnitt beider Inokulationszeitpunkte).

Diese Ergebnisse zeigen wie wichtig dieser Abszissionsprozess bei Birnen zu sein scheint. Weitere Beobachtungen sind jedoch nötig, um abzuklären, ob die Ursache nicht doch eine schlechte Bestäubung oder kühle Witterung ist, oder es sich tatsächlich um einen Abwehrmechanismus gegen *E. amylovora* handelt.

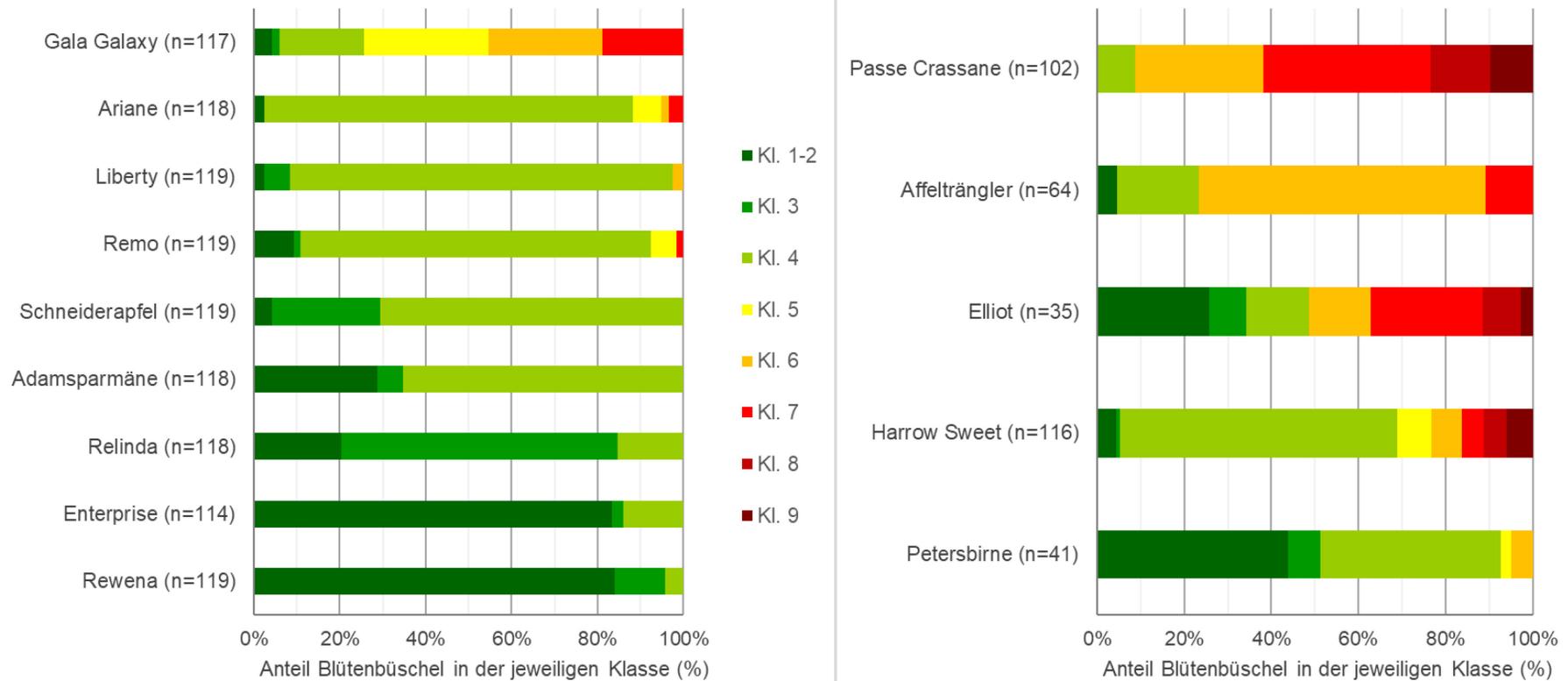


Abbildung 26: Ergebnisse Blütentestung 2019 – Links Äpfel, rechts Birnen (Boniturskala: 1: kein Befall, 2: unklare Symptome, 3: Blüteninfektion <1/3 Stiellänge, 4: >1/3 Stiellänge, 5: Blütenbüschel und –standstiel, 6: bis zum Jungtrieb, 7: Nekrose im Holz <5 cm, 8: 5<10 cm, 9: >10cm)

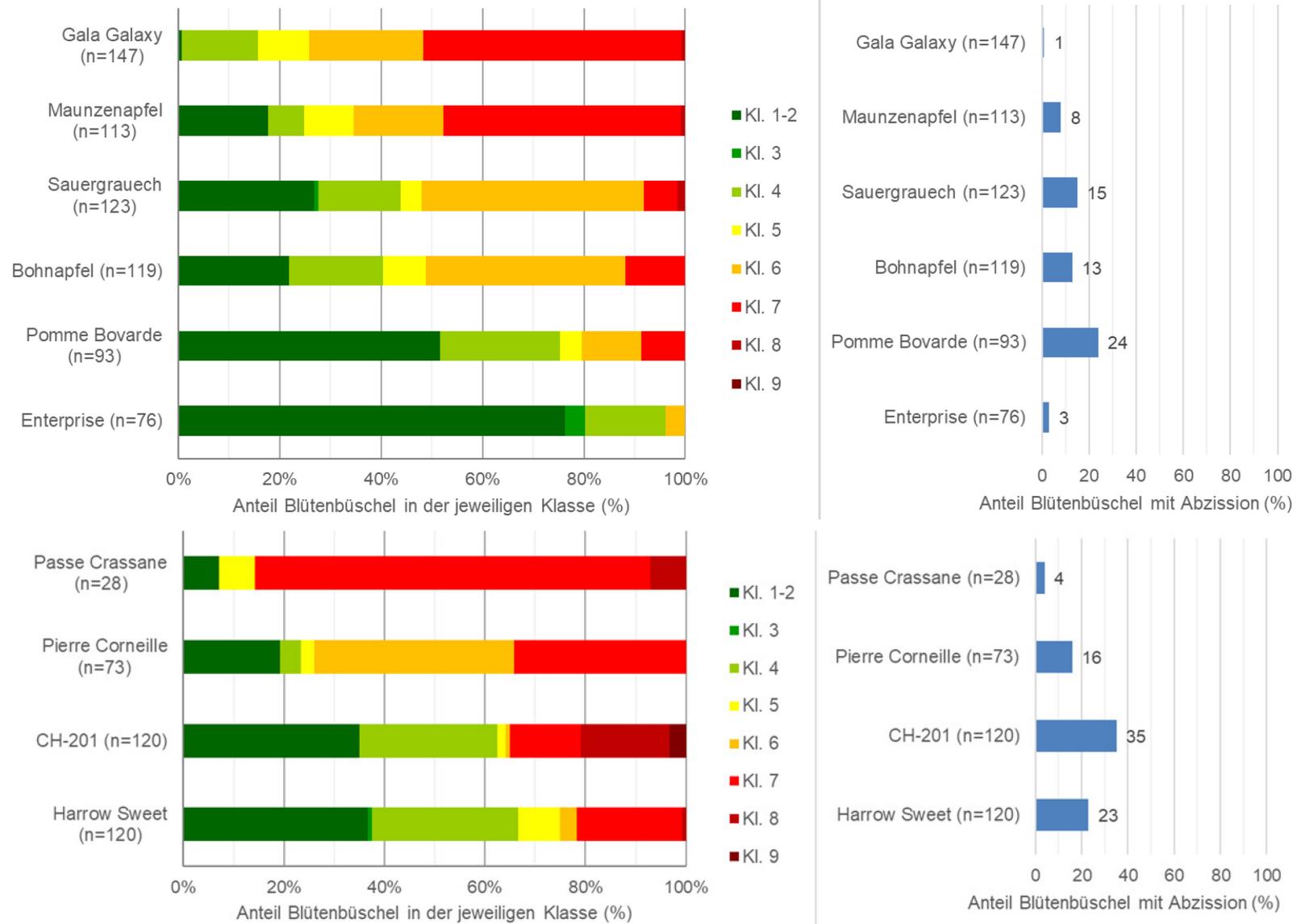


Abbildung 27: Ergebnisse Blütentestung 2020, oben Äpfel, unten Birnen.

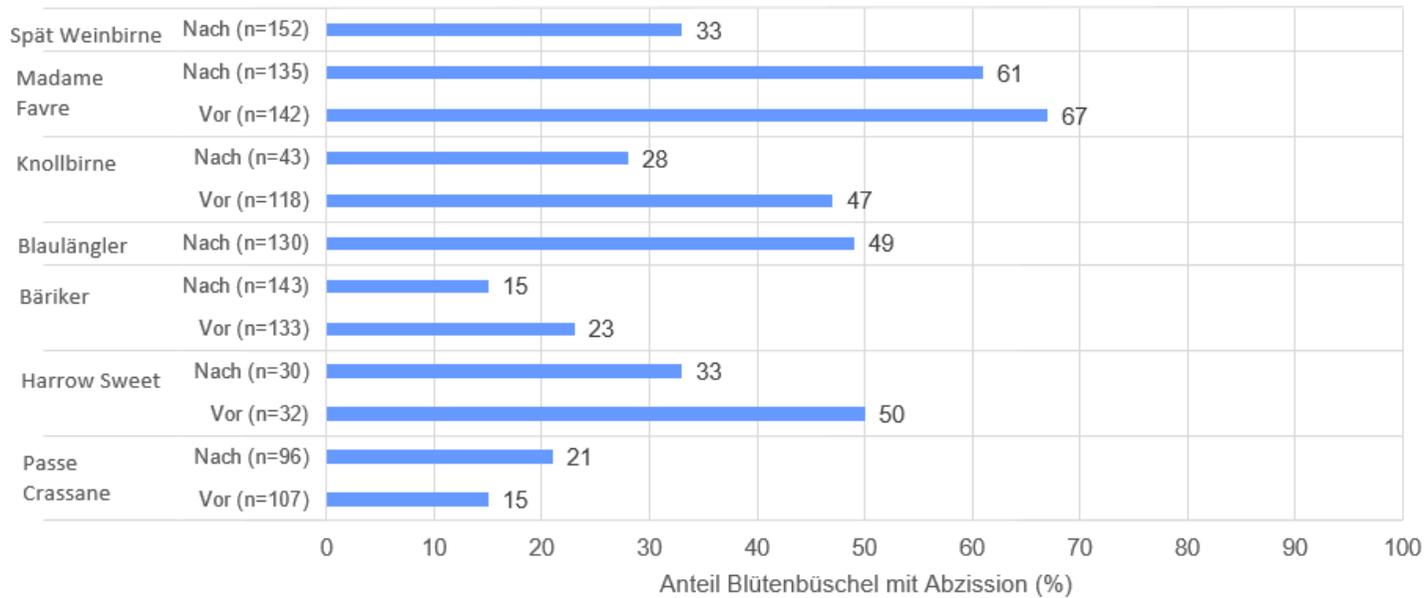
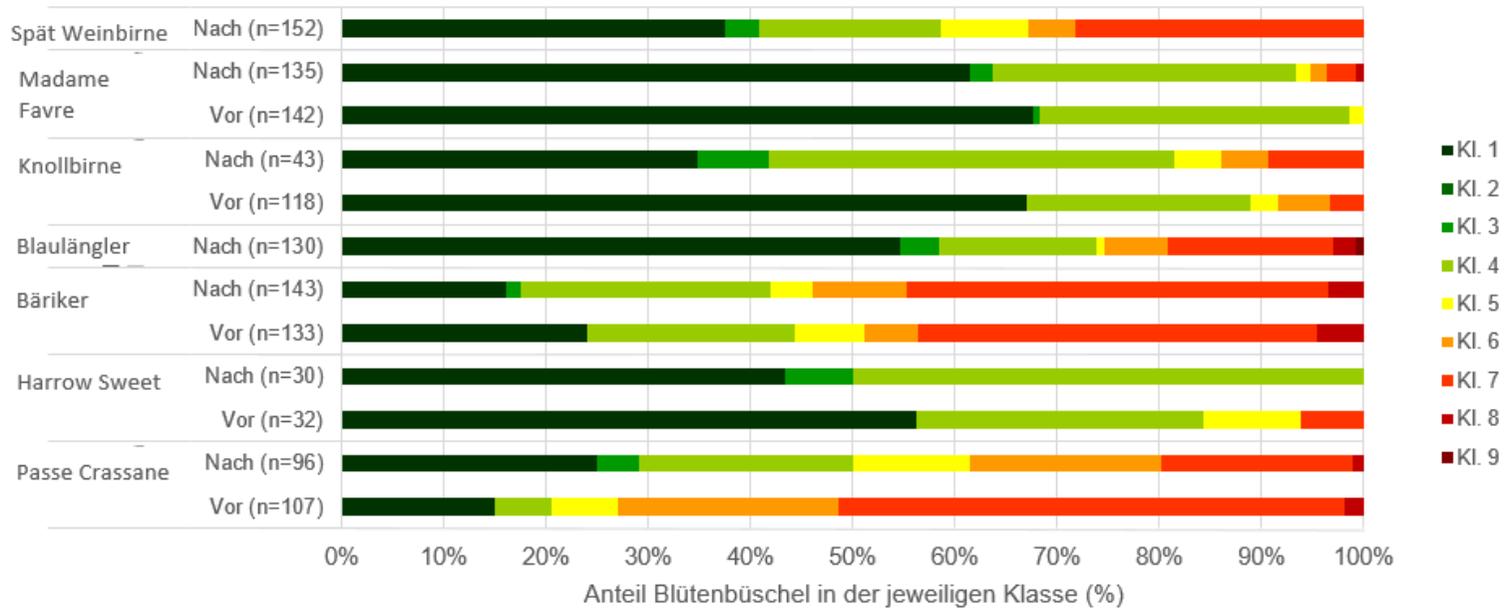


Abbildung 28: Ergebnisse Blütentestung 2021. Blütenbüschel wurden vor und nach einem Frostereignis inokuliert.

3.4 Zusammenfassung Sortentestung

3.4.1 Sortenanfälligkeit

In jedem Versuch wurden die Sortenunterschiede gut sichtbar. Manche Sorten zeigten sehr wenig Befall. Diese werden als robust bezeichnet. Es gibt keine resistente Sorte, da bei günstigen Bedingungen für den Erreger jede Sorte befallen werden kann. Der Unterschied liegt darin, wie weit der Befall sich entwickelt und mit welchem Aufwand sich die Bäume sanieren lassen. PSM-Versuche auf der anfälligen Sorte Gala Galaxy und der robusten Sorte Ladina zeigten, dass eine Kombination gezielter PSM-Anwendungen mit robusten Sorten eine wirksame Strategie darstellt.

Die Ergebnisse der vergangenen Jahre im Rahmen des Projekts HERAKLES Plus wurden genutzt, um die Sorten-Anfälligkeitsliste gegen Feuerbrand zu aktualisieren (folgende Seiten, Tabellen 15 und 16). Diese Liste dient als Unterstützung bei der Auswahl robuster Sorten gegen Feuerbrand und wird ständig mit neuen Ergebnissen aktualisiert.

3.4.2 Abwehrmechanismus gegen Feuerbrand

Die letzten Ergebnisse der Sortentestung zeigten, dass der Feuerbrandbefall sich je nach Sorte unterschiedlich entwickelt. Manche Sorten werden sofort stark befallen, während andere kaum Blütebefall entwickeln. Bei manchen Sorten werden die kranken Blüten schnell abgeworfen, während bei anderen der Holzbefall stark gebremst wird. Es scheint, dass die Verbreitung des Erregers innerhalb des Pflanzengewebes an verschiedenen Orten gebremst werden kann. Das könnte z. B. erklären, warum manche Sorten, die sehr gut in der Triebtestung abschneiden, in der Blütestestung schlecht bewertet werden: der Erreger wird wahrscheinlich ab der Triebinfektion gebremst. Zu

dieser Hypothese gibt es bisher jedoch noch keine wissenschaftlichen Belege.

Die neu beschriebene Abszission tritt oft in der Blütestestung auf, wurde aber bisher nicht im Feld quantifiziert. Es ist noch nicht klar, ob es sich dabei tatsächlich um einen Abwehrmechanismus der Pflanze gegen die Verbreitung des Erregers handelt oder um eine Reaktion auf ungünstige Konditionen um die Blüte herum, wie z. B. schlechte Bestäubung wegen kühler Wetterbedingungen plus Präsenz von Bakterien. Die Abszission scheint aber regelmässig aufzutreten, vor allem bei den Birnen. Das Verständnis dieses Mechanismus könnte in der Bekämpfung des Feuerbrands nützlich sein.

Frühere Laborversuche zeigten, dass in asymptotischen Trieben nach einer Inokulation der Triebspitze trotzdem Feuerbrand Bakterien vorhanden waren (Silvestri G, Egger S., 2010). Die Bakterien können sich im Gewebe ausbreiten, ohne dass sich Symptome entwickeln. Die inokulierten Bäume in der Blütestestung wurden jedes Jahr gemäss den Biosicherheitsanforderungen zurückgeschnitten und verbrannt. Es wurde noch nicht analysiert, ob *E. amylovora* im Stamm oder sogar in der Unterlage nach der Inokulation, trotz lokalisiertem Befall, auf der Blüte vorhanden war.

Gesundes Gewebe ist nicht frei von Feuerbrand, was auch die Versuche zum latenten Befall gezeigt haben (siehe nächster Paragraph Latenzbeprobung S.70). Asymptomatische Bäume können trotzdem Infektionsquellen für andere Wirtspflanzen sein. Die Sanierungsmassnahmen, wie Rückschnitt oder Rückriss, erfordern eine regelmässige Erfolgskontrolle.

