

Apfelzüchtung von Agroscope: Methoden, Ergebnisse und Chancen für einen nachhaltigen Obstbau

Markus Kellerhals, Simone Schütz, Isabelle Baumgartner, Luzia Lussi, Romano Andreoli und Andrea Patocchi
Agroscope, 8820 Wädenswil, Schweiz

Auskünfte: Markus Kellerhals, E-Mail: markus.kellerhals@agrosocpe.admin.ch



Dank der Beschreibung der Schweizer Obstgenressourcen können interessante Sorten wie der Wehntaler Hagapfel wieder züchterisch genutzt werden.

Einleitung

Die Obstzüchtung von Agroscope hilft, die aktuellen und künftigen Herausforderungen zur Entwicklung des Apfelanbaus in Richtung nachhaltige, resiliente Systeme von der Produktion bis zum Verkauf zur Gewinnung von rückstandsfreien und hochwertigen Früchten zu bewältigen. Die Apfelzüchtung in Wädenswil hat eine lange Tradition, kurz nach der Gründung der Forschungsanstalt im Jahr 1890 wurde damit begonnen. Das Programm ist somit eines der ältesten in Europa. Kobel (1953) schrieb

zur Apfelzüchtung: «Die Kombinationsmöglichkeit der in den Eltern vorhandenen Erbmerkmale ist manchmal unglaublich gross. So erhielten wir in Wädenswil aus der Kreuzung «Ontario» × «Jonathan» alle Übergänge zwischen Sämlingen mit bittersauren, bittersüssen, rein süssen und sauren, sehr gut und unangenehm gewürzten, grossfrüchtigen und kleinfrüchtigen, weissen, gelben, grünen und rot gefärbten, frühen und späten Früchten». Ein Erfolgsapfel der Wädenswiler Apfelzüchtung, zumin-

dest in der Schweiz, war der «Maigold», 1944 gekreuzt und 1964 herausgegeben, belegte er bis vor wenigen Jahren den zweiten oder dritten Platz in der Anbaustatistik der Schweizer Tafelapfelsorten. Heute ist die Agroscope-Sorte «Milwa» in der Schweiz und international von Bedeutung und das Spektrum an krankheitsresistenten Sorten – wie zum Beispiel die feuerbrand- und schorrobuste Sorte «Ladina» – wurde erweitert. Zur Bewältigung der Herausforderungen für die Obstbranche sind mehrere Neuzüchtungen in der Pipeline. Gefordert ist die Züchtungsforschung in Bezug auf die geforderte Reduktion im Pflanzenschutzmitteleinsatz, die fortschreitenden Veränderungen als Folge des Klimawandels sowie bezüglich ökonomischer Fragestellungen. Methodisch wird in der Apfelzüchtung mit klassischer Kreuzungszüchtung und Selektion gearbeitet. Dabei kommen auch moderne Techniken der molekularen Selektion zum Einsatz, welche laufend der Entwicklung auf diesem Gebiet angepasst werden. Eine aktuelle Option besonders zur Erweiterung und Diversifizierung der genetischen Basis in der Züchtung stellt die Nutzung der Schweizer sowie internationaler Obstgenressourcen dar.

Material und Methoden

Zuchtziele beim Obst

Die Zuchtziele müssen beim Obst langfristig gesteckt werden. Sie orientieren sich immer an den Bedürfnissen des Marktes und der ganzen Produktionskette bis hin zu den Konsumenten. Als übergeordnete Ziele gelten:

- Hohe Fruchtqualität
- Gute und regelmässige Erträge
- Dauerhafte Krankheitsresistenz

Diese Ziele lassen sich feiner aufgliedern und sind in das Produktionsumfeld einzuordnen. Im Jahr 1985 erweiterte Agroscope die Züchtung beim Apfel um das Merkmal «dauerhafte Krankheitsresistenz». Dank enger Zusammenarbeit mit dem Institut «East Malling» in England bekam Agroscope bei Apfel und Birne Zugang zu wertvollem Pflanzenmaterial mit Krankheitsresistenzen. Agroscope etablierte den Austausch und die Zusammenarbeit zusätzlich mit anderen Instituten in Europa und Übersee und parallel dazu mit der ETH Zürich. Dort ging es um die Entwicklung der Grundlagen für die molekulare Selektion von krankheitsrobusten Sorten.

Selektion: Krankheitsresistenz, Produktivität und Fruchtqualität

Beim Apfel werden jährlich rund 20 bis 30 Kreuzungskombinationen für verschiedene Projekte realisiert und daraus entstehen rund 12000 Samen beziehungsweise

Zusammenfassung Die Apfelzüchtung von Agroscope entwickelt Sorten, die den heutigen und künftigen Anforderungen an eine resiliente Obstproduktion und die Vermarktung angepasst sind. Züchtungsmethodisch werden neuste Entwicklungen laufend umgesetzt, um die Selektion so effizient wie möglich zu gestalten. Die Züchtungsforschung von Agroscope, die Zusammenarbeit mit der Professur Pflanzenzüchtung an der ETH Zürich und die breite internationale Vernetzung erlauben eine moderne und effiziente Züchtung. Entwickelt werden einerseits Sorten, die sich auf dem Weltmarkt behaupten sollen, andererseits Sorten, die spezifische Bedürfnisse abdecken können, etwa Sorten für den Bio-Anbau. Geeignete Neuzüchtungen mit den gewünschten Baum- und Fruchteigenschaften werden gleichzeitig für die Hochstammnutzung getestet.

Sämlinge. Das Spektrum an Kreuzungseltern umfasst eigene Zuchtnummern mit wertvollen Eigenschaften, internationale Sorten, alte und lokal angepasste Sorten sowie bekannte Wildäpfel für spezifische Resistenzen. Die Selektion der Sämlinge beginnt bereits kurz nach der Aussaat mit einem Screening bezüglich der wichtigen Pilzkrankheit Apfelschorf (*Venturia inaequalis*) im Gewächshaus und bei ausgewählten Nachkommen mit molekularen Analysen auf bestimmte Merkmale. Nur die schorfresistenten Sämlinge kommen jeweils Mitte Mai, rund vier Monate nach der Aussaat in eine Topfanlage im Freiland. Im Herbst werden dort die widerstandsfähigsten gegen Mehltau (*Podosphaera leucotricha*) und Blattfallkrankheit (*Marssonina coronaria*) und wüchsigsten Sämlinge für die erste Prüfstufe ausgewählt. Pro Nachkomme wird ein Baum hergestellt. Über mehrere Prüfstufen (A–C) mit zunehmender Anzahl Bäume erfolgt die Auslese, welche hoffentlich am Schluss zu einer neuen Sorte führt. In den Prüfstufen A bis C stehen Produktivität und Fruchtqualität bei der Selektion im Vordergrund. Wir rechnen mit 30000 bis 50000 Ausgangssämlingen für eine Neuheit mit Marktpotenzial.

Feuerbrandrobustheit

Die Züchtung auf Feuerbrandrobustheit wurde aufgrund des stärkeren Auftretens und der schwierigen Eindämmung dieser Bakterienkrankheit intensiviert. Unter dem Dachprojekt «Gemeinsam gegen Feuerbrand» werden aktuell alle grundlegenden und praxisorientier-

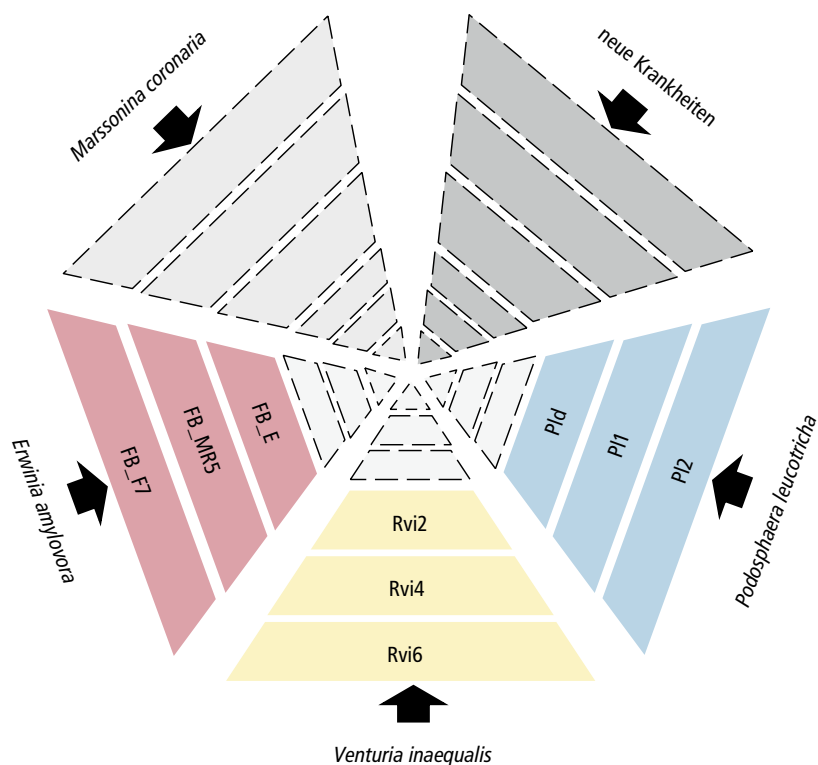


Abb. 1 | Pyramidieren von Resistenzen gegen den gleichen Krankheitserreger. Durch Kombination der Pyramiden entstehen Genotypen mit dauerhafter Resistenz gegen mehrere Krankheitserreger.