Äpfel

Tabelle 15: Anfälligkeit Apfelsorten gegen Feuerbrand

| 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 (Referenz) | 7 |
| Gäsdonker Reinette | sehr niedrig | 2 | | |
| Grauer Hordapfel | sehr niedrig | 2 | sehr niedrig | 1 |
| Imara | sehr niedrig | 2 | | |
| Ingol | sehr niedrig | 2 | niedrig | 1 |
| Liberty | sehr niedrig | 3 | hoch * / sehr niedrig | 2 |
| Mägenwiler Klotzapfel | sehr niedrig | 2 | | |
| Maunzenapfel | sehr niedrig | 2 | hoch | 2 |
| Pomme Bovarde | sehr niedrig | 3 | niedrig | 1 |
| Reka | sehr niedrig | 2 | sehr niedrig | 1 |
| Relinda | sehr niedrig | 2 | mittel * / sehr niedrig | 2 |
| René | sehr niedrig | 2 | sehr niedrig / hoch * | 2 |
| Resi | sehr niedrig | 2 | niedrig | 1 |
| Retina | sehr niedrig | 2 | mittel | 1 |
| Rewena | sehr niedrig | Referenz | sehr niedrig | 3 |
| Seenger Moosapfel | sehr niedrig | 2 | | |
| Spartan | sehr niedrig | 1 | sehr niedrig | 1 |
| Zofinger Süssapfel 103515 | sehr niedrig | 1 | | |
| Zofinger Süssapfel PSR 11396 | sehr niedrig | 1 | | |
| ACW 11303 | niedrig | 9 | | |
| ACW 19256 | niedrig | 2 | | |
| Adamsparmäne | niedrig | 2 | sehr niedrig | 1 |
| Admiral | niedrig | 2 | mittel | 1 |
| Allegro | niedrig | 2 | | |
| Ariane | niedrig | 2 | hoch * / sehr niedrig | 2 |
| Battlerapfel | niedrig | 2 | | |
| Begginger Glocken | niedrig | 2 | | |
| Birnapfel / Mutterapfel (14-001-1647) | niedrig | 2 | | |
| Bittenfelder | niedrig | 2 | niedrig | 1 |
| Brugger Reinette | niedrig | 2 | | |
| Buchser Rosen | niedrig | 2 | | |
| Carla | niedrig | 1 | | |
| Coulon Reinette | niedrig | 2 | | |
| Doppelter Prinzenapfel | niedrig | 1 | | |

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|-------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| Eierlederapfel | niedrig | 2 | | |
| Goldrush | niedrig | 1 | | |
| Hauxapfel | niedrig | 2 | | |
| Judor | niedrig | 2 | | |
| Juliet® | niedrig | 1 | | |
| Mutterapfel | niedrig | 3 | | |
| Oberländer Himbeerapfel | niedrig | 2 | | |
| Opal® | niedrig | 3 | niedrig ** / mittel * / hoch *** | 3 |
| Reanda | niedrig | 2 | sehr niedrig | 1 |
| Remo | niedrig | 2 | sehr niedrig | 2 |
| Ribston Pepping | niedrig | 2 | | |
| Roter Egliswiler | niedrig | 2 | | |
| Rubinola | niedrig | 2 | sehr niedrig | 1 |
| Saurer Lederapfel | niedrig | 2 | | |
| Schneiderapfel | niedrig | 6 | niedrig ** / hoch / sehr niedrig | 3 |
| Schweizer Alant | niedrig | 2 | mittel *** / niedrig | 2 |
| Süsser Pfaffenapfel | niedrig | 2 | | |
| Süsser Verenacher | niedrig | 2 | | |
| Weisser Wintertaffet | niedrig | 2 | | |
| Zetzwiler Holzapfel | niedrig | 2 | | |
| Bohnapfel | niedrig - mittel | 2 | hoch * / hoch ** / hoch | 3 |
| Boskoop, S.H. | niedrig - mittel | 2 | mittel * / hoch ** / hoch *** | 3 |
| Heimenhofer | niedrig - mittel | 4 | niedrig *** / hoch | 2 |
| Aargauer Herrenapfel | mittel | 2 | | |
| Aargauer Quittenapfel | mittel | 1 | | |
| Aargauer Weinapfel | mittel | 1 | | |
| Akane (Primerouge) | mittel | 2 | | |
| Belpberger Reinette | mittel | 1 | | |
| Berlepsch | mittel | 1 | | |
| Biesterfelder Reinette | mittel | 2 | | |
| Chilchtalapfel | mittel | 1 | | |
| Damason Reinette | mittel | 3 | | |
| Dülmener Rosenapfel | mittel | 2 | | |
| Ernst Bosch PSR 12659 | mittel | 1 | | |
| Florina | mittel | 3 | niedrig | 1 |
| Goldparmäne | mittel | 1 | | |
| Graue Herbstreinette | mittel | 2 | | |
| Judaine | mittel | 2 | | |
| Judeline | mittel | 1 | | |
| Juliane | mittel | 1 | | |

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Kanada Reinette, Weisse | mittel | 2 | niedrig / mittel / hoch | 3 |
| Kidd's Orange | mittel | 2 | mittel | 1 |
| Königinapfel | mittel | 1 | | |
| Lipno | mittel | 2 | | |
| Muskatreinette | mittel | 1 | | |
| Niederlenzer | mittel | 1 | | |
| Rebella | mittel | 1 | | |
| Rubin | mittel | 1 | mittel | 1 |
| Rubinstep | mittel | 1 | | |
| Sauergrauech | mittel | 3 | sehr niedrig ** / sehr hoch * / hoch | 3 |
| Scilate (Envy®) | mittel | 3 | niedrig *** / sehr niedrig *** | 2 |
| Seeländer Reinette | mittel | 2 | | |
| Seemer | mittel | 1 | | |
| Shalimar | mittel | 2 | | |
| Silberreinette | mittel | 1 | | |
| Staffelbacher Gravensteiner | mittel | 1 | | |
| Steiholzreinette | mittel | 1 | | |
| Viktoria | mittel | 1 | | |
| Wehntaler Hagapfel | mittel | 2 | | |
| Wilerrot | mittel | 1 | sehr hoch ** | 1 |
| Aneta | mittel-hoch | 2 | | |
| WUR 159 (Natyra®) | mittel-hoch | 3 | sehr niedrig / hoch * | 2 |
| Angold | hoch | 2 | | |
| Annurca | hoch | 1 | | |
| Bernecker Wildling | hoch | 3 | sehr hoch ** | 1 |
| Berner Rose | hoch | 2 | | |
| Blauacher Wädenswil | hoch | 1 | | |
| Brünerling | hoch | 1 | | |
| Buhberger Apfel | hoch | 1 | | |
| Dettighofer | hoch | 3 | sehr hoch | 1 |
| Entfelder | hoch | 1 | | |
| Ernst Bosch 98475 | hoch | 1 | | |
| Ettlins Reinette | hoch | 1 | | |
| Gala Galaxy | hoch | Referenz | hoch (Referenz) | 8 |
| Galloway Pepping | hoch | 1 | | |
| Gehrer's Rambour | hoch | 1 | | |
| Golden Orange | hoch | 4 | mittel | 1 |
| Gravensteiner | hoch | 2 | | |
| Hediger | hoch | 3 | | |
| Hilde | hoch | 2 | | |

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|
| Iduna | hoch | 2 | | |
| Jerseyred | hoch | 2 | | |
| Julyred | hoch | 1 | | |
| Karneval | hoch | 2 | | |
| Lederapfel Baselland | hoch | 2 | | |
| Melfree | hoch | 1 | | |
| Mira | hoch | 2 | | |
| Oettwiler Reinette | hoch | 2 | | |
| Ohio Reinette | hoch | 4 | hoch | 1 |
| Orion | hoch | 1 | | |
| Pingo | hoch | 1 | | |
| 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 / mittel | 2 |
| Sonnenwirtsapfel | hoch | 2 | | |
| Topaz | hoch | 1 | | |
| Waldhöfler | hoch | 4 | hoch | 1 |
| Weinapfel, Börtlinger | hoch | 1 | | |
| Wellington | hoch | 1 | | |
| Wiehnachstkindli | hoch | 3 | | |
| Zaubergäurenette | hoch | 1 | | |
| Zeienapfel der Ostschweiz | hoch | 1 | | |
| Züriapfel 2 | hoch | 1 | | |
| Danziger Kant | hoch-sehr hoch | 4 | sehr hoch ** | 1 |
| Birnapfel / Birnenapfel (14-001-1214) | - | 0 | sehr hoch ** | 1 |
| 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 | | |

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|
| Schweizer Orange (Berner Orange) | sehr hoch | 3 | niedrig | 1 |
| Sirius | sehr hoch | 2 | | |
| Stäfner Rosen | sehr hoch | 3 | | |
| Steiholzsauegrauech | sehr hoch | 1 | | |
| Wagnerapfel | sehr hoch | 1 | | |

* = 2. Serie 2013 (sehr warm)

** = Frost 2017

*** = sehr wenige auswertbare Blütenbüschel (viel abgeworfen)

Birnen

Tabelle 16: Anfälligkeit Birnensorten gegen Feuerbrand

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|--|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
| Beierschmitt | sehr niedrig | 1 | | |
| Harrow Delight | sehr niedrig | 1 | | |
| Madame Favre | sehr niedrig | 2 | niedrig | 1 |
| Madame Verté | sehr niedrig | 3 | mittel bis hoch** - hoch**** | 2 |
| Old Home | sehr niedrig | 1 | | |
| Olivier de Serres | sehr niedrig | 1 | | |
| Naghins Butterbirne | sehr niedrig | 1 | | |
| Petersbirne | sehr niedrig | 2 | niedrig *** | 1 |
| Späte Weinbirne nach Pfau-Schellenberg | sehr niedrig | 2 | mittel | 1 |
| Harrow Sweet | niedrig | 15 (Ref.) | niedrig - mittel | 5 (Ref.) |
| Hüngler | niedrig | 2 | | |
| Josefine von Mecheln | niedrig | 2 | | |
| Pierre Corneille | niedrig | 2 | mittel bis hoch | 1 |
| Prattler Hasenbirne (Gg108) | niedrig | 1 | | |
| Rousselet de Reims | niedrig | 1 | | |
| Wahlsche Schnapsbirne | niedrig | 1 | | |
| Wilde Eierbirne | niedrig | 2 | | |
| Winternelis | niedrig | 2 | | |
| Zuckerbirne PSR 10606 | niedrig | 2 | | |
| Affelträngler | mittel | 2 | mittel *** | 1 |
| Amlisberger | mittel | 2 | | |
| Bayerische Weinbirne | mittel | 2 | | |
| Beurré le Brun | mittel | 1 | | |
| Blaulängler | mittel | 2 | mittel | 1 |
| Doppelte Philippsbirne | mittel | 2 | | |
| Elliot | mittel | 3 | mittel bis hoch *** | 2 |
| Fässlesbirne | mittel | 2 | | |
| Gansinger Wybeerli | mittel | 2 | | |
| Gelbbirne | mittel | 2 | | |
| Gute Luise | mittel | 2 | hoch **** | 1 |
| Hanslibirne | mittel | 1 | | |
| Hasenbirne | mittel | 2 | | |
| Fässlesbirne | mittel | 1 | | |
| Herbstgüetler | mittel | 2 | | |
| Herbstlängler | mittel | 2 | | |
| Heulampen Felder | mittel | 2 | | |
| Julidechantsbirne | mittel | 2 | | |

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|
| Karcherbirne | mittel | 2 | hoch | 1 |
| Kieffers Sämling | mittel | 1 | | |
| Klettgauer Dornbirne | mittel | 2 | | |
| Luzeiner Längler | mittel | 1 | | |
| Unbekannt (falsche Olivier de Serres) | mittel | 1 | | |
| Reinholzbirne | mittel | 4 | | |
| Schafbirne Toggenburg | mittel | 1 | | |
| Schweizer Wasserbirne | mittel | 3 | mittel bis hoch | 1 |
| Späte Weinbirne 2 | mittel | 1 | | |
| Trübler | mittel | 3 | | |
| Wettinger Holzbirne, Typ Stöckli | mittel | 1 | | |
| Winterdechantsbirne | mittel | 1 | | |
| Ankenbirne | hoch | 2 | | |
| Bäriker | hoch | 3 | hoch | 1 |
| Blutbirne Sommer | hoch | 1 | | |
| CH-201 (Fred®) | hoch | 1 | mittel | 3 |
| Clairgeaus Butterbirne | hoch | 1 | | |
| Conférence | hoch | 4 | hoch | 1 |
| Guntershauser | hoch | 2 | | |
| Gute Graue | hoch | 1 | | |
| Kalchbühler | hoch | 1 | | |
| Kollersbirne | hoch | 1 | | |
| Metzer Bratbirne | hoch | 2 | | |
| Nägelesbirne | hoch | 3 | | |
| Oheimer | hoch | 1 | | |
| Ottenbacher Schellerbirne | hoch | 2 | | |
| Palmischbirne | hoch | 3 | | |
| Sülibirne | hoch | 1 | | |
| Ulmer Butterbirne | hoch | 2 | | |
| Weissbirne | hoch | 1 | | |
| Weisslängler | hoch | 1 | | |
| Abbé Fétel | sehr hoch | 1 | | |
| Aermelbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Alexander Lucas | sehr hoch | 1 | | |
| Beurré Hardenpont | sehr hoch | 1 | | |
| Champagner Bratbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Gelbmöstler | sehr hoch | 1 | | |
| Gellerts Butterbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Goldschmeckler | sehr hoch | 1 | | |
| Gräfin von Paris | sehr hoch | 1 | | |

| Sorte | Einstufung nach Triebtest | Anzahl Triebtests | Einstufung nach Blütentest | Anzahl Blütentests |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|
| Grosser Katzenkopf | sehr hoch | 1 | | |
| Grünmöstler | sehr hoch | 1 | | |
| Herzogin Elsa | sehr hoch | 1 | | |
| Knollbirne | sehr hoch | 2 | niedrig bis mittel | 1 |
| Legibirne | sehr hoch | 1 | | |
| Marxenbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Neue Poiteau | sehr hoch | 1 | | |
| Oberösterreichischer Weinbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Packhams Triumph | sehr hoch | 1 | | |
| Passe-Crassane (Edelcrassane) | sehr hoch | 12 | hoch bis sehr hoch | 4 (Ref.) |
| Pastorenbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Schwarzrädler | sehr hoch | 1 | | |
| Theilersbirne | sehr hoch | 2 | | |
| Triumph von Wien | sehr hoch | 2 | | |
| Uta | sehr hoch | 2 | | |
| Welschbergler | sehr hoch | 1 | | |
| Welschbergler 2 | sehr hoch | 1 | | |
| Wettinger Weinbirne | sehr hoch | 1 | | |
| Zuckerbirne 132486 | sehr hoch | 1 | | |

* = 2. Serie 2013 (sehr warm)

** = Frost 2017

*** = sehr wenige auswertbare Blütenbüschel (viel abgeworfen)

**** = insgesamt starker Befall bei Birnen

3.5 Latenzbeprobung

Das Bakterium *Erwinia amylovora* verursacht nicht in jedem Fall Feuerbrand-Symptome. Der Erreger kann im Pflanzengewebe vorhanden sein ohne Symptome auszulösen. Dies bezeichnet man als Latenzbefall. Wie kann man sicher sein, dass eine stark befallene Parzelle nach der Sanierung wieder frei vom Erreger ist? Um diese Frage zu beantworten wurden in Zusammenarbeit mit der Fachstelle Obstbau des Kantons St. Gallen zwei Standorte des ehemaligen Interreg-IV Projektes «Gemeinsam gegen Feuerbrand» als ehemals starke Befallszonen ausgewählt. Diese Hochstammparzellen wurden nach starkem Feuerbrandbefall neu bepflanzt und regelmässig auf Latenzbefall untersucht. Es handelt sich um eine Parzelle in Muolen (Betrieb Müller, SG), die 2004 mit den relativ feuerbrandrobusten Sorten Boskoop und Schneiderapfel neu bepflanzt wurde und eine Parzelle in Marbach (Betrieb Brocker, SG), die im Herbst 2007 mit Boskoop, Sauergrauech und Schneiderapfel neu bepflanzt wurde.

Die zwei Anlagen werden seit Ende 2008 von der Fachstelle Obstbau SG 2- bis 4-mal pro Jahr beprobt (alle Beprobungen in Tabelle 17). Fünf Jungtriebe pro Baum wurden im Labor mittels qPCR auf den Feuerbrand-Erreger untersucht. Bis Ende 2015 wurden die Proben an der Universität Hohenheim (DE) im Labor von Prof. Ralf. T. Vögele und ab 2016 im Labor BioProtect GmbH (Konstanz DE) bearbeitet. Detaillierte Protokolle sind im Schlussbericht HERAKLES (S. Schöneberg et al., 2016) zu finden.

Während dem gesamten Beprobungsprozess gab es keine sichtbaren Feuerbrandsymptome, obwohl es bis 2014 regelmässig positive Proben in beiden Parzellen gab. In Muolen trat der Latenzbefall hauptsächlich in der Nähe vom alten, sanierten Befallsherd auf, welcher wahrscheinlich die Quelle des Latenzbefalls war. Für die Parzelle in Muolen gibt es keinen klaren Ausgangspunkt. Jungkrähen die sich oft in einer Windschutzhecke am Rand aufhielten, könnten vielleicht für die Verteilung des Erregers verantwortlich sein, da sie ab 2013 nicht mehr gesehen worden waren und der Nachweise von *E. amylovora* geringer wurde.

Seit 2015 gab es kaum positive Nachweise. Die Bakterien wurden selten gefunden. Die Parzelle ist aber nicht frei von Feuerbrand. Seit 2012 gab es kein starkes «Feuerbrandjahr» mehr. Bei günstigen Wetterbedingungen könnte wieder Befall auftreten. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Pflanzung und Produktion von feuerbrandrobusten Apfelsorten in Befallszonen möglich ist, trotz latentem Feuerbrandvorkommen. In kritischen Jahren müssen solche Parzellen gut beobachtet werden.