ten Forschungsaktivitäten zum Thema Feuerbrand in der Schweiz zusammengefasst. Ziel dieses Projektes ist es, gemeinsam mit allen Akteuren direkte und indirekte Massnahmen für ein erfolgreiches Feuerbrand-Management zu erforschen und weiter zu entwickeln. Informationen zum Projekt und zu den Projektpartnern sind unter www.feuerbrand.ch, Rubrik Projekte, zu finden.

Das Dachprojekt wird neben den Eigenleistungen von Agroscope auch finanziell unterstützt vom Bundesamt für Landwirtschaft BLW, dem Schweizer Obstverband SOV, dem Kanton Aargau und der VariCom GmbH. Im Projektmodul 3 «indirekte Massnahmen» erfolgen Triebtestungen im Sicherheitsgewächshaus. Untersucht wird dabei die Anfälligkeit ausgewählter Genotypen und Sorten nach künstlicher Infektion der Triebspitze mit dem Feuerbrandbakterium *Erwinia amylovora*. In diesem Modul reicht das Spektrum der Tätigkeiten von neuen Kreuzungen über Triebtestungen zur Prüfung der Blütenanfälligkeit in der Sicherheitsparzelle am Steinobstzentrum Breitenhof bis hin zur Prüfung von neuen Züchtungstechnologien wie der Methode der Blühverfrühung (Early Flowering, Le Roux *et al.* 2012) und der Cisgenetik (Kost *et al.* 2015). Zurzeit läuft ein Freilandversuch mit einer feuerbrandresistenten cisgenen Apfelinie auf der 'Protected Site von Agroscope am Standort Reckenholz.

Molekulare Selektion

Mehr und mehr flossen Fortschritte der Molekularbiologie in die Apfelmzüchtung ein und molekulare Marker werden für die Selektion eingesetzt, welche vom Team von Prof. C. Gessler an der ETH Zürich, weiteren Instituten in Europa sowie intern bei Agroscope entwickelt wurden. Das Netzwerk der Zusammenarbeit konnte für verschiedene EU-Projekte genutzt werden wie EAGMAP (European Apple Genome Mapping Project), DARE (Dauerhafte Apfelresistenz in Europa), HiDRAS (Qualitativ hochwertige krankheitsresistente Apfelsorten für einen nachhaltigen Anbau) und im jüngsten Projekt FruitBreedomics (www.fruitbreedomics.org), welches 2015 abgeschlossen wurde. Das Wädenswiler Züchtungsprogramm nutzte diese Methoden insbesondere um Sorten mit sogenannter pyramidierter Resistenz gegen den Schorfpilz zu entwickeln. Dabei ist nicht nur ein einzelnes Resistenzgen, wie z. B. die von *Malus floribunda* 821 stammende *Vf-(Rvi6)*-Resistenz gegen den Schorf vorhanden, sondern verschiedene Gene gegen diese Krankheit in einem Genotyp pyramidiert. Um diese Pyramidierung von Genen gegen eine Krankheit und die Kombination von Resistenzen gegen verschiedene Krankheiten in einem Apfelsämling zu erkennen, werden molekulare Marker verwendet (Baumgartner *et al.* 2015). Bei der Feuerbrand- und Mehltau-

resistenz sind die Ansätze vergleichbar und neu sollen sie auch für die Blattfallkrankheit *Marssonina coronaria* entwickelt werden. Abb. 1 zeigt schematisch das Konzept der Resistenzzüchtung.

Nutzung von Apfel-Genressourcen in der Züchtung

Apfel-Genressourcen sind ein wertvolles Reservoir von Merkmalsvariationen und zur Verbreiterung der genetischen Basis in der Züchtung sehr gut geeignet. In den letzten Jahren wurde im Rahmen verschiedener Projekte des Nationalen Aktionsplans zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (NAP-PGREL), im Auftrag der Vereinigung Fructus und finanziert durch das Bundesamt für Landwirtschaft BLW, die Vielfalt der Schweizer Obsterressourcen inventarisiert, phänotypisch beschrieben und molekulargenetisch auf Verschiedenheit beziehungsweise Einzigartigkeit analysiert (Gassmann et al. 2016).