Tabelle 17: Feuerbrand Latenzbeprobung in Kanton SG von 2008 bis 2020

| | | 2008 | 2009 | | | | 2010 | 2011 | 2012 | | | | 2013 | | | 2014 | | | | 2015 | | | 2016 | 2017 | 2018 | | | | 2019 | | | | 2020 | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|------|---------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Okt. | Mai | Juli | Okt. | Dez. | | | Mai | Juli | Okt. | Nov. | April | Juli | Sept. | April | Juni | Aug. | Nov. | Aug. | Sept. | Nov. | | | Mai | Juni | Sept. | Nov. | Juni | Juli | Sept. | Okt. | Juni | Sept. | | | | | | | |
| Parzelle Marbach | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boskoop | R4 B11 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | 1,0.10 ⁵ | keine positive Probe | keine positive Probe | 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. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | | | |
| | R4 B22 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | 1,0.10 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. | 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 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | 1,0.10 ⁵ | | | 1,1.10 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. | 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. | |
| Sauergraeuch | R1 B9 | 6,0.10 ⁴ | 5,0.10 ⁴ | u.N. | u.N. | u.N. | keine positive Probe | keine positive Probe | 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. | 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 | u.N. | u.N. | 1,0.10 ⁴ | u.N. | 1,0.10 ⁵ | | | 6,5.10 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. | 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 B8 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | | | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | 1,1.10 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. | 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 B16 | u.N. | u.N. | 4,0.10 ⁷ | u.N. | 1,0.10 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. | 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. |
| Schneiderapfel | R5 B3 | 6,0.10 ⁴ | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | keine positive Probe | keine positive Probe | 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. | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boskoop | R1 B5 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | keine positive Probe | keine positive Probe | 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. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | | |
| | R1 B13 | - | - | - | - | - | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | R3 B6 | u.N. | 2,0.10 ⁵ | u.N. | u.N. | u.N. | | | u.N. | u.N. | u.N. | 1,1.10 ⁷ | u.N. | 6,1.10 ³ | 5,3.10 ⁴ | u.N. | u.N. | 2,0.10 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. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. |
| | R3 B14 | u.N. | 4,0.10 ⁶ | u.N. | u.N. | u.N. | | | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | 2,9.10 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. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. |
| | R3 B23 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | | | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | 1,2.10 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. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. |
| Schneiderapfel | R5 B4 | - | - | - | - | - | keine positive Probe | keine positive Probe | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | R5 B20 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | | | 4,9.10 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. | 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. | | |
| | R7 B7 | - | - | - | - | - | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | R7 B16 | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | u.N. | | | 3,1.10 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. | 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. | |
| | R7 B25 | - | - | - | - | - | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |

Legende

- u.N. Unter der Nachweisgrenze
- R Reihe
- B Baum
- 1,0.10³ Zelldichten in cfu/g Probenmaterial (= Mischprobe aus 5 Jungtrieben/Baum)
- + Positiv: Eine Probe zeigte ein positives Signal mit geringer Zellzahl, welches jedoch nicht reproduzierbar war. Nachweis in nur einer Wiederholung
- keine Probe

4 Teilprojekt 3: Anbau und Verarbeitung

4.1 Ideales Profil Mostobstsorte

Damit eine Apfelsorte sehr gut geeignet für die Saftproduktion ist, muss sie viele Kriterien erfüllen. Um die Sortentestung zu vereinfachen, wurden diese Kriterien in der folgenden Tabelle als Eigenschaften für ideale Mostobstsorten aufgelistet. Die verschiedenen Sorten in Testung wurden mit diesen Anforderungen beurteilt. Manche Sorten können nicht alle Kriterien erfüllen – z.B. aufgrund von zu wenig Anbauerfahrung mangels genügender Bäume, aufwendig in Erziehung und Schnitt, Alternanz, fehlende Ertragssicherheit etc. Sorten mit erheblichen Abstrichen können sich für die Nischenproduktion dennoch gut eignen, wie z.B. regionale Produkte, Direktvermarktung, Selbst-

versorgung. Diese sollten dennoch robust sein. Insgesamt ist die Anwendung von PSM im Mostanbau reduziert. Oft ist die Robustheit der Sorte, neben der Saftqualität, das entscheidende Kriterium für Nischensorten.

Die traditionellen Mostobstsorten erfüllen erfahrungsgemäss nicht alle Kriterien. Die perfekte Sorte gibt es nicht. Die folgende Liste (Tabelle 18) von Kriterien hilft aber, die Sorten zu beurteilen und gute Kandidaten zum richtigen Publikum zu bringen. Bei der Beschreibung der empfohlenen Sorten in einer geplanten Publikation werden alle Eigenschaften erwähnt.

Tabelle 18: Auflistung gewünschter Eigenschaften geeigneter Mostäpfel für die schweizerische Produktion

| Eigenschaft | | Ideale Mostobstsorte |
|-------------------|---------------------|--|
| Baum | Wachstum | - Wüchsige Sorten |
| | Krone | - Stabil - Luftig (weniger Krankheiten und einfacher zu schneiden) - Schönes, vitales Laub, idealerweise breitwüchsig |
| | Pflege | - Leicht zu schneiden - Wenig Formierung nötig |
| | Anfälligkeit | - Robust gegen die häufigsten Krankheiten (Schorf, Mehltau, Feuerbrand, Krebs, Monilia, Marssonina) |
| Produktion | Produktionseintritt | - Möglichst früh |
| | Alternanz | - Regelmässige und hohe Produktion |
| | Ertrag | - Möglichst hoch |
| | Erntefenster | - Kurz - Kein frühzeitiger Fruchtfall - Für neue Kandidaten Verarbeitungsspitze vermeiden (2. Hälfte Oktober) |
| | Früchte | - Geeignet für maschinelle Ernte |
| Ver- arbeitung | Safteigenschaften | - Gute, saubere Qualität (Geschmack und Aroma) - Mindestgehalt (von SOV Gremium): Zucker 11.2 °Brix, Säure 5 g/l, Ausbeute 77%, keine Bitterkeit und Adstringenz - Positiver Gesamteindruck des Safts für Konsumenten, ZSV-Wert alleine reicht nicht einen Saft zu beschreiben |
| | Kundschaft | - Kleinere bis grössere Mostereien, Verwendung als Mischpartner und sortenreine Säfte / Spezialsäfte |
| | Min. Kriterien | - Robustheit - Ertrag und keine Alternanz - Qualitätsansprüche SOV |

4.2 Pilotanlagen

In dem vorgängigen Projekt SOFEM wurden Pilotanlagen in der Ostschweiz für die Sortenprüfung mit interessanten, feuerbrandrobusten Mostapfelsorten bepflanzt. Diese Anlagen werden jedes Jahr bonitiert und die Sorten nach ihren Eigenschaften beurteilt.

Die Sorte Hauxapfel, eine Mostapfelsorte aus Deutschland, wird z.B. bei einem Produzenten in Mörschwil (SG) seit 2018 bonitiert. Die Bäume wurden 1994 und 2014 gepflanzt, der Stammumfang und der Ertrag werden nicht erhoben. Diese Sorte zeigt einen hohen Säuregehalt und scheint anfällig gegenüber Mehltau und Monilia zu sein. Um mehr Erfahrung zu sammeln, wurde diese Sorte 2019 in der Pilotanlage in Flawil (Betrieb Schilliger SG) mit zwei anderen Sorten (Pomme Boverde und Mutterapfel) jeweils auf zwei Bäumen neu veredelt.

Die Pilotanlage am LZSG (Landwirtschaftliches Zentrum Sankt Gallen) in Flawil wurde im Frühling 2020 gerodet, da die Bäume zu gross geworden waren. Sie wurde nicht ersetzt.

In der Pilotanlage am Strickhof in Wülflingen (ZH) wurde eine Reihe mit Wehntaler Hagapfel umveredelt. Diese Sorte wurde im Kanton ZH im Rahmen eines FRUCTUS-Projekts wiedergefunden und zeigt sich robust gegen die meisten Mostapfelkrankheiten. Durch das Umpfropfen stehen die Sorten Schneiderapfel, Heimenhofer und Enterprise nicht mehr in Wülflingen; von diesen Sorten wurden jedoch bereits genug Daten gesammelt.



Abbildung 29: Herbst 2021, neu bepflanzen Pilotanlage in Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH), links Hochstamm, rechts die gleichen Sorten auf Niederstamm.

Des Weiteren wurde die Pilotanlage am Versuchsbetrieb von Agroscope in Wädenswil im Frühling 2021 gerodet. Im Winter 2021 wurde die Parzelle mit den folgenden Sorten neu bepflanzt (Abb. 29), jede Sorte auf Niederstamm auf C11 (26 Bäume je Sorte) und als Hochstamm (4 bis 5 Bäume je Sorte):

- Heimenhofer
- ACW 11303
- ACW 16426
- Empire
- Opal®
- René
- Rubinola
- Wehntaler Hagapfel

Diese Sortenauswahl wurde in Absprache mit den Projektpartnern und den Kolleginnen und Kollegen der Agroscope Forschungsgruppe Züchtung und Genressourcen Obst getroffen. Der Fokus lag auf potenziell vielversprechenden Mostapfelsorten, für die es noch ungenügend Erfahrung gibt. Es gibt zurzeit noch keinen neuen Spezialmostapfel-Kandidaten im geprüften Sortensortiment von HERAKLES Plus. In den letzten Jahren wurde kein Antrag zu Spezialmostapfelsorten gestellt, da es aktuell kein Interesse für eine Erweiterung von Seite der Kommission gibt. Die Spezialmostapfelfrage wird man in den kommenden Jahren weiter diskutieren müssen.

Die folgende Tabelle fasst alle Sorten zusammen, die im Rahmen des Projekts bewertet wurden. Die Sorten Bittenfelder, Dalinette, Dettighofer, Enterprise, Imara, Ingol, Santana, Schweizer Alant und Wehntaler Hagapfel wurden aufgrund nicht ausreichender Daten und/oder ihrer weniger hohen Bedeutung für Mostanlagen nicht in die folgende zusammenfassende Tabelle eingefügt.

Tabelle 18: Im Projekt HERAKLES Plus und Vorgängerprojekten getestete Sorten.

| Sorte | Pflanzung/ Gepfropft - Rodung | Erziehungsform* | Sorte | Pflanzung/ Gepfropft - Rodung | Erziehungsform* |
|---------------------|---|--|--|--|--|
| ACW 11303 | 2009-2021 Neu ab 2022 | NS auf P14 HA auf MM111 Neu NS auf C11 und HS | Opal® | 2012-2020 2012 2012 Neu ab 2022 | NS auf MM111 HS HS NS auf C11 und HS |
| | 2010 | HS | | Reanda | 2012 2010 2009 |
| ACW 12556 | 2014 | HS | Reglindis | | 2009-2021 2012-2020 2009 |
| ACW 16426 | 2014 | HS | | Reka | 2009-2021 2009 2009 |
| Admiral | 2010 2009-2021 | HS NS auf P14 HA auf MM111 | Relinda | | 2012-2020 2017 2012 |
| | 2009 2009 | HS HS | | Remo | 2009-2021 2009 2012 |
| Bittenfelder | 2020 | HS | René | | 2012 2009 2012-2020 2012 2016 Neu ab 2022 |
| Boskoop | 2009-2021 2012 | NS auf P14 HA auf MM111 NS auf C11 | | Rewena | 2009-2021 2012 2009 2010 2009 |
| | Dalinette | 2012-2020 2010 | NS auf MM111 HS | | Santana |
| Dettighofer | | 2012 | HS | Schneider- apfel | |
| Empire | 2009-2021 Neu ab 2022 | NS auf P14 HA auf MM111 Neu NS auf C11 und HS | Schweizer Alant | | 2017 2015 |
| | 2009 2012-2020 2009 | HS NS auf MM111 HS | | Wehntaler Hagapfel | 2017 2015 Neu ab 2022 |
| Enterprise | 2009-2021 2012-2020 2012-2021 | NS auf P14 HA auf MM111 NS auf MM111 NS auf C11 | *NS = Niederstamm, HS = Hochstamm, HA = Halbstamm Jede Zeile entspricht einer anderen Parzelle. | | |
| | Florina | unbekannt 2009 2009 | | | |
| Hauxapfel | 1994 und 2014 | HS | | | |
| Heimenhofer | 2012-2021 2012-2020 2009 2010 2009 Neu ab 2022 | NS auf M26 NS auf MM111 HS HS HS NS auf C11 und HS | | | |
| | Imara 21/5/215 | 2012-2020 2012 | NS auf MM111 HS | | |
| | Ingol | 2012-2020 2012 | NS auf MM111 NS auf C11 | | |
| | Liberty | 2012-2020 2012 2009-2021 | NS auf MM111 NS auf C11 NS auf P14 HA auf MM111 | | |
| | | 2010 2009 2009 | HS HS HS | | |
| | | HS | | | |

4.3 Wachstum

In den Pilotanlagen wurde jedes Jahr der Stammumfang der Bäume gemessen, um das Wachstum zu vergleichen. In den folgenden Paragraphen wird der Fokus auf die Niederstammanlagen gelegt. In der Tat wird das Wachstum auf Hochstamm stark von der Stammbildersorte beeinflusst. Ausgehend von der mehrjährigen Erfahrung auf Nieder- und Hochstamm

wurde die Tabelle 19 Seite 77 erstellt. Sie vergleicht das Wachstum der mehrfach beurteilten Sorten im Rahmen des Projekts HERAKLES Plus und der vorherigen Projekte. Da das Wachstum stark vom Standort, der Unterlage und dem Schnitt beeinflusst wird, sind diese Informationen qualitativ zu betrachten.



Abbildung 30: Oben links: Opal Bäume, Betrieb Staub, Wädenswil ZH. Oben rechts ACW 11303, unten links ACW 12556, unten rechts Heimenhofer, Betrieb Schilliger Flawil SG. Fotos Juli 2021.

4.3.1 Feldbeobachtungen auf Niederstamm

4.3.1.1 Parzelle LZSG Flawil (SG)

Diese Parzelle wurde 2020 gerodet, da die Bäume auf MM111 zu gross geworden waren. Stark wüchsige Sorten wie Schneiderapfel, Schweizer Alant und Wehntaler Hagapfel werden nicht auf Niederstamm empfohlen. Sie wachsen dort zu stark und tragen kaum Früchte oder alternieren stark.

4.3.1.2 Parzelle Strickhof Wülflingen (ZH)

Am Strickhof wird deutlich, dass die Unterlage M26 schwächer als C11 ist. Schneiderapfel ist die am stärkste wachsende Sorte, gefolgt von René und Boskoop. René zeigt sich deutlich wüchsiger als die anderen Re-Sorten. Die Sorte Reanda wächst in dieser Parzelle extrem schwach. Die Re-Sorten, vor allem Rewena, neigen mehr als die anderen Sorten zu Eisen-Mangelsymptomen.

4.3.1.3 Parzelle Agroscope Wädenswil (ZH)

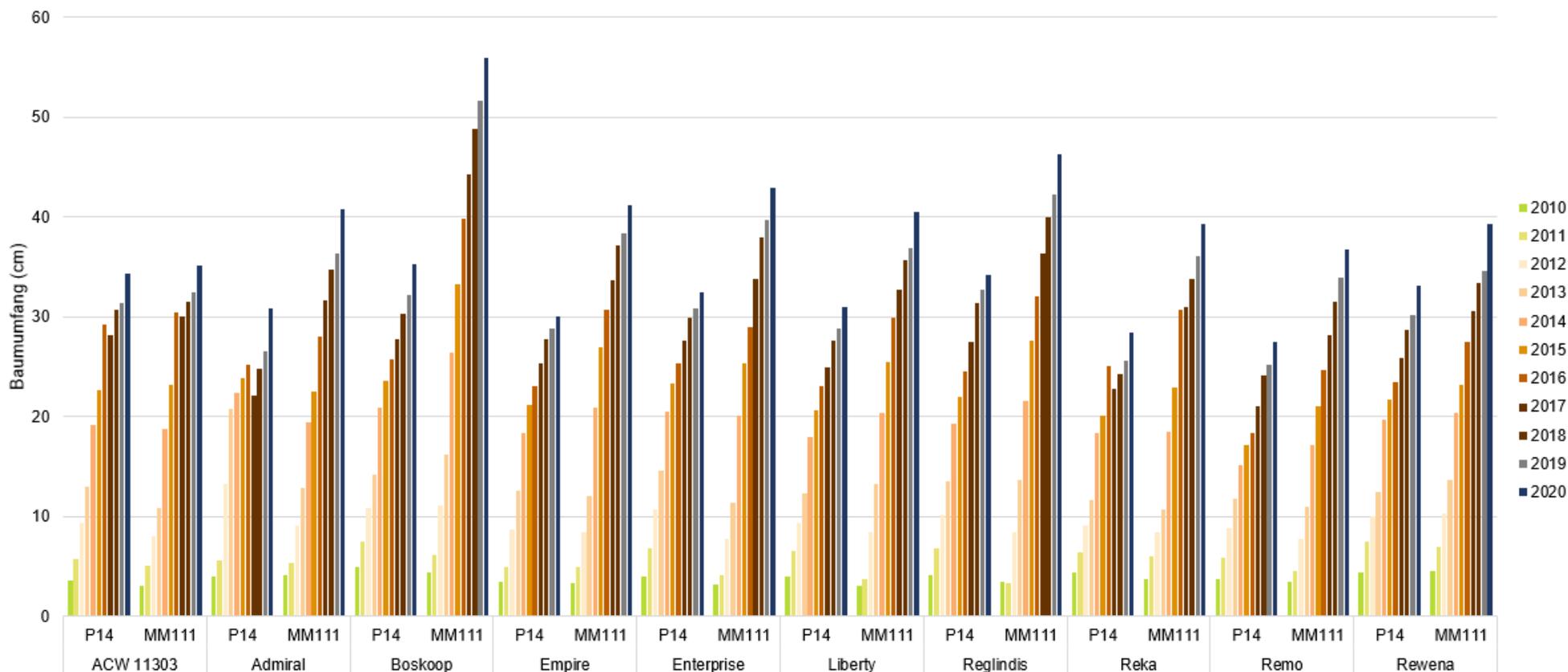


Abbildung 21: Stammumfang Niederstammanlage im Versuchsbetrieb Agroscope Wädenswil (ZH) von 2010 bis 2020.

In der Versuchsparzelle von Agroscope in Wädenswil wurde jede Sorte als Niederstamm auf P14 und als Halbstamm auf MM111 erzogen. Auf MM111 wurden die Stämme erwartungsgemäss grösser. Die Sorte ACW 11303 bildete eine Ausnahme, denn bei ihr war der Stammumfang auf beiden Unterlagen gleich. Boskoop zeigte sich eindeutig als wüchsigste Sorte der Anlage, gefolgt von Reglindis, Enterprise, Empire und Admiral. Remo war weniger wüchsig als

Rewena. Die Sorte Reka war ebenfalls weniger wüchsig als die anderen Sorten, was am Standort in der Parzelle liegen könnte (aufgeschütteter Boden, sehr heterogen). Bei ACW 11303 und Admiral, die in der gleichen Reihe gepflanzt waren, wurde ebenfalls ein schwacher Wuchs beobachtet, obwohl Admiral als eher starkwüchsige Sorte gilt.

4.3.2 Fazit

Tabelle 19: Wachstumseigenschaften der interessantesten Sorten aus den Projekt HERAKLES Plus.

| Sorte | Kronengrösse (1=sehr klein, 5=mittel, 9=sehr gross) | Wuchsform (1=sehr aufrecht, 5=mittel, 9=lang überhängend) | Wuchsstärke (1=sehr schwach, 5=mittel, 9=sehr stark) | Stabilität (1=sehr schlecht, 3=ungenügend, 5=genügend, 7=gut, 9=sehr gut) | Garnierung (1=sehr schwach, 5=mittel, 9=sehr stark) | Geeignet für | | Bemerkungen X: geeignet für die Erziehungsform NS/Niederstamm resp. HS/Hochstamm m: möglich mit dieser Erziehungsform aber nicht ideal, stark wüchsiger Stammbilder wie Schneiderapfel empfohlen für die Entwicklung einer grösseren und stabileren Krone als HS, ?: noch nicht genügend Erfahrung vorhanden |
|----------------|--|---|--|---|---|-----------------|-----------|---|
| | | | | | | Niederstamm | Hochstamm | |
| ACW 11303 | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | X | X | Sehr schöne Krone |
| ACW 12556 | 5 | 6 | 5 | 4 | 5 | X | X | Noch wenig Erfahrung |
| ACW 16426 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | X | X | |
| ACW 19256 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | X | X | |
| Admiral | 7 | 5 | 6 | 7 | 4 | | X | Grosse kahle Äste, triploid |
| Boskoop | 8 | 5 | 8 | 7 | 5 | m | X | Grosse stabile Krone, triploid |
| Empire | 6 | 5 | 5 | 7 | 6 | X | X | Gleichmässig stabile Krone |
| Florina | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | ? | X | Luftige Krone, etwas düntriebiger |
| Hauxapfel | 6 | 3 | 5 | 4 | 5 | | X | In jungen Jahren mit Schnitt für gute Garnierung sorgen, überhängende Fruchstäbe |
| Heimenhofer | 7 | 4 | 6 | 7 | 5 | | X | Aufrechte Leitäste, eher hoch als breit |
| Liberty | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | m | X | Oft wenig vitales Laub, luftig |
| Opal® | 5 | 5 | 4 | 6 | 8 | X | m | runde und dichte Krone, vitales Laub |
| Reanda | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | X | | Flattrig, keine schöne Krone auf HS, zu wenig/schlechte Erfahrung auf NS |
| Reglindis | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | X | m | Wüchsig für eine Re-Sorte, etwas sparrig |
| Reka | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | X | m | Schwach wüchsig, elastisches Holz, kaum Erfahrung auf NS |
| Relinda | 6 | 7 | 6 | 4 | 6 | X | ? | Gerüstäste aufrecht, lang überhängendes Fruchtholz, stark verzweigt, dichte Krone |
| Remo | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | X | m | Schmale aufrechte Krone, Pflanzung mit engerem Abstand möglich, beim Schneiden aufpassen auf Entwicklung kahler Stellen |
| René | 5 | 4 | 6 | 5 | 4 | X | X | Aufpassen beim Schnitt, da aufrechte Leitäste, z.T. überhängend mit Gewicht, verkahlend in der Mitte, weniger düntriebiger und wüchsiger als andere Re-Sorten |
| Rewena | 5 | 4 | 5 | 5 | 7 | X | X | Düntriebiger aber stabil, Schnitt aufpassen, gegenüber Nährstoffmangel anfällig auf schwachem Boden |
| Schneiderapfel | 9 | 5 | 9 | 8 | 6 | | X | Grösste Bäume |

4.4 Ertrag

Ausser in den Anlagen in Mörschwil und Neukirch wurde jedes Jahr das Erntegewicht für jede Sorte erhoben und der Ertrag in kg/Baum berechnet. Die Erträge der letzten Jahre sind in den folgenden Graphiken dargestellt. Ob die Sorten als Hochstamm oder Niederstamm gepflanzt sind, hat einen grossen Einfluss auf den Ertragseintritt und den Ertrag selbst. Ab 2021 wurden die Erntemengen im Versuchsbetrieb Strickhof Wülflingen nicht mehr erhoben. Die Parzelle wurde nicht mehr mit Fungiziden behandelt, um die Marssonina-Versuche in der Nähe zu fördern. Ein frühzeitiger Blatt- und Fruchtfall wurde beobachtet und eine ausreichende Versuchsernte war dadurch nicht möglich.

4.4.1 Hochstamm

Die Hochstammparzelle (Abbildung 33 S. 79) bei Familie Schilliger ist die grösste Pilotanlage des Projekts HERAKLES Plus. Die Hälfte der Sorten wurde 2009 und 2010 veredelt. Die Bäume sind inzwischen im Vollertrag.



Abbildung 32: Von links nach rechts: ACW 11303, Empire und Heimenhofer in Betrieb Schilliger (Flawil SG), Ernte 2020.

In der Hochstammanlage in Wädenswil (Abbildung 34 S. 79) ist der Einfluss des Frosts aus dem Jahr 2017 immer noch gut sichtbar, vor allem bei alternanzanfälligen Sorten wie Liberty und Heimenhofer. Die Sorte Schneiderapfel alterniert auch stark, dazu kommt ein später Ertragseintritt. Die Sorten Admiral und Opal® sind in dieser Anlage die produktivsten, obgleich Opal® zwei Jahre später als Admiral veredelt wurde. Liberty hatte über alle Jahre gesehen hohen Ertrag, obwohl das Wachstum einer der zwei Bäume durch Mäusebefall geschwächt war. Rewena und Remo zeigen einen trotz Frostereignis sehr regelmässigen, aber geringeren Ertrag. Vor allem die Sorte Remo zeigt sich als

Die Sorten Rewena, Remo und Reanda zeigten sich dort als die produktivsten, hingegen Reka und Reglindis als die unproduktivsten Sorten. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus der Versuchsparzelle von Agroscope. Die anderen Sorten weisen einen mittleren Ertrag auf. Die natürliche Alternanzneigung der Sorten ist in der Parzelle schwierig zu beurteilen, aufgrund der Frostereignisse von 2017 und 2021. Florina, Empire und Admiral zeigen die grössten Schwankungen.

Die Bäume, die mit Opal® veredelt wurden, zeigen kein optimales Wachstum (Staunässe, Mäuse). Die Ertragsdaten dieser Sorte sind deswegen nicht repräsentativ. Die Bäume der Sorte Imara sind an einer ungünstigen Stelle gepflanzt und der Ertrag dadurch in Mitleidenschaft gezogen. Die ACW-Zucht Nummer 12556 zeigt bisher einen sehr regelmässigen, aber noch eher tiefen Ertrag. Es ist jedoch zu früh, die Produktivität der später auf Hochstamm veredelten Sorten zu beurteilen.

schwachwüchsig, was sich in den stagnierenden Erträgen widerspiegelt. Aufgrund der kleinen Krone könnte evtl. der Pflanzenabstand reduziert und dadurch der Flächenertrag erhöht werden. Die zwei ACW-Zucht Nummern wurden vier Jahre später veredelt, deshalb ist zurzeit eine Aussage zum Ertrag noch schwierig, zumal 2021 alle Blüten erfroren sind. Die Bäume der Sorte Dettighofer wachsen nicht gut und tragen daher selten Früchte. Die Reiser kamen von einem alten Hochstamm. Bei anderen veredelten Dettighofer Bäumen wurden dieselben Probleme erwähnt. Mögliche Ursache sind Viren im Mutterbaum. Diese Sorte wird nicht empfohlen.

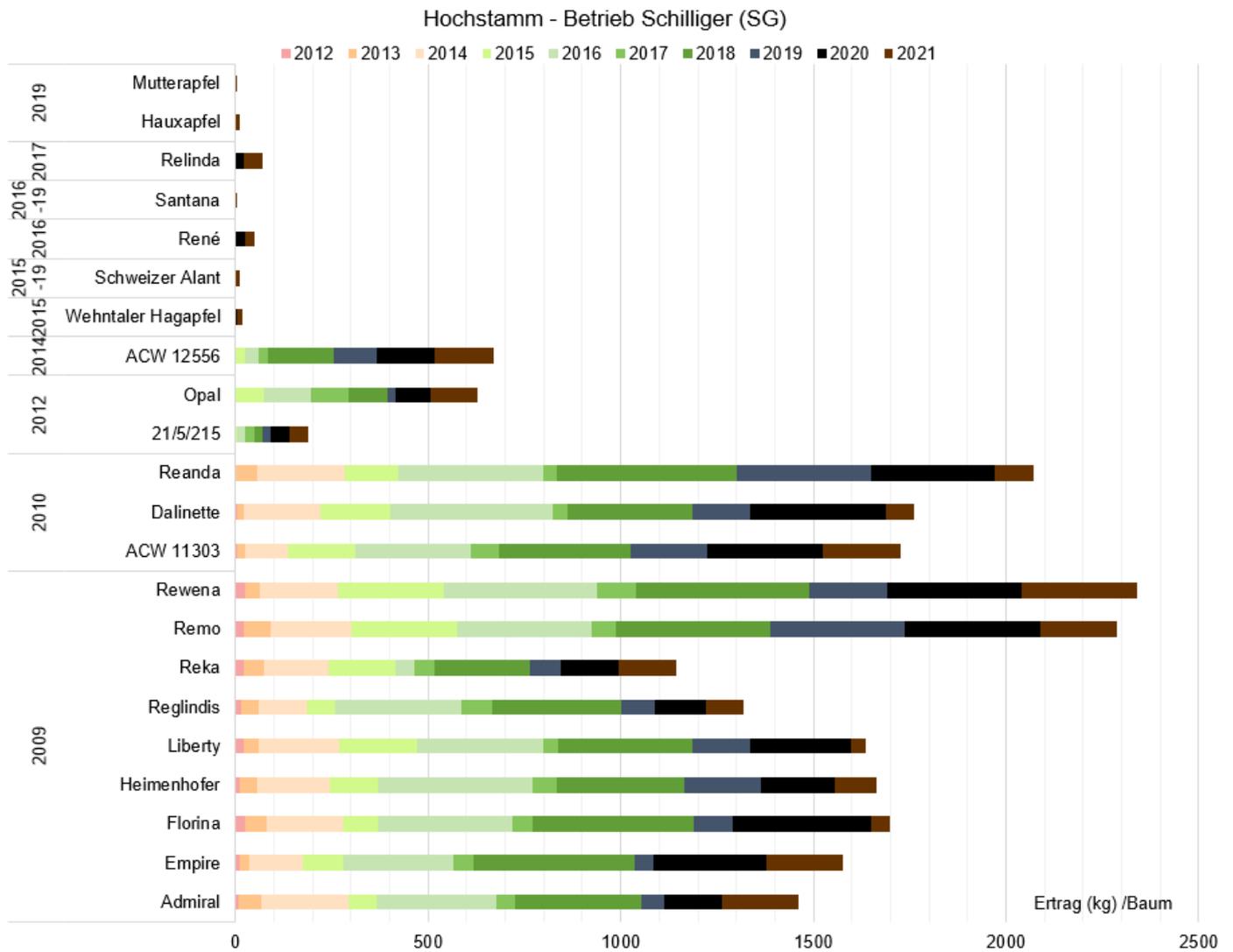


Abbildung 33: Kumulierte Erträge Hochstammanlage Betrieb Schilliger in Flawil (SG)

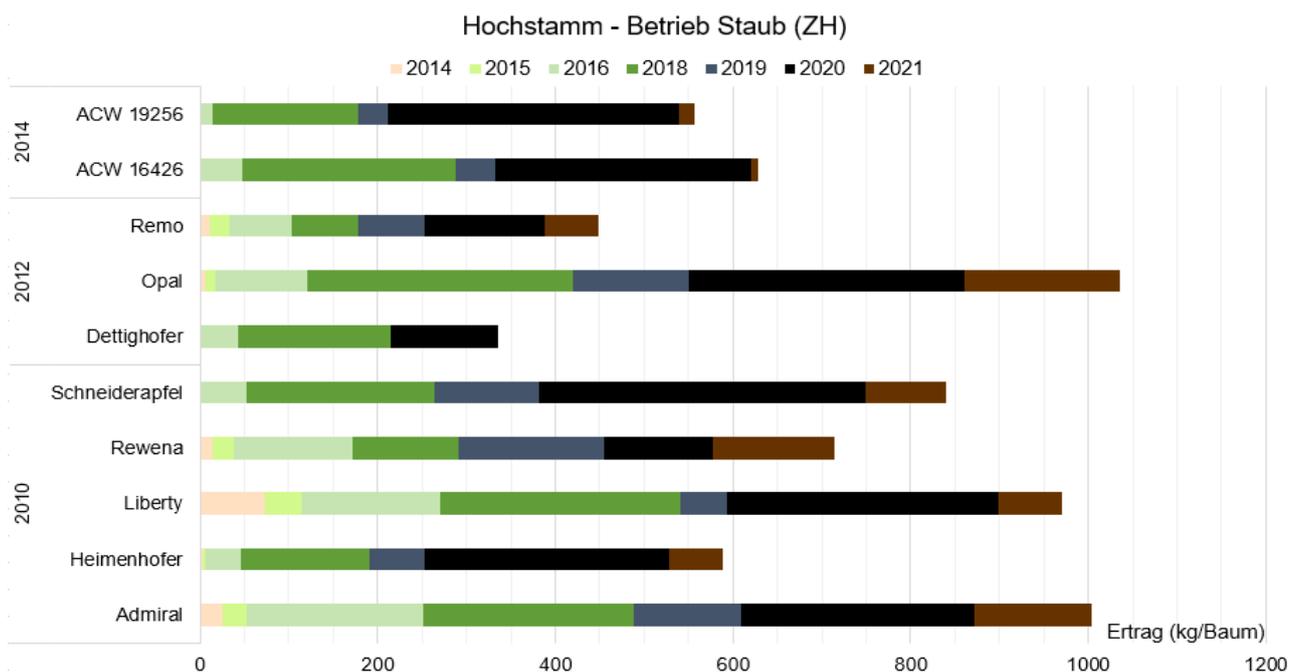


Abbildung 34: Kumulierte Erträge Hochstammanlage Betrieb Staub in Wädenswil (ZH)

4.4.2 Niederstamm

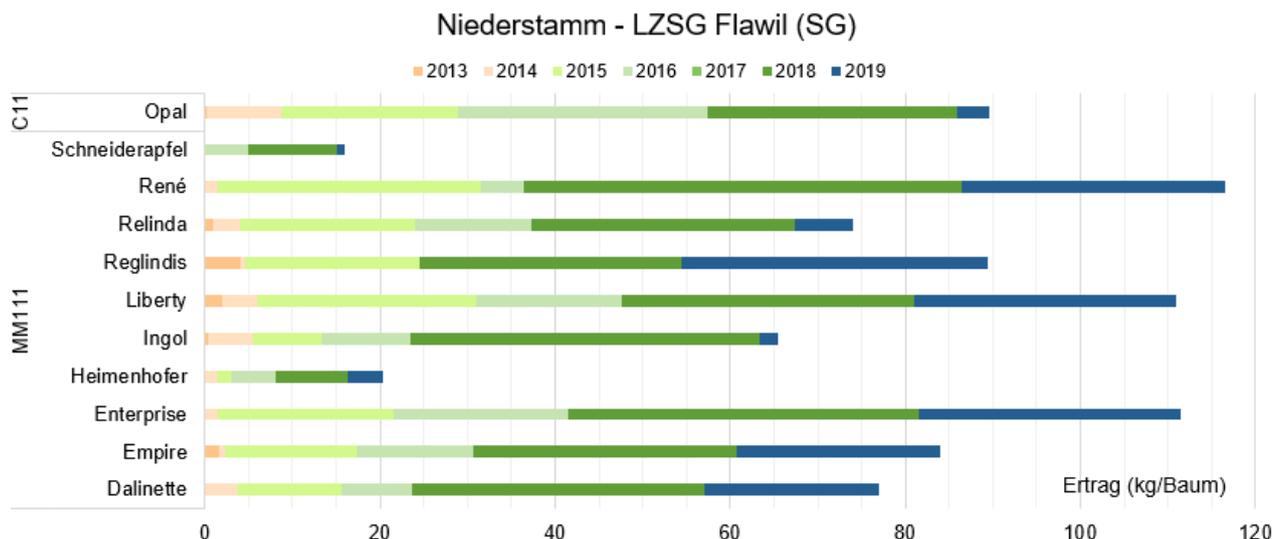


Abbildung 35: Kumulierte Erträge Niederstammanlage Versuchsbetrieb LZSG in Flawil (SG)

Acht Jahre lang wurde die Niederstammparzelle am Versuchsbetrieb des LZSG (Abbildung 35) beobachtet und schliesslich gerodet. In der Tat sind die Bäume schnell zu gross geworden, vor allem jene der Sorte Schneiderapfel. Diese ist auf Niederstamm überhaupt nicht geeignet, was durch den zu geringen Ertrag gut sichtbar war. Diese Sorte kommt spät in den Ertrag und ist zu wüchsig. Die Sorten René, Liberty und Enterprise zeigten sich als die produktivsten, auch wenn letztere sehr anfällig auf Krebs war und die Bäume stark befallen

waren. Wegen Datenerhebungsproblemen konnte der Ertrag der Sorte Heimenhofer hier nicht dargestellt werden. Ohne den geringen Ertrag im 2019 wäre Opal® auch eine der produktivsten Sorten. Empire und Dalinette zeigten sich, wie bei Schilliger, als mittel produktive Sorten. Ingol und Relinda schienen stärker zu alternieren als die anderen Sorten. 2017 konnten wegen der starken Frostereignisse keine Daten erhoben werden.