Resultate und Diskussion

Die Agroscope-Apfelzüchtung hat in den letzten Jahren verschiedene erfolgreiche Sorten entwickelt und in Partnerschaft mit der VariCom GmbH (www.varicom.ch) in den Markt einführen können. Eine beachtliche nationale und internationale Bedeutung hat die Sorte «Milwa» erlangt, welche in der Schweiz unter der Marke «Diwa®» im Detailhandel verkauft wird. In Europa ist «Milwa» eine Clubsorte mit dem Markennamen «Junami®». Bedeutenden

de Anbauflächen befinden sich neben der Schweiz in den Niederlanden und in Norddeutschland (Region «altes Land» bei Hamburg). Geschätzt werden bei «Milwa» die gute Optik und Essqualität, die Lagerfähigkeit und die geringe Krebsanfälligkeit, was gerade in nördlich gelegenen Anbaugebieten ein grosses Plus ist. In diesen Regionen wird auch der Erntezeitpunkt kurz vor Golden Delicious sehr begrüsst, weil spätreifende Sorten wie Fuji oder Cripps Pink (Pink Lady®) gar nicht angebaut werden können. Spezifisch für die Bedürfnisse des Bio-Anbaus wird die Sorte «Rustica», welche Trägerin der *Vf-(Rvi6)*-Schorfresistenz ist und auch den Fruchtbehang weitgehend selber ausdünn, in den Markt eingeführt. Ein Handicap ist bei dieser Sorte die Feuerbrandanfälligkeit. Diesbezüglich kann die Sorte «Ladina» punkten, welche nur wenig feuerbrandanfällig und ebenfalls *Rvi6*-schorfresistent ist. Die Frucht besticht durch eine dunkelrote Färbung, ein knackig-saftiges Fruchtfleisch und ein leicht exotisches Aroma, welches an Litschi oder Pfirsich erinnert (Brugger 2012).

Aktuelle Sorten aus dem Programm von Agroscope (Abb. 2)

- Galmac (Jerseymac × Gala), Kreuzung 1986 in Conthey, Herausgabe 1996
- Ariwa (Golden Delicious × A 814–9) mit *Rvi6*-Schorfresistenz und *Pl1*-Mehltauresistenz, Kreuzung 1986, Herausgabe 1996
- La Flamboyante-Mairac® (Gala × Maigold), Kreuzung 1986 in Conthey, Herausgabe 2002



Abb. 2 | Aktuelle von Agroscope entwickelte Apfelsorten.

- Milwa-Diwa® (Idared × Maigold) × Elstar, Kreuzung 1982, Herausgabe 2002
- CH101-Galiwa® (Gala × K1R20A44), Kreuzung 1992, Herausgabe 2011, *Rvi6*-Schorfresistenz
- Ladina (Topaz × Fuji), Kreuzung 1999, Herausgabe 2012, *Rvi6*-Schorfresistenz, feuerbrandrobust
- Mariella (Arlet × Maigold), Kreuzung 1982, Herausgabe 2014
- Rustica (La Flamboyante × H 23–10), Kreuzung 1994, Herausgabe 2015, *Rvi6*-Schorfresistenz

Sorten für einen nachhaltigen, resilienten Anbau

Die in den Projekten zur Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten «ZUEFOS» (2008–2011) und «ZUEFOS II» (2012–2013) entwickelten Genotypen mit Feuerbrand-Resistenzen aus den Wildäpfeln *Malus × robusta* 5 (MR5) und «Evereste» werden aktuell im Projekt «Gemeinsam gegen Feuerbrand» im Verfahren «Fast Track» beschleunigt angezogen, um möglichst rasch marktreife Sorten zu entwickeln (Kellerhals et al. 2014). Die Generationszeit, also die Zeit von der Aussaat bis erste Blüten gebildet werden, dauert beim Apfel normalerweise vier bis fünf Jahre. Dank der Methode «Fast Track» wurde diese Zeit mit Hilfe guter Wuchsbedingungen im Gewächshaus und künstlicher Wintersimulation auf rund zweieinhalb Jahre verringert. Im Frühjahr 2016 wurden im Sicherheitsgewächshaus Feuerbrandtriebtestungen mit Genotypen der zweiten und dritten «Fast-Track»-Generation durchgeführt. Zwei Pflanzen der vierten Generation mit der FB_MR5-Resistenz von MR5 blühten bereits in ihrem zweiten Standjahr, wovon eine erfolgreich bestäubt werden konnte.