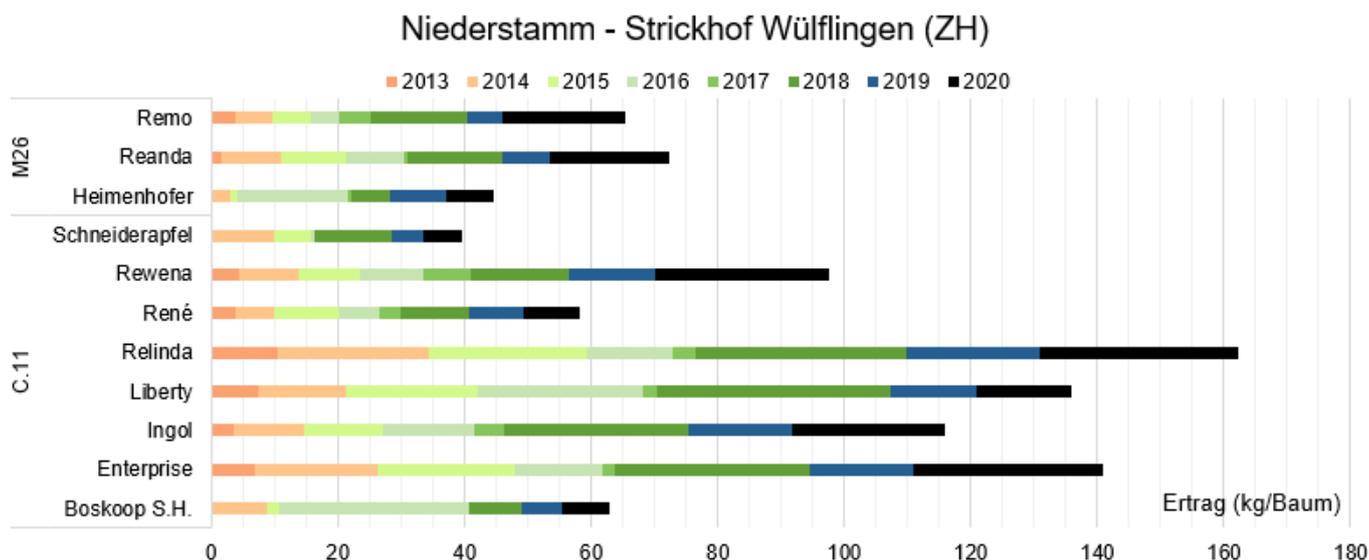


Abbildung 36: Kumulierte Erträge Niederstammanlage Versuchsbetrieb Strickhof in Wülflingen (ZH)

In der Parzelle am Versuchsbetrieb des Strickhofs (Abbildung 36) gab es grosse Produktionsunterschiede zwischen den Sorten. Z. B. produzierte Relinda insgesamt doppelt so viel wie Remo oder René. Diese gehörten in anderen Anlagen zu den produktivsten. In Wülflingen scheinen die schwach wüchsigen Bäume auf der schwachen Unterlage zu leiden. Die typischen Hochstammsorten Boskoop, Heimenhofer und

Schneiderapfel zeigen wieder, dass stark wüchsige Sorten als Niederstamm gepflanzt zu einem geringen Ertrag neigen und deswegen nicht für Niederstammanlagen zu empfehlen sind. Liberty und Enterprise zeigen dort einen hohen Ertrag. Ingol folgt bezüglich Ertrag, wird aber aufgrund zu grosser Früchte nicht für die maschinelle Ernte empfohlen.

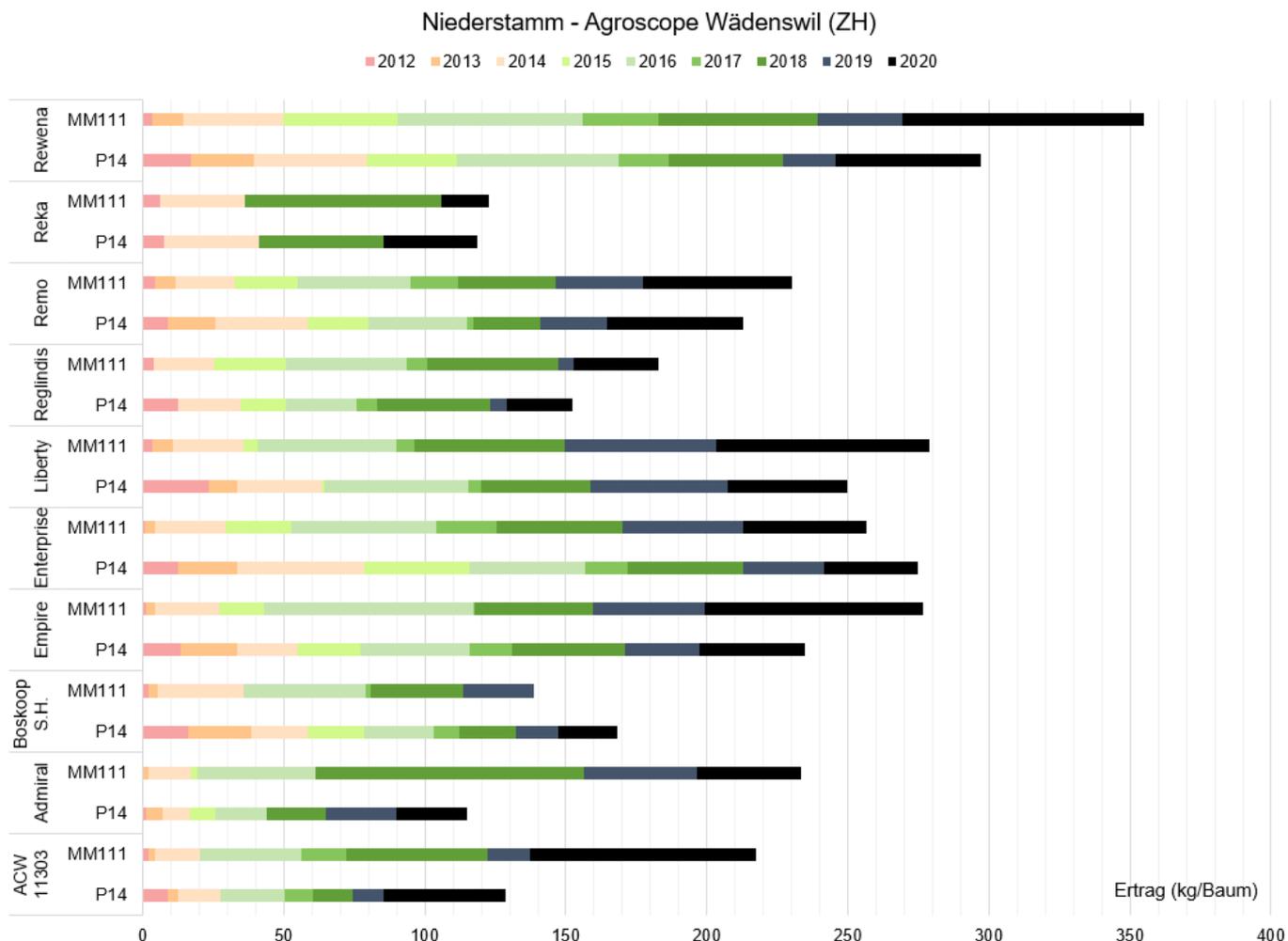


Abbildung 37: Kumulierte Erträge Niederstammanlage Versuchsbetrieb Agroscope in Wädenswil (ZH)

In der Versuchsparzelle von Agroscope wurden verschiedene Sorten auf zwei Unterlagen verglichen. Auf P14 wurden die Bäume als Niederstamm und auf MM111 als Halbstamm erzogen. Der Unterschied im Ertrag zwischen den Unterlagen ist wenig ausgeprägt. Tendenziell hatten die Bäume insgesamt einen höheren Ertrag auf MM111, wobei der Ertragseintritt auf P14 früher war. Ähnlich wie beim Wachstum scheinen sich die Unterlagen mit der Zeit im Ertrag der Sorten anzugleichen. Die Sorte Rewena war die produktivste, gefolgt von Liberty, Enterprise und Empire. Remo zeigte sich in

dieser Parzelle als weniger produktiv als Rewena. Die Sorte Boskoop zeigte sehr starke Alternanz und insgesamt einen sehr schwachen Ertrag. Die Sorten Admiral und ACW 11303 zeigten auf P14 einen sehr schwachen Ertrag, obwohl sie in anderen Parzellen gut tragen. Auch die Sorte Reka hatte einen geringeren Ertrag als in anderen Parzellen. Die drei vorher genannten Sorten standen alle in den gleichen Reihen, wo vor der Pflanzung Boden angeschüttet wurde. Am Standort dieser Bäume wurde auch ein schwacher Wuchs beobachtet. Die unzureichenden Bodeneigenschaften könnten daher eine Erklärung sein.

4.4.3 Fazit

Tabelle 20: Produktionseigenschaften der interessantesten Sorten aus den Projekt HERAKLES Plus.

| Sorte | Ertrag (1=fehlend, 5=mittel, 9=sehr hoch) | Alternanz (1=fehlend, 5=mittel, 9=sehr hoch) | Frucht- verteilung | Erntefenster* | | | | | | | | | Bemerkungen |
|----------------|--|---|------------------------------|---------------|---|---|-------|---|---|------|---|---|---|
| | | | | Aug. | | | Sept. | | | Okt. | | | |
| | | | | E | A | M | E | A | M | E | A | M | |
| ACW 11303 | 6 | 2 | regelmässig | | | | | | | X | X | | Noch wenige Bäume im Ertragsalter |
| ACW 12556 | 6 | 2 | regelmässig | | | | | | | X | X | | Noch wenige Bäume im Ertragsalter |
| ACW 16426 | 6 | 2 | regelmässig | | | | | | | X | X | | Noch wenige Bäume im Ertragsalter, früher Ertrageintritt |
| ACW 19256 | 5 | 3 | regelmässig | | | | | X | X | | | | Noch wenige Bäume im Ertragsalter, früher Ertrageintritt, mittelfrühe Ernte |
| Admiral | 6 | 6 | Traubenartig bis regelmässig | | | | | X | X | X | | | Grosse Früchte |
| Boskoop | 5 | 7 | Mässig bis reg. | | | | X | X | | | | | SM, starke Alternanz |
| Empire | 6 | 3 | regelmässig | | | | | X | X | | | | |
| Florina | 6 | 5 | Mässig bis reg. | | | | | | X | X | | | |
| Hauxapfel | | | regelmässig | | | | | | | | | | Nicht genügend Daten verfügbar |
| Heimenhofer | 5 | 7 | Mässig bis reg. | | | | | | X | X | | | SM, starke Alternanz |
| Liberty | 6 | 3 | Traubenartig bis regelmässig | | | | X | X | X | | | | Trotz nicht sehr vitalem Laub tragen die Bäume viel |
| Opal® | 6 | 2 | regelmässig | | | | | | X | X | | | |
| Reanda | 6 | 3 | regelmässig | | | | X | X | X | | | | SM, wüchsige Unterlage notwendig für ausreichenden Ertrag |
| Reglindis | 5 | 6 | Traubenartig bis regelmässig | X | X | X | | | | | | | Frühreife Sorte |
| Reka | 4 | 4 | Traubenartig bis regelmässig | | X | X | X | | | | | | nicht empfohlen wegen ungenügender Produktion |
| Relinda | 6 | 4 | regelmässig | | | | | X | X | | | | |
| Remo | 7 | 1 | regelmässig | | | X | X | X | | | | | SM, bei wüchsiger Unterlage guter Ertrag möglich |
| René | 6 | 3 | Traubenartig bis regelmässig | | | | X | X | X | | | | Bei wüchsiger Unterlage guter Ertrag möglich |
| Rewena | 7 | 1 | regelmässig | | | | | X | X | | | | SM |
| Schneiderapfel | 6 | 9 | Mässig bis reg. | | | | X | X | X | | | | SM, später Ertrageintritt, kein Erfolg auf NS |

*durchschnittliches Fenster der Nieder- und Hochstamm Pilotanlagen von 400 bis 650m ü. M., Niederstammanlagen sind tendenziell früher als Hochstammanlagen.

A=Anfang, M=Mitte, E=Ende, SM=Spezialmostäpfel

4.5 Krankheiten

Jedes Jahr werden die Bäume der Pilotanlagen auf Pilzkrankheiten untersucht. Die wichtigsten Krankheiten im Mostapfelanbau sind Schorf, Mehltau, Krebs und Monilia. Bis jetzt konnte kein Schorf beobachtet werden. Die Schorfanfälligkeit wird anhand der Literatur und bekannter Resistenzgene beurteilt. Mehltau tritt im Gegensatz zu Monilia und Krebs sehr regelmässig in den Parzellen auf. Bis jetzt gab es selten Jahre mit starkem Moniliabefall und nur zwei Parzellen neigen zu Krebsbefall (Neukirch TG und Flawil LSZG). In zusätzlichen Anlagen am Steinobstzentrum Breitenhof (BL), am Strickhof Wülflingen (ZH) und am LZSG Flawil (SG), werden verschiedene Sorten speziell auf ihre Anfälligkeit gegenüber Feuerbrand und Marssonina getestet (siehe Abschnitt zu Marssonina und Feuerbrand Seiten 19 und 97). Anhand mehrjähriger

Ergebnisse wurde die Robustheit jeder Sorte beurteilt. Bei Marssonina gibt es bisher nur für wenige Sorten eine zweijährige Sortentestung im Feld. Die bisherigen Einschätzungen sollen jeweils mit den neusten Erfahrungen ergänzt werden.

In der folgenden Tabelle sieht man gut, dass die Sorten aus den ehemaligen Projekten aufgrund ihrer Resistenz gegenüber Schorf und auch ihrer Robustheit gegenüber Feuerbrand ausgewählt wurden. Mit der Erfahrung in den Pilotanlagen fielen manche Anfälligkeiten, z.B. auf Mehltau, auf. Die neue Krankheit Marssonina bringt das Bild durcheinander, denn schorffresistente Sorten sind kaum resistent gegen Marssonina. Bis jetzt konnte keine robuste Sorte gefunden werden, und die meisten Top-Sorten zeigen sich hoch anfällig gegenüber Marssonina.

Tabelle 21: Krankheitsanfälligkeit die interessantesten Sorten aus den Projekt HERAKLES Plus

| Sorte | Sortenanfälligkeit (1=resistent, 2=robust, 5=mittel anfällig, 9=stark anfällig) | | | | | |
|----------------|---|---------|---------|------------|-------|----------------------------|
| | Schorf | Mehltau | Monilia | Feuerbrand | Krebs | Marssonina provisorisch |
| ACW 11303 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 |
| ACW 12556 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 |
| ACW 16426 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 |
| ACW 19256 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | ND |
| Admiral | 1 | 4 | 2 | 3 | 4 | 8 |
| Boskoop | 4 | 6 | 2 | 5 | 2 | 4 |
| Empire | 3 | 4 | 3 | 2 | 5 | 7 |
| Florina | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 6 |
| Hauxapfel | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | ND |
| Heimenhofer | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| Liberty | 1 | 7 | 3 | 3 | 3 | 8 |
| Opal® | 1* | 3 | 2 | 4 | 4 | 7 |
| Reanda | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 7 |
| Reglindis | 1 | 6 | 3 | 7 | 5 | 5 |
| Reka | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 7 |
| Relinda | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 7 |
| Remo | 1* | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 |
| René | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 7 |
| Rewena | 1* | 4 | 2 | 2 | 3 | 7 |
| Schneiderapfel | 2 | 7 | 3 | 4 | 3 | 4 |

ND: fehlende Daten

*: Durchbruch bekannt

4.6 Verarbeitung und Saftqualität

Im Rahmen des Projekts HERAKLES Plus wurden jedes Jahr mehrere Sorten hinsichtlich ihrer Verarbeitungseigenschaften und Saftqualität geprüft. Die Sorten wurden sortenrein gepresst und mit der Sorte Boskoop verglichen (Tabelle 22). Die minimale Menge von 25 kg wurde bei Agroscope in Wädenswil auf einer Packpresse verarbeitet. Sofern mehr Ware zur Verfügung stand, wurden 250 kg in einer Presse mit Drainageelementen an der ZHAW Wädenswil gepresst. Für Grosspressversuche mit zuvor bereits in Kleinmengen geprüften vielversprechenden Sorten wurden 10 t in der Mosterei mit hydraulischen Pressen verarbeitet. Von 2019 bis 2021 wurden die Säfte von der Mosterei Möhl in Arbon (SG) hergestellt.

Jedes Saftmuster wurde im Labor von Agroscope in Wädenswil analysiert und parallel im Agroscope-Panel (geschulte Verkoster) degustiert. Vor 2018 wurden die Säfte von einem SOV-Panel degustiert. Das Beurteilungsformular wurde von Agroscope in Zusammenarbeit mit den Kolleg*innen der Gruppe «Züchtung und Genressourcen Obst» und «Produktequalität und -innovation» angepasst. Deswegen sind die folgenden Daten nicht direkt mit denjenigen vor 2018 vergleichbar. Alle Rohdaten der Pressversuche vor 2018 sind in der «Beschreibung wertvoller Mostapfelsorten» (Agroscope Transfer 220, 2018) publiziert.

Der Saft von Empire 2019 konnte wegen eines Schimmelpilzbefalls nicht verkostet werden. Das Muster Hauxapfel wurde ein Jahr später degustiert.

Die folgende Tabelle und Grafiken stellen die Ergebnisse von 2018 bis 2021 dar (Seiten 85 bis 88). Die Säfte wurden jeweils im Winter nach dem Pressen analysiert und degustiert. Neben den Sorten aus dem Projekt HERAKLES Plus wurden auch Agroscope-Zuchtnummern gepresst, die von Luzia Lussi auf ihre Eignung als Mostobstsorten getestet und in Pilotanlagen von HERAKLES Plus gepflanzt wurden, sowie die Sorte Wehntaler Hagapfel aus dem Projekt BEVOG IV.

4.6.1 Ausbeute

Die Ausbeute wurde bei der Safftherstellung nur für grosse Mengen gemessen. Für die kleinen Mengen (25-50 kg), die von Agroscope verarbeitet wurden, war die Ausbeute (Gewichtsanteil gewonnener Saft aus den Früchten) nicht repräsentativ für die Praxis und wird daher hier nicht dargestellt. Eine Ausbeute von 77% wurde von den Projektpartnern als Mindestanforderung für die Verarbeitungseignung festgelegt.

Die Sorten Liberty und René erreichten die Mindestausbeute bei Verarbeitung von 250 kg in einer hydraulischen Presse. Die Ausbeute im Grossmengenpressversuch (10 t) lag etwas tiefer. Die Ausbeute von Opal® in grosser Menge betrug im Durchschnitt 74.3% und von Empire 77.6%, wobei die Werte von 2020 ausnahmsweise sehr tief waren. Dasselbe gilt für den Hauxapfel (Ausbeute 74%) und den Wehntaler Hagapfel (Ausbeute durchschnittlich 71.5%).

4.6.2 Saftanalyse

Die Laborergebnisse der Saftproben von 2018 bis 2021 können in vier Kategorien eingeteilt werden (Abb. 40, Seite 88). Die Sorten Empire, Opal® 2018, René 2018, Liberty und Florina unterscheiden sich von den anderen Proben durch einen geringeren Zucker- und Säuregehalt, aber auch durch einen geringeren Phenolgehalt. ACW 11303, Opal® 2020 und Jerseyred (von gesunden Bäumen) enthalten etwas mehr Zucker und Phenole. Die Gruppe mit den Sorten Wehntaler Hagapfel, Boskoop 2021, ACW 12556 und Jerseyred (von mit Marssonina befallenen Bäumen) unterscheiden sich vor allem durch einen höheren Folinwert (Gesamtphenol) und durch einen höheren Zuckergehalt. Die Gruppe der sauren Säfte umfasst die anderen Boskoop-Proben, René 2019, Hauxapfel und ACW 16426.

Die Boskoop Säfte von 2021 stammen von einem anderen Standort als die vorherigen Proben, was den unterschiedlichen Phenolgehalt erklären könnte. Die Früchte für die Herstellung von René 2019 wurden zu früh geerntet und waren unreif, was den höheren Säuregehalt im Vergleich zu 2018 erklären könnte. Der Unterschied zwischen den Jerseyred-Proben wird auf Seite 11 detailliert erklärt.

Tabelle 22: Sortenrein, gepresste Säfte von 2018 bis 2021. Grün markiert sind die Werte, welche die Mindestanforderung (in den Spaltenüberschriften) des SOV erfüllen.

| Jahr | Sorte (* Nicht degustiert) | Menge (kg) | Standort Verarbeitung | Press-datum | Ausbeute (%) Min. 77% | Zucker (°Brix) Min. 11.2°Brix | Säure (g/l) Min. 5 g/l | Zucker- Säure- Verhältnis | pH | Total Zucker (g/l) | Folin (Gesamt- phenol mg/L) |
|---|--|----------------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|-------|--------------------------|--------------------------------------|
| 2018 | Boskoop | 25 | Agroscope, Wädenswil | 14.09.2018 | - | 12.5 | 8.9 | 14.0 | 3.0 | 109.9 | 452 |
| | ACW 11303* | 25 | Agroscope, Wädenswil | 17.10.2018 | - | 13.5 | 4.3 | 31.4 | 3.3 | 121.3 | 449 |
| | René | 250 | ZHAW, Wädenswil | 28.09.2018 | 82.8 | 11.4 | 6.2 | 18.4 | 3.1 | 101.3 | 186 |
| | Empire | 10'000 | Brunner AG, Steinmaur | 01.10.2018 | 81.4 | 11.6 | 5.1 | 22.8 | 3.3 | 105.0 | 118 |
| | Opal® | 5'000 | Brunner AG, Steinmaur | 08.10.2018 | 76.6 | 14.1 | 5.4 | 26.1 | 3.4 | 129.5 | 198 |
| | Florina | 5'800 | Brunner AG, Steinmaur | 29.10.2018 | 80.7 | 11.3 | 2.9 | 39.0 | 3.5 | 104.5 | 166 |
| 2019 | Boskoop | 25 | Agroscope, Wädenswil | 30.10.2019 | - | 10.8 | 8.6 | 12.6 | 3.2 | 98.1 | 492 |
| | Liberty | 240 | ZHAW, Wädenswil | 03.10.2019 | 82.3 | 12.1 | 7.8 | 15.5 | 3.3 | 113.3 | 242 |
| | René | 200 | ZHAW, Wädenswil | 03.10.2019 | 83.1 | 11.1 | 8.7 | 12.8 | 3.2 | 99.9 | 327 |
| | Empire* | 10'000 | Mosterei Möhl, Arbon | 14.10.2021 | 78.4 | 11.3 | 4.4 | 25.7 | 3.4 | 111.4 | 110 |
| | Hauxapfel | 10'000 | Mosterei Möhl, Arbon | 04.11.2021 | 74.0 | 10.8 | 9.4 | 11.5 | 3.1 | 101.0 | 184 |
| | Jerseyred mit starkem Marssonina Befall (Kontrolle) | 50 | Agroscope, Wädenswil | 30.10.2019 | - | 12.3 | 4.9 | 25.1 | 3.4 | 114.1 | 623 |
| Jerseyred OHNE Marssonina Befall (behandelt) | 50 | Agroscope, Wädenswil | 30.10.2019 | - | 11.8 | 4.1 | 28.8 | 3.3 | 111.7 | 387 | |
| 2020 | Boskoop | 25 | Agroscope, Wädenswil | 21.10.2020 | - | 13.4 | 9.3 | 14.4 | 3.2 | 117.0 | 574 |
| | Empire | 10'000 | Mosterei Möhl, Arbon | 06.10.2020 | 70.3 | 11.1 | 5.0 | 22.2 | 3.3 | 100.5 | 165 |
| | Opal® | 10'000 | Mosterei Möhl, Arbon | 13.10.2020 | 71.9 | 12.9 | 4.5 | 28.7 | 3.5 | 117.6 | 304 |
| | Wehntaler Hagapfel | 250 | Strickhof, Wülflingen | 28.10.2020 | 71.7 | 13.8 | 5.6 | 24.6 | 3.2 | 125.9 | 714 |
| | ACW 16426 | 25 | Agroscope, Wädenswil | 21.10.2020 | - | 11.5 | 8.5 | 13.5 | 3.1 | 104.1 | 385 |
| 2021 | Boskoop Hochstamm* | 25 | Agroscope, Wädenswil | 03.11.2021 | - | 13.2 | 7.8 | 16.9 | 3.3 | 127.1 | 969 |
| | Boskoop Niederstamm* | 25 | Agroscope, Wädenswil | 03.11.2021 | - | 13.7 | 7.3 | 18.8 | 3.5 | 128.3 | 897 |
| | Empire* | 10'000 | Mosterei Möhl, Arbon | 11.10.2021 | 80.5 | 10.9 | 4.7 | 23.2 | 3.4 | 105.0 | 148 |
| | Wehntaler Hagapfel* | 160 | Lohnmosterei Schmid, Steinmaur | 20.10.2021 | 71.3 | 13.1 | 6.3 | 20.8 | 3.4 | 116.9 | 835 |
| | ACW 12556* | 25 | Agroscope, Wädenswil | 03.11.2021 | - | 12.1 | 4.7 | 15.9 | 3.3 | 112.4 | 1034 |

4.6.3 Sensorische Analyse

In der Auswertung der Saftdegustation lassen sich ebenfalls Gruppen bilden (Abb. 41, Seite 88), die denen der Laboranalyse ähnlich sind. Beispielsweise gehören Empire und Opal® zu den süßlichsten Säften. Sie sind frischfruchtig, enthalten aber wenig Säure und sind weder adstringierend noch bitter. Dagegen sind die Boskoop-Proben, René 2019, ACW 16426 und Hauxapfel sauer und adstringierend, mit wenig Süsse, was den Ergebnissen der Saftanalyse entspricht. Liberty, René 2018 und Wehntaler Hagapfel 2020 sind eher harmonisch und unterscheiden sich von anderen Proben durch ihr reiffruchtiges Aroma.

4.6.4 Beliebtheit

Am Ende der Degustation wurden alle Verkoster*innen gefragt, wie ihnen der Saft auf einer Skala von 1 bis 9 zusagt (Abb. 38). Am wenigsten beliebt waren Florina und Hauxapfel, was am zu schwachen Zucker- und Säuregehalt, respektive dem zu hohen Säuregehalt lag. Die Referenzsorte Boskoop wurde 2018 von allen Verkoster*innen positiv bewertet. 2019 und 2020 wurde die Sorte jedoch wegen Fehlnoten (u.a. «Kochton») schlecht bewertet. Der Verarbeitungsprozess wurde für 2021 angepasst.

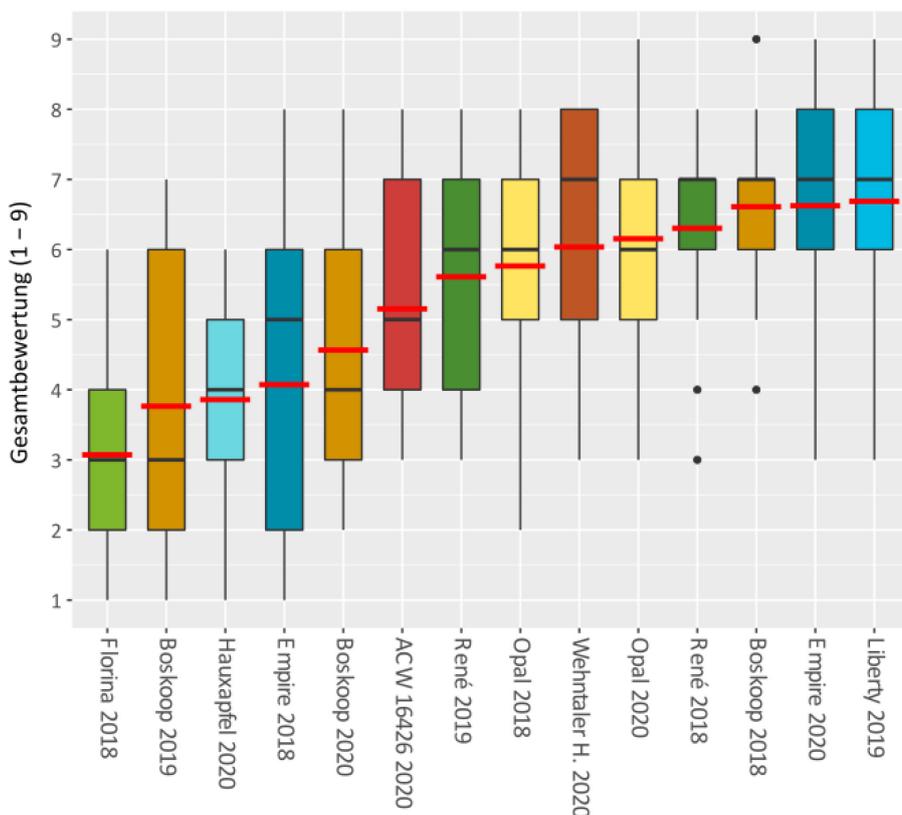


Abbildung 38: Sensorische Gesamtbewertung durch das Agroscope-Sensorikpanel (1 = Sagt mir ganz und gar nicht zu, 9 = Sagt mir ganz besonders zu). Der rote Strich stellt den Durchschnitt dar, der schwarze den Median. Je kürzer die Boxplots sind, desto ähnlicher war die Meinung der Verkoster*innen

Die Bewertung von Wehntaler Hagapfel fiel unterschiedlich aus. Die detaillierte Analyse zeigt zwei Verkoster-Gruppen: der einen schmeckte der Saft sehr gut, die andere empfand den Saft als zu süß. Die Sorte ACW 16426 kam weniger gut an, mit einer durchschnittlichen Note von knapp 5. Wegen ihres hohen Säuregehalts eignet sich die Sorte eher als Mischpartner.

Die Ergebnisse von Empire sind widersprüchlich. Die Probe von 2018 wurde wegen einer Fehlnote negativ bewertet. Dagegen wurde die Probe von 2020 von allen Verkoster*innen gut bewertet. Die Sorte Opal® wurde 2018 und 2020 verkostet. In beiden Jahren kam die Sorte gut an, mit einer durchschnittlichen Note von etwa 7. Die Sorte Liberty erhielt durchweg gute Noten.

4.6.5 Zusammenfassung

Die Abbildung 39 zeigt die Verteilung der verschiedenen Proben nach Zucker- und Säuregehalt und Beliebtheit. Die Sorten Boskoop und Wehntaler Hagapfel erfüllen die Anforderungen bezüglich Mindestzucker- und Säuregehalt. Die ACW-Nummern 11303 und 12556 zeigen einen knapp befriedigenden Säuregehalt und werden als süßlich beschrieben. Die Sorte Empire liegt jedes Jahr im knapp befriedigenden Bereich sowohl wegen des Zuckerwertes als auch wegen der Säure. Opal®

weist einen zu geringen Säuregehalt auf. René gehört zu den weniger süßlichen Säften und ist eher sauer.

Die Beliebtheit der Säfte korreliert nicht unbedingt mit Zucker- und Säuregehalt. Bei dem zu saurem Hauxapfel oder zu wenig saurem und süßem Florinasaft konnte die schlechte Bewertung nachvollzogen werden. Boskoop 20 und Empire 18 wurden wegen Fehlnoten schlecht bewertet. Säfte ausserhalb der Mindestanforderungen wie Empire 20 und Opal 20 wurden gut bewertet.

Das zeigt, dass die analytischen Werte alleine nicht ausreichen, um einen Saft zu bewerten. Andere Aspekte, wie die Aromatik, können in der Beurteilung des sortenreinen Safts entscheidend sein. Säuerliche Säfte sind eher als Mischpartner interessant.

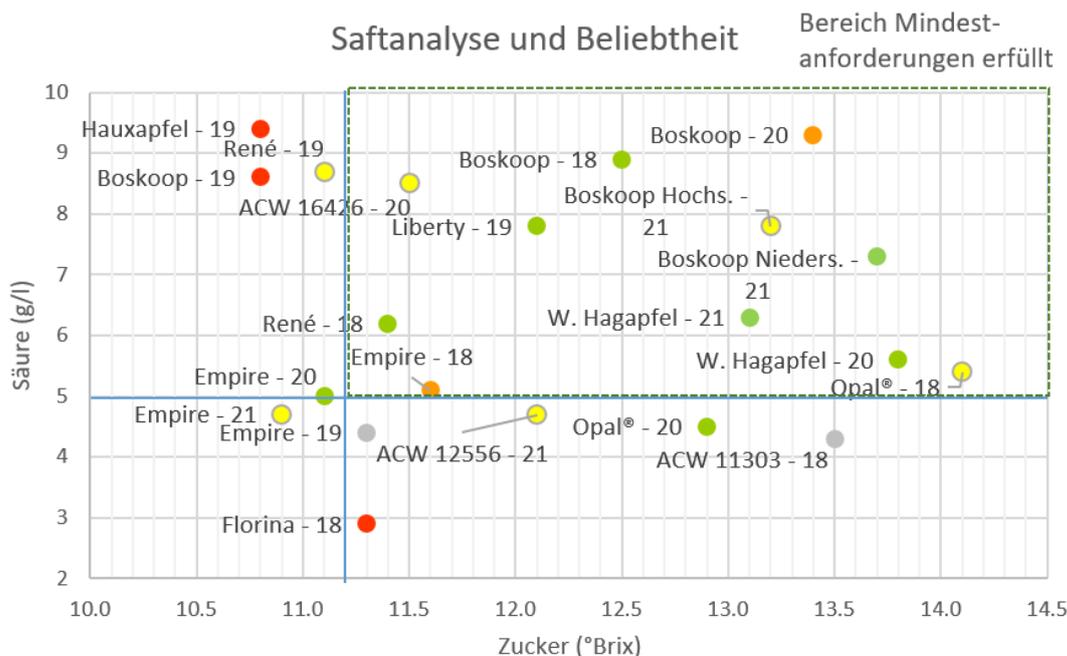


Abbildung 39: Alle degustierten Säfte von 2018-2021, gruppiert nach Säure- und Zuckergehalt und durchschnittliche Beliebtheit von 1 (sagt mir gar nicht zu) bis 9 (sagt mir sehr zu): 1-1.9, 2-2.9, 3-3.9, 4-4.9, 5-5.9, 6-6.9, 7-7.9, 8-9. In grau gefärbt die Proben, welche nicht verkostet wurden. In grün eingrahmt liegen die Saftproben, welche die durch den SOV definierten Mindestanforderungen an Zucker- und Säuregehalt erfüllen.

Tabelle 23: Zusammenfassung Pressversuche 2018-2021.

| Sorte | Eigenschaften |
|---------------------------|--|
| Boskoop (Referenz) | Säuerlich, genügend süß, leicht adstringierend |
| ACW 11303 | Süßlich, wenig Säure |
| ACW 12556 | Süßlich, wenig Säure, hoher Phenolgehalt |
| ACW 16426 | Säuerlich, guter Mischpartner |
| Empire | Wenig Säure und Zucker, trotzdem harmonisch, verhalten, knappe Ausbeute* |
| Florina | Sehr süßlich, kaum Säure, nicht als sortenreiner Saft geeignet |
| Hauxapfel | Sehr säuerlich, adstringierend, als Mischpartner, knappe Ausbeute* |
| Liberty | Harmonisch, befriedigender Säure- und Zuckergehalt |
| Opal® | Süßlich, aromatisch, sehr guter sortenreiner Saft, knappe Ausbeute* |
| René | Säuerlich, kommt gut an bei Konsument*innen, die auch Boskoop mögen |
| Wehtaler Hagapfel | Eher süßlich, hoher Phenolgehalt, knappe Ausbeute* |

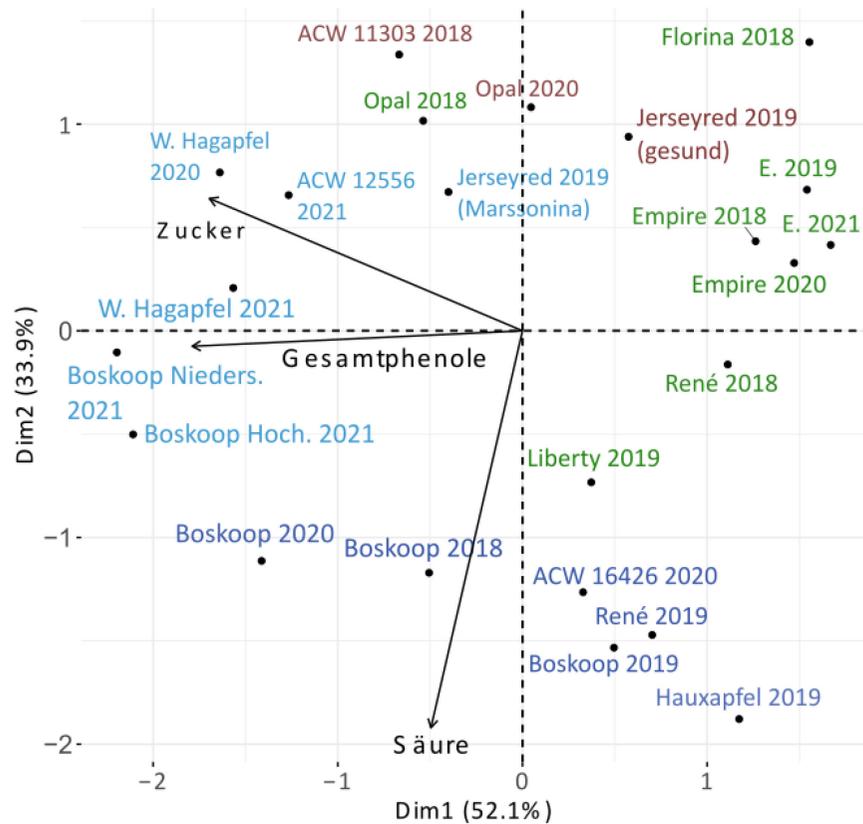


Abbildung 40: PCA-Analyse der Labor-Analyse (Zucker-, Säuregehalt und Gesamtphenol (Folin)). Die Pfeile stellen die Verteilung der sortenreinen Säfte nach den gemessenen Parametern dar: je entfernter vom Mittelpunkt eine Sorte in die gezeigte Richtung der Pfeile steht, desto höher ist der jeweilige Wert. Die Proben sind nach einer Cluster-Analyse gefärbt: selbe Farbe = ähnliches Saftprofil.

Hellblau: viel Zucker, mittlere Säure, hoher Phenolgehalt

Dunkelblau: rel. wenig Zucker, viel Säure, mittlerer Phenolgehalt

Braun: viel Zucker, rel. wenig Säure, mittlerer Phenolgehalt

Grün: wenig Zucker, rel. wenig Säure, geringer Phenolgehalt

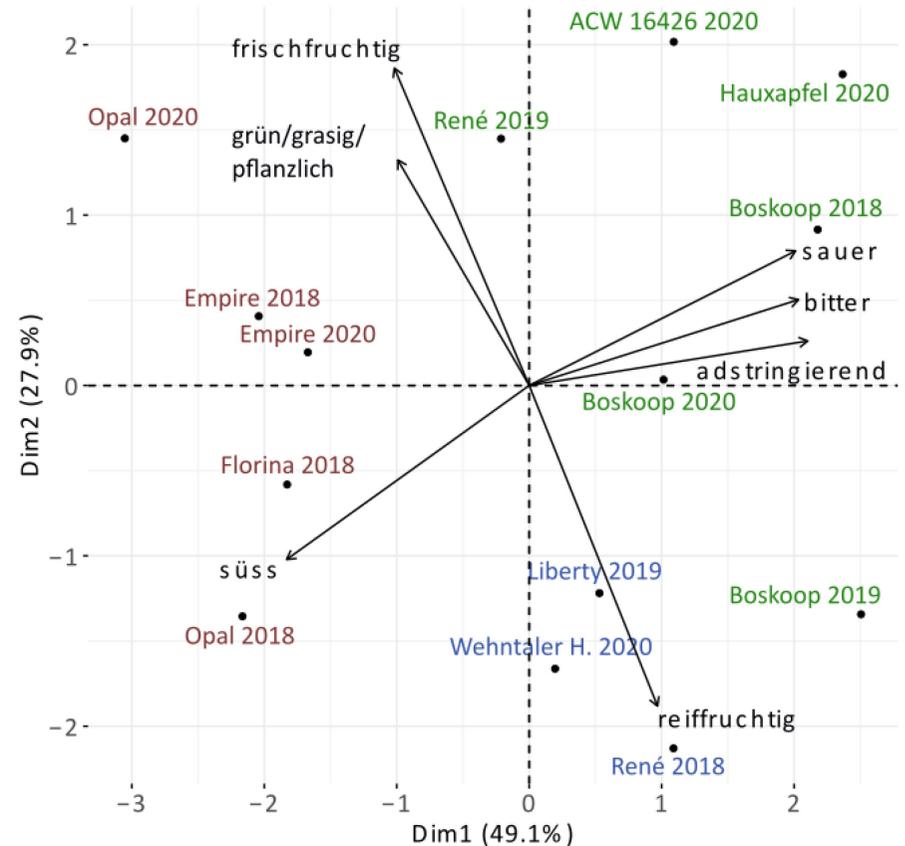


Abbildung 41: PCA-Analyse der sensorischen Beurteilung durch das Agroscope Panel. Die Proben sind nach einer Cluster-Analyse gefärbt: selbe Farbe = ähnliches sensorisch Profil.

Braun: eher frischfruchtig, süß, wenig sauer, wenig adstringierend

Dunkelblau: reiffruchtig, süß, sauer, eher adstringierend

Grün: wenig süß, stark sauer, adstringierend

4.7 Fazit

Aufgrund der mehrjährigen Ergebnisse aus dem Projekt HERAKLES Plus und der vorhergehenden Projekte konnten Erfahrungen mit mehreren vielsprechenden Mostapfelsorten gesammelt werden. Es gibt nicht «die» perfekte Sorte. Die Kandidaten in der folgenden Tabelle sind jedoch vielversprechend und können je nach Standort und Bedürfnissen des Betriebs für den Mostapfelanbau gewählt

werden. Um die Sortenauswahl zu vereinfachen, werden die Vor- und Nachteile der im Projekt getesteten Sorten in der Tabelle 24 angeführt. Eigenschaften einer Sorte, die nicht die vorher erwähnten Erwartungen an eine Mostapfelsorte erfüllen, werden als Nachteil bewertet.

Tabelle 24: Vor- und Nachteile getesteter Sorten als Mostobstsorten für die schweizerische Produktion.

| Sorte | Vorteile | Nachteile | Bemerkungen |
|------------------|---|--|--|
| ACW 11303 | <ul style="list-style-type: none"> + Regelmässiger, mittlerer bis hoher Ertrag + schöne Krone, guter Wuchs + robust* + fester Apfel, gute Pressbarkeit | <ul style="list-style-type: none"> - noch wenig Erfahrung - geringer Säuregehalt - Ernte Mitte bis Ende Oktober | Sehr süsser Saft |
| ACW 12556 | <ul style="list-style-type: none"> + Regelmässiger, mittlerer Ertrag + guter sortenreiner Saft, etwas rosa + robust | <ul style="list-style-type: none"> - noch wenig Erfahrung - Neigung zu überhangenden Ästen - Ernte Mitte bis Ende Oktober | Süsser Saft |
| ACW 16426 | <ul style="list-style-type: none"> + Regelmässiger, mittlerer bis hoher Ertrag + früher Ertragseintritt + robust + säurebetont Saft, guter Mischpartner | <ul style="list-style-type: none"> - noch wenig Erfahrung - möglicherweise zu weiche Früchte für maschinelle Ernte - Ernte Mitte bis Ende Oktober | Saurer Saft |
| ACW 19256 | <ul style="list-style-type: none"> + Regelmässiger, mittlerer Ertrag + früher Ertragseintritt, mittelfrühe Ernte + robust | <ul style="list-style-type: none"> - noch wenig Erfahrung | Harmonisch bis süsser Saft, mittelfrühe Sorte |
| Admiral | <ul style="list-style-type: none"> + wüchsige, stabile und luftige Krone (Neigung zum Verkahlen) + mittlerer bis hoher Ertrag | <ul style="list-style-type: none"> - leicht mehltau- und krebsanfällig - Alternanz, Neigung zu Stippigkeit - schlechter Befruchter (triploid) - Untypischer Saft, eignet sich als Mischpartner | Bis jetzt für den biologischen Anbau und Hausgarten empfohlen, als Tafelapfel lange lagerfähig |
| Boskoop | <ul style="list-style-type: none"> + starker Wuchs und stabile, breitwüchsige, grosse Krone + hoher Säure- und Folingehalt | <ul style="list-style-type: none"> - Alternanz und mittelspäter Ertragseintritt - mehltauanfällig - Schlechter Befruchter (triploid) - Früchte verfaulen schnell (regelmässig auflesen) | Referenz für sortenreinen Saft in der Degustation, stark verbreitete Sorte im Hochstammanbau |

| Sorte | Vorteile | Nachteile | Bemerkungen |
|--------------------|--|---|---|
| Empire | <ul style="list-style-type: none"> + Regelmässiger, mittlerer Ertrag + lichte, stabile Krone, Anbaueignung gut/pflegeleicht | <ul style="list-style-type: none"> - marssoninaanfällig, leicht mehltau- und krebsanfällig - süss, schwächerer Gaumen als andere Säfte | Erste Pflanzungen wurden im Hochstammanbau getätigt, vor allem wegen der guten Anbaueignung |
| Florina | <ul style="list-style-type: none"> + mittlerer bis hoher Ertrag + guter sensorischer Saft, aber etwas zu süss als sortenreiner Saft + kein vorzeitiger Fruchtfall | <ul style="list-style-type: none"> - mehltau- und marssoninaanfällig - leicht alternierend | Guter Kandidat als Mostapfelsorte, wegen Krankheitsanfälligkeit etwas abgefallen |
| Hauxapfel | <ul style="list-style-type: none"> + bekannte Mostapfelsorte in DE + scheint ertragsreich zu sein + gleichmässige Krone + gut als Mischpartner (sehr sauer) | <ul style="list-style-type: none"> - leicht anfällig gegenüber Mehltau, Monilia, Marssonina? - überhängend, passender Schnitt in jüngeren Jahren - noch wenig Erfahrung in der CH | Neue Sorte in der Sortentestung, noch Vieles unsicher |
| Heimenhofer | <ul style="list-style-type: none"> + sensorisch guter Saft, hoher Säuregehalt + wüchsige, stabile Krone | <ul style="list-style-type: none"> - mittelpäter Ertragseintritt, Alternanz - monilia- und feuerbrandanfällig - erfordert Erziehungsmassnahmen (aufrechtes Wachstum) | Vielversprechende Sorte wegen der Saftqualität, gut geeignet für Nischen-Produktion |
| Liberty | <ul style="list-style-type: none"> + hoher Ertrag + breitwüchsige Krone + sensorisch guter Saft | <ul style="list-style-type: none"> - mehltau- und marssoninaanfällig | Laub sieht oft weniger vital aus als bei anderen Sorten, der Ertrag ist trotzdem jedes Jahr hoch |
| Opal® | <ul style="list-style-type: none"> + eher für NS, wüchsige Stammbilder auch als HS möglich + gesundes Laub + hoher, regelmässiger Ertrag + süsser, aromatischer, frischfruchtiger Saft | <ul style="list-style-type: none"> - benötigt wüchsige Unterlage (Wuchs je nach Anlage verschieden) - leicht krebsanfällig, marssoninaanfällig - dichte, dünntriebige, stark verzweigte Krone | Beliebt in der Direktvermarktung als sortenreiner Saft, ursprünglich als Tafelobst für biologischen Anbau gezüchtet |
| Reanda | <ul style="list-style-type: none"> + feuerbrandrobust + sensorisch guter Saft | <ul style="list-style-type: none"> - bildet keine schöne Krone (klein, instabil, dünntriebige, unregelmässig) - braucht wüchsige Unterlage - marssoninaanfällig - schlechte Schüttelbarkeit, löst schlecht vom Holz | Als Spezialmostapfelsorte eingetragen, leider sind die Wuchseigenschaften nicht befriedigend |
| Reglindis | <ul style="list-style-type: none"> + mittel bis stark wüchsig (mehr als andere Re-Sorten) + frühreif + sensorisch guter Saft, eher als Mischpartner | <ul style="list-style-type: none"> - feuerbrand- und mehltauanfällig - Alternanz - erfordert passenden Schnitt (breitpyramidal, aufrecht, lange 1-jährige Triebe) | Interessant wegen frühem Erntefenster, Anbaueigenschaften weniger befriedigend |

| Sorte | Vorteile | Nachteile | Bemerkungen |
|---------------------------|---|--|---|
| Reka | <ul style="list-style-type: none"> + feuerbrandrobust + frühreif | <ul style="list-style-type: none"> - marssoninaanfällig - nicht befriedigende Kronen- und Produktionseigenschaften - Saft sauber aber mit wenig Körper | Nach bisheriger Erfahrung nicht empfohlen |
| Relinda | <ul style="list-style-type: none"> + Mit Ausnahme von Marssonina eine robuste Sorte + mittlerer bis hoher Ertrag + sauberer, säurebetonter Saft, nur als Mischpartner empfohlen | <ul style="list-style-type: none"> - erfordert angepassten Schnitt (dichte, dünntriebige, stark verzweigte, aufrechte, lang überhängende Krone) - Apfelwickleranfällig | Bisher keine Erfahrung auf Hochstamm |
| Remo | <ul style="list-style-type: none"> + regelmässiger Ertrag, je nach Standort sogar hoch + saurer Saft, guter Mischpartner | <ul style="list-style-type: none"> - erfordert angepassten Schnitt (schwacher schmalpyramidaler Wuchs, kleine Krone, dünntriebig, verkahlend) | Bereits verbreitet in Hochstammanbau, eignet sich auch gut für intensive Niederstammanlagen |
| René | <ul style="list-style-type: none"> + wüchsig und weniger dünntriebig als andere Re-Sorten + Mit Ausnahme von Marssonina eine robuste Sorte + Regelmässiger, mittlerer bis hoher Ertrag + sensorisch guter Saft, säurebetont, guter Mischpartner | <ul style="list-style-type: none"> - erfordert angepassten Schnitt (verkahlend, aufrechte Äste) | Vielversprechende Sorte, aber noch in Prüfung |
| Rewena | <ul style="list-style-type: none"> + feuerbrandrobust + hoher und regelmässiger Ertrag + sehr vitales dunkles Laub + guter säurebetonter Saft, guter Mischpartner | <ul style="list-style-type: none"> - erfordert angepassten Schnitt (etwas überhängend, dünntriebig, aufrecht) - marssoninaanfällig - neigt zu Mangelsymptomen bei schwachem Boden | Bereits verbreitet in Hochstammanbau, eignet sich auch gut für intensive Niederstammanlagen |
| Schneiderapfel | <ul style="list-style-type: none"> + schöne, breitwüchsige, stabile Krone + höchste Wuchsstärke aller getesteten Sorten (eignet sich nicht für NS!) | <ul style="list-style-type: none"> - später Ertragseintritt, Alternanz - mehltauanfällig | Verbreitet in Hochstammanlagen, empfohlen als Stammbilder |
| Wehntaler Hagapfel | <ul style="list-style-type: none"> + alte, robuste Sorte, vor allem Robustheit gegenüber Marssonina beobachtet + nach bisherigen Erkenntnissen (NAP-Projekte, Fructus) guter Saft, auch sortenrein | <ul style="list-style-type: none"> - kahle und stark wüchsige Äste (nicht für NS) - noch wenig Erfahrung zum Ertragsverhalten | Mehr Erfahrung sammeln, 2021 in Pilotanlagen neu gepflanzt |

* Insgesamt sind alle Sorten anfällig gegenüber Marssonina. Die bisher erhobenen Daten sind noch nicht ausreichend für eine abschliessende Beurteilung, falls es aber eine hohe Anfälligkeit oder eine Tendenz zur Robustheit gibt, wurde dies in dieser Tabelle vermerkt.

5 Teilprojekt 4: Wissensaustausch

Im Rahmen des Projekts HERAKLES Plus wurden viele Themen bearbeitet. Verschiedene Kanäle wurden genutzt, um die wichtigen Ergebnisse und Erkenntnisse zielgruppengerecht an die verschiedenen Akteure der Branche zu kommunizieren. Alle Projektpartner trafen sich jährlich, um die Ergebnisse zu besprechen und die kommenden Versuche zu planen (Abb. 42). Regelmässig fand auch bilateral ein Austausch zwischen den Projektpartnern und der Projektbearbeitung statt. Es wurde entschieden, auf einen jährlichen Zwischenbericht zu verzichten und mehr Gewicht auf einen grossen und vollständigen Bericht am Ende jeder Projektphase zu legen. Die Ergebnisse der letzten drei Jahre wurden daher in diesem Bericht gesammelt.

Die Resultate der Feuerbrand- und Marssonina-Versuche wurden jedes Jahr in der Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau publiziert und für die Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture übersetzt. Manche Resultate wurden in anderen Fachzeitschriften publiziert. Jährlich wurden auch die Ergebnisse der Feuerbrand-Versuche in der totaleingetzten Parzelle am Breitenhof im Jahresbericht Breitenhof publiziert. Die Agroscope Broschüre «Beschreibung wertvoller Mostapfelsorten» (Agroscope Transfer 220) wurde auf Französisch übersetzt und zeigt sich als eine wichtige Referenz für die Beratung zur Sortenauswahl im Mostanbau. Eine Aktualisierung dieser Broschüre ist für die kommende Projektphase geplant.

Durch die Teilnahme an verschiedenen Fachtagungen wurden wichtige Erkenntnisse für das Zielpublikum kommuniziert. Neben der jährlichen Teilnahme an der Pflanzenschutztagung Obstbau von Agroscope wurden die Ergebnisse auch an verschiedenen regionalen Fachtagungen präsentiert. Der aktuelle Wissensstand und die möglichen Bekämpfungsmassnahmen gegen Marssonina wurden z. B. an der Hochstammtagung 2021 des Kantons Luzern dargestellt. In den darauffolgenden Wochen erschienen in der landwirtschaftlichen Presse mehrere Artikel, die den Inhalt dieses Vortrags vorstellten. Das breite Echo unterstreicht, dass Marssonina ein ernstzunehmendes Problem im Mostapfelanbau darstellt und wie bedeutend die Bearbeitung der Problematik im Projekt HERAKLES Plus ist.

Die Planung und die Ergebnisse der Versuche werden auch mit verschiedenen Akteuren der Branche diskutiert, wie an der CAVO-Stiftungsratssitzung oder

am 5-Länder-Treffen zum Feuerbrand. Die Präsentation der in diesem Projekt gesammelten Erfahrungen wurde auch im Rahmen verschiedener Fach-Workshops erwünscht. Die vollständige Liste aller Publikationen und Vorträge befindet sich im Anhang A.

An der jährlich stattfindenden Güttingertagung wurden verschiedene Säfte aus den Pressversuchen zum Degustieren angeboten. Leider mussten wegen der Covid-19-Pandemie auch viele Anlässe abgesagt werden. Die früher durchgeführten Versuchs- oder Pilotanlagebegehungen konnten während dieser Zeit nicht organisiert werden. Diese Anlässe sind aber wichtig für den Austausch und die weitere Entwicklung des Projekts und damit für die Mostobstbranche. Wenn die Bedingungen es erlauben, werden daher wieder Anlässe geplant, z. B. eine Begehung der Marssonina Sortentestung.

Der Erfolg des Projekts HERAKLES Plus – und der vorhergehenden Projekte – liegt in der engen Zusammenarbeit mit den verschiedenen Akteuren der Branche. Die gesammelten Erfahrungen ermöglichen einen sehr interessanten Austausch mit anderen Projekten – in der Schweiz und im Ausland – und gestatten dem Projekt, sich aktiv an die verschiedenen Herausforderungen der Produktion anzupassen.



Abbildung 42: Projekttreffen 2021: Ende Saison werden die Ergebnisse des Jahres vorgestellt und die Planung des folgenden Jahrs diskutiert.

6 Zusammenarbeit und Dank

Die Bearbeitung der vielfältigen Themen im Projekt HERAKLES Plus wäre ohne die Unterstützung und Zusammenarbeit im Herakles-Plus-Netzwerk nicht möglich gewesen. Unser Dank gilt allen nachfolgend aufgelisteten Personen und Institutionen:

- Den Projektpartnern, namentlich CAVO-Stiftung, IP-SUISSE, Kantonen Aargau, Luzern, St. Gallen, Thurgau, Zürich, und ab 2022 der Schweizer Obstverband, Fondation Sur-la-Croix und der Kanton Freiburg für die gelungene, wertvolle und konstruktive Zusammenarbeit und die Finanzierung des Projekts;
- Der Mosterei Möhl (Georges Möhl) und der ZHAW (O. Gerber) für die Durchführung der Pressversuche;
- Den Baumschulen für die Vorbereitung von Pflanzenmaterial (T. Suter, E. Huber) und Warenlieferung (E. Dickenmann);
- Dr. S. Kunz und seinem Team (Bio-Protect GmbH) für die Bearbeitung der Feuerbrand-Latenzproben und für das Einbringen seiner Erfahrung im Bereich Feuerbrand-PSM-Strategie Versuche;
- B. Gentizon und dem Team von Andermatt Biocontrol Schweiz für ihre Unterstützung in den Feuerbrand-PSM-Versuchen;
- Dem Feuerbrandkontrolleur von Wintersingen K. Brodbeck;
- Den Kolleginnen und Kollegen des FiBLs, dem Team von H.-J. Schärer für den wertvollen Austausch, vor allem P. Flury für die Bearbeitung der Marssoninaprobe;
- Den Produzenten, bei denen wir Feldversuche durchführen und Pilotanlagen erstellen konnten.

Wir bedanken uns auch bei den Kolleginnen und Kollegen von Agroscope, die einen Beitrag zum Gelingen des Projekts geleistet haben, für die hervorragende Zusammenarbeit und ihren fachlichen Input. Besonders bedanken wir uns bei:

- Der Gruppe «Produktequalität und –innovation» unter der Leitung von Sonia Petignat: Thomas Eppler für die Saftanalyse, Jonas Inderbitzin und Guido Fässler für die Durchführung des Agroscope Panels und für den wertvollen Input im Bereich Saftverarbeitung und -bewertung, Daniel Feusi für die Unterstützung im Feld und in der Lagerhalle;
- Der Gruppe «Züchtung und Genressourcen Obst» unter der Leitung von Markus Kellerhals: Luzia Lussi, Bettina Hänni (auch Fructus) und Jakob Schierscher (auch Fructus) für die gemeinsame Durchführung von Feuerbrand Trieb- und Blütentestungen, Saftversuchen und die Bewertung vielsprechender Mostobstsorten, Anna Dalbosco (auch Fructus) für den interessanten Austausch zur Sortenauswahl im Mostanbau und zu ihrer Erfahrung mit dem Pilz *D. coronariae*.
- Der Gruppe «Phytopathologie und Zoologie Obst- und Gemüsebau»: für die Bereitstellung der Hefe *M. pulcherrima* für die Testung gegen Feuerbrand im Feld, Cosima Pelludat und Maja Hilber für ihre unverzichtbare Unterstützung im Labor.
- Eduard Holliger (jetzt SOV), Vanessa Reininger (jetzt Agroscope Nationale Bodenbeobachtung) und Sandrine Kammerecker (jetzt ZHAW) für die Zusammenarbeit in der Durchführung der Feuerbrand-PSM-Versuche;
- Den mitarbeitenden Praktikantinnen und Praktikanten Samuel Cia, Jules Peter und Julia Sullmann für ihre kontinuierliche Unterstützung im Feld, Labor und Büro;
- Ein noch grösseres Dankeschön an den Versuchsbetrieb Wädenswil unter der Leitung von Matthias Schmid und an den Breitenhof unter der Leitung von Thomas Schwizer und an ihre Teams für die hohe Hilfsbereitschaft, den reichlichen Input und für die Durchführung der Feldversuche.

Anhang A: Publikationen der Projekte HERAKLES und HERAKLES Plus

Projektberichte:

- Schöneberg A., Gravalon P., Holliger E., Naef A., Perren S., 2019. 2. Zwischenbericht HERAKLES Plus: Nachhaltiges Feuerbrand- und Marssoninamanagement im Kernobstanbau. Agroscope, Spezialpublikation Pflanzen, S. 114.
- Schöneberg A., Holliger E., Naef A., Perren S., 2017. 1. Zwischenbericht HERAKLES Plus 2017. Agroscope, Spezialpublikation Pflanzen, S. 20.
- Schöneberg A., Schlathöller I., Pelludat C., Holliger E., Naef A., Perren S., 2016. Schlussbericht Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement - Alternativen zu Streptomycin? Fachlicher Schlussbericht 2016. Agroscope Spezialpublikation Pflanzen, 71 S.
- Perren S., Naef A., Holliger E., Pelludat C., 2014. Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement – Alternativen zu Streptomycin? Fachlicher Zwischenbericht 2013. Agroscope, Spezialpublikation Pflanzen, S. 19.
- Perren S., Egger S., Holliger E.: Projekt HERAKLES, 2013. Nachhaltiges Feuerbrandmanagement – Alternativen zu Streptomycin? Fachlicher Zwischenbericht 2012. Agroscope, Fachlicher Zwischenbericht, S. 11.

Publikationen:

2021

- P. Gravalon, S. Perren, 2021. Marssonina – eine schwierige zu bekämpfende Krankheit. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 16, S. 22-26.
- P. Gravalon, S. Perren, 2021. Marssonina, une maladie qui bouscule nos méthodes de lutte. Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture, 53 (5), 262-266.
- Kammerecker S., Gravalon P., Holliger E., 2021. Essais phytosanitaires contre le feu bactérien en 2020: résultats des années précédentes confirmés. Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture, 53 (2) 102–106.
- Kammerecker S., Gravalon P., Holliger E., 2021. PSM-Versuche gegen Feuerbrand 2020: Ergebnisse früherer Jahre bestätigt. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 02, S. 22-25.
- Schwizer T., Boss M., Diethelm K., Naef A., Weibel F., Kuster T., Werder M., Perren S., Egger B., Sullmann J., Kellerhals M., Gravalon P., Lussi L., Zumsteg O., Hänni B., Schierscher J., Stäheli N., Zwahlen D. Jahresbericht 2021 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer, 423, 2021, 1-42.

2020

- Gravalon P., Inderbitzin J., Perren S., 2020. Blattfallkrankheit Marssonina – drohende Ertragsverluste. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 03, S. 14-16.
- Gravalon P., Inderbitzin J., Perren S., 2020. La défoliation du pommier due à Marssonina peut entraîner des pertes de rendement. Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture, 52, (3), 174-179.
- Reininger V., Holliger E., Gravalon P., 2020. Gute Wirkung in Strategiever suche - Bonne efficacité dans les essais de stratégie. Schweizer Obst | Fruits Suisses, 1, S. 33-39.
- Reininger V., Holliger E., Gravalon P., 2020. Trotz hohem Befall gute Wirkung: Feuerbrand-Strategiever suche in der Schweiz 2019. Obstbau, 1, S. 15-19.
- Reininger V., Gravalon P., Holliger E., 2020. Essai 2019 de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien: bonne efficacité malgré une forte infection. Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture, 52, (2), S. 118-125.

Schwizer T., Kessler W., Wirth B., Weibel F., Friedli M., Häseli A., Kuster T., Werder M., Witsoe J., Naef A., Egger B., Perren S., Holliger E., Gravalon P., Peter J. et al. Jahresbericht 2020 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer, 378, 2020, 1-38.

2019

Reininger V., Gravalon P., Holliger E., 2019. Feuerbrand-Strategieversuche – Gute Wirkung trotz hohem Befall. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 18, S. 20-24.

Schöneberg A., Perren S., 2019. Description des variétés de pommes à jus à grand potentiel. Agroscope Transfert Nr. 220, S. 94.

Schwizer T., Kessler W., Wieland S., Weibel F., Friedli M., Häseli A., Kuster T., Werder M., Roth R., Naef A., Egger B., Perren S., Holliger E., Reininger V., Gravalon P., et al., 2019. Jahresbericht 2019 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer Nr. 307, S. 38.

Schwizer T., Kessler W., Weibel F., Friedli M., Häseli A., Kuster T., Werder M., Schöneberg A., Gravalon P., Reininger V., Knauf A., Lussi L., Perren S., Holliger E., Zwahlen D., et al., 2019. Jahresbericht 2018 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer Nr. 257, S. 38.

2018

Bünter M., Schöneberg A., Reininger V., Holliger E., 2018. Feuerbrand. Massnahmen in der vom Bund ausgeschiedenen Befallszone: Vernichtung der Pflanzen, Rückschnitt/-riss oder keine Sanierung? Agroscope-Merkblatt Nr. 738.

Dalbosco A., Oberhänsli T., Shärer H.J., Broggini G., Studer B., Schalthölter I., Schöneberg A., Patocchi A., 2018. Züchtung Marssonina coronaria – robuster Apfelsorten. Obst Wein Garten, 87 (10), S. 3-5.

Dalbosco A., Oberhänsli T., Shärer H.J., Broggini G., Studer B., Schalthölter I., Schöneberg A., Patocchi A., 2018. Grundsteine zur Züchtung Marssonina coronaria – robuster Apfelsorten. Obstbau Weinbau, 7/8/18 (55), S. 20-24.

Reininger V., Schöneberg A., Holliger E., 2018. Pflanzenschutzmittelversuche gegen Feuerbrand 2018. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 22/18, S. 8-12.

Reininger V., Schöneberg A., Kellerhals M., 2018. Feuerbrandforschung trägt Früchte. / La recherche contre le feu bactérien porte ses fruits. UFA-Revue. 3/18, S. 28-31.

Reininger V., Holliger E., Kellerhals M., Schachermayr G., Schoch B., Lussi L., Schöneberg A., Patocchi A., Pelludat C., Knecht L., 2018. Schlussbericht «Gemeinsam gegen Feuerbrand». Agroscope Transfer Nr. 237, S. 46.

Reininger V., Schöneberg A., Walch B., Holliger E., 2018. Feu bactérien – Essai sur les produits phytosanitaires 2017. Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture. Vol.50 (2), S. 2-5.

Rogger J., Schöneberg A., Perren S., 2018. Testung von Fungiziden gegen die Apfelkrankheit Marssonina coronaria. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 10/18, S. 8-12.

Rogger J., Schöneberg A., Perren S., 2018. Essais de traitements fongicides contre la maladie du pommier Marssonina coronaria. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture. Vol.50 (4), S. 244-247.

Schöneberg A., Perren S., 2018. Beschreibung wertvoller Mostapfelsorten. Agroscope Transfer Nr. 220, S. 90.

Schwizer T., Kessler W., Weibel F., Friedli M., Häseli A., Kuster T., Werthmüller J., Schöneberg A., Reininger V., Walch B., Lussi L., Perren S., Holliger E., Heiri M., Petignat-Keller S., Eicher O., Wieland S., Schweizer S., Riedl A., Mühlentz I., 2018. Jahresbericht 2017 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer Nr. 209, S. 1-38.

2017

- Perren S., Schöneberg A., Inderbitzin J., Kellerhals M., Schmid M., 2017. Neue Apfelsorten mit Mehrwert. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 153 (3), S. 8-13.
- Reininger V., Schöneberg A., Holliger, E., 2017. Plant Protection Field Trials against Fire Blight in Switzerland in 2015. Journal of Plant Pathology. 99 (Special issue), S. 131-136.
- Reininger V., Schöneberg A., Walch B., Holliger E., 2017. Feuerbrand: Pflanzenschutzmittelversuch 2017. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 21/17, S. 8-11.
- Reininger V., Schöneberg A., Perren S., Holliger E., 2017. Feuerbrand – Wirksamkeitsversuche 2016. / Feu bactérien – Essais d'efficacité 2016. Früchte & Gemüse. / Fruits & Légumes. 2/17, S. 42-46.
- Reininger V., Schöneberg A., Perren S., Holliger E., 2017. Feuerbrand: Pflanzenschutzmittelversuche 2016. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 2/17, S. 4-7.
- Rogger J., 2017. Wirksamkeitstestung verschiedener Pflanzenschutzmittel gegen Marssonina coronaria auf Apfelbäumen. Bachelorarbeit, ETH Zürich. 08/2017.
- Schöneberg A., Perren S., Felder B., Hollenstein R., Müller U., Szalatnay D., Hunziker K., 2017. Feuerbrand – Anfälligkeit von Kernobstsorten. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 13/17, S. 8-11.
- Schöneberg A., Perren S., Felder B., Hollenstein R., Müller U., Szalatnay D., Hunziker K., 2017. Feuerbrand – Anfälligkeit von Kernobstsorten. Agroscope-Merkblatt Nr. 732.

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., Perren S., 2016. Kantone und Obstbranche ermöglichen das Projekt HERAKLES Plus. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau. 1/16, S. 24.
- Schöneberg A., Perren S., 2016. Für Mostobst mit Zukunft. Früchte & Gemüse. 1/16, S. 29-31.
- Schwizer T., Buser A., Friedli M., Häseli A., Kuster T., Werthmüller J., Heiri M., Schweizer S., Schöneberg A., Perren S., Holliger E., Reininger V., Lussi L., Bravin E., Kuske S., et al., 2016. Jahresbericht 2016 Agroscope Steinobstzentrum Breitenhof. Agroscope Transfer Nr. 154, S. 42.

2015

- 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 Nr. 106.

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 Nr. 2, S. 40.
- 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 Nr. 51, S. 46.

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.

Anhang B: Referenz

- Bohr A., 2018. Marssonina coronaria erkennen und regulieren. Obstbau 8/2018, S. 463-467.
- EPPO Richtlinie 1/166 (3): Efficacy evaluation of bactericides, Erwiana amylovora. 2001, 5 S.
- P. Gravalon, S. Perren, 2021. Marssonina – eine schwierige zu bekämpfende Krankheit. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 16, S. 22-26.
- Gravalon P., Inderbitzin J., Perren S., 2020. Blattfallkrankheit Marssonina – drohende Ertragsverluste. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 03, S. 14-16.
- Schöneberg A., Gravalon P., Holliger E., Naef A., Perren S., 2019. 2. Zwischenbericht HERAKLES Plus: Nachhaltiges Feuerbrand- und Marssoninamanagement im Kernobstanbau. Agroscope, Spezialpublikation Pflanzen, S. 114.
- Schöneberg A., Schlathölter I., Pelludat C., Holliger E., Naef A., Perren S., 2016. Schlussbericht Projekt HERAKLES: Nachhaltiges Feuerbrandmanagement - Alternativen zu Streptomycin? Fachlicher Schlussbericht 2016. Agroscope Spezialpublikation Pflanzen, 71 S.
- Silvestri G., Egger S., 2010. Sortenwahl für eine integrierte Feuerbrandstrategie im schweizerischen Mostapfelanbau (SOFEM). Zwischenbericht Agroscope, 43S
- SOV, 2014. Normen und Vorschriften für Mostobst, Ausgabe 2014. 4 S.
- SOV, 2021. Jahresbericht/Rapport d'activité 2020. 40 S.
- SOV, 2021. Mostobsternte und –verarbeitung – Schlussbericht 2021 / Récolte et transformation des fruits à cidre – Rapport final 2021. 22 S.
- Wöhner T, Höfer M. Evidence of apple blotch resistance in wild apple germplasm (Malus spp.) accessions. Eur J Plant Pathol, 2020, 8S.
- Wöhner T. Apple blotch disease Marssonina coronaria (Ellis and Davis) – review and research prospects. Eur J Plant Pathol, 2019, 153:657-669, 13S.