Die sich in der Apfelzüchtung als interessant abzeichnenden Neuzüchtungen von Agroscope werden auf ihre Triebanfälligkeit gegenüber Feuerbrand getestet (Kellerhals et al. 2014). Zusätzlich werden verschiedene Züchtungen in der Freiland-Sicherheitsparzelle am Agroscope-Steinobstzentrum Breitenhof auf die Blütenanfälligkeit getestet. Diese Testung ist besonders aufwändig und deshalb teuer. Für eine gesicherte Praxisempfehlung ist sie jedoch erwünscht. Um der Obstbaupraxis möglichst rasch feuerbrandrobuste Sorten verfügbar zu machen, wurden in den Jahren 2010 und 2011 an den Standorten Wädenswil (ZH), Conthey (VS), Güttingen (TG) und Morges (VD) Pilotanlagen mit feuerbrandrobusten Apfelzuchtnummern und Sorten erstellt. Die Ergebnisse aus zwei Apfel-Versuchspartellen bezüglich Baumeigenschaften und Krankheitsrobustheit, Ernte und Lagerung sowie Fruchtqualität der Jahre 2011 bis 2015 wurden publiziert (Klein et al. 2016a). Die feuerbrandrobuste und *Rvi6*-schorfresistente Agroscope-Sorte «Ladina» hat

interessante Ergebnisse gebracht: gute und regelmässige Erträge, gute Fruchtfärbung und -grösse und beachtliche Konsumeigenschaften. Allerdings haben sich nach längerer Lagerung physiologische Schäden besonders in Form von Hautflecken manifestiert, sodass vorderhand eine Lagerung bis Januar empfohlen werden kann.

Die Entwicklung von qualitativ hochwertigen Apfelsorten mit dauerhafter Robustheit gegen Krankheiten entwickelt sich weiter. Verschiedene Fälle von Resistenzdurchbrüchen im Praxisanbau speziell bei der *Vf*-(*Rvi6*)-Schorfresistenz zeigen, dass unsere seit mehreren Jahren verfolgte Strategie der Kombination (Pyramidisieren) von Resistenzen ein zukunftsgerichteter Ansatz sein kann, der aber auch kritisch hinterfragt werden muss. McDonald & Linde (2002) stellten bereits fest, dass man bei der Resistenzzüchtung das Umfeld der Entwicklung der einzelnen Pathogene bezüglich deren Vermehrungsart, der Häufigkeit von Mutationen, des Ausbreitungsmechanismus, etc. beachten sollte. Darauf aufbauend sind auch angepasste Managementstrategien im Anbau gefragt, welche die Wirtsresistenz und die Pathogensituation mit einbeziehen.

Eine züchterische Antwort auf die Herausforderungen ist die weitere Verbreiterung und Diversifizierung der Resistenzbasis, indem auch die Obstgenressourcen der Schweiz als wertvolle Quelle für Resistenzeigenschaften miteinbezogen werden.

Züchterische Nutzung der Apfel-Genressourcen

Die Beschreibung der Schweizer Apfelgenressourcen und speziell die molekulare Analyse der inventarisierten Akzessionen erlaubte die Definition von 1300 unterschiedlichen Genprofilen (Bühlmann et al. 2015). Aus dem Genpool der in der Schweiz erhaltenen Apfel-Genressourcen wurden 600 Akzessionen während den letzten Jahren in einer nicht mit Fungiziden behandelten Parzelle in Horgen (ZH) auf ihre Schorf- und Mehltaubrobustheit geprüft. Parallel wurde bei ausgewählten Akzessionen die Feuerbrandrobustheit im Triebtest ermittelt. Abbildung 3 zeigt Ergebnisse der Triebtestung von Apfel-Genressourcen auf Feuerbrandanfälligkeit im Sicherheitsgewächshaus von Agroscope. Dabei wird ersichtlich, dass ein breites Spektrum von Robustheit bis hoher Anfälligkeit vorhanden ist. Die dargestellten Ergebnisse geben Auskunft über die Triebanfälligkeit. Für eine zuverlässige Einstufung der Feuerbrand-Anfälligkeit einer Sorte muss auch die Blütenanfälligkeit geprüft werden.

Die aussichtsreichsten 100 Sorten aus dem inzwischen abgeschlossenen Versuch wurden im Jahr 2015/16 auf Fruchtqualität und Lagereignung bewertet. Nachdem die Ergebnisse mit den neusten Daten aus der Feuer-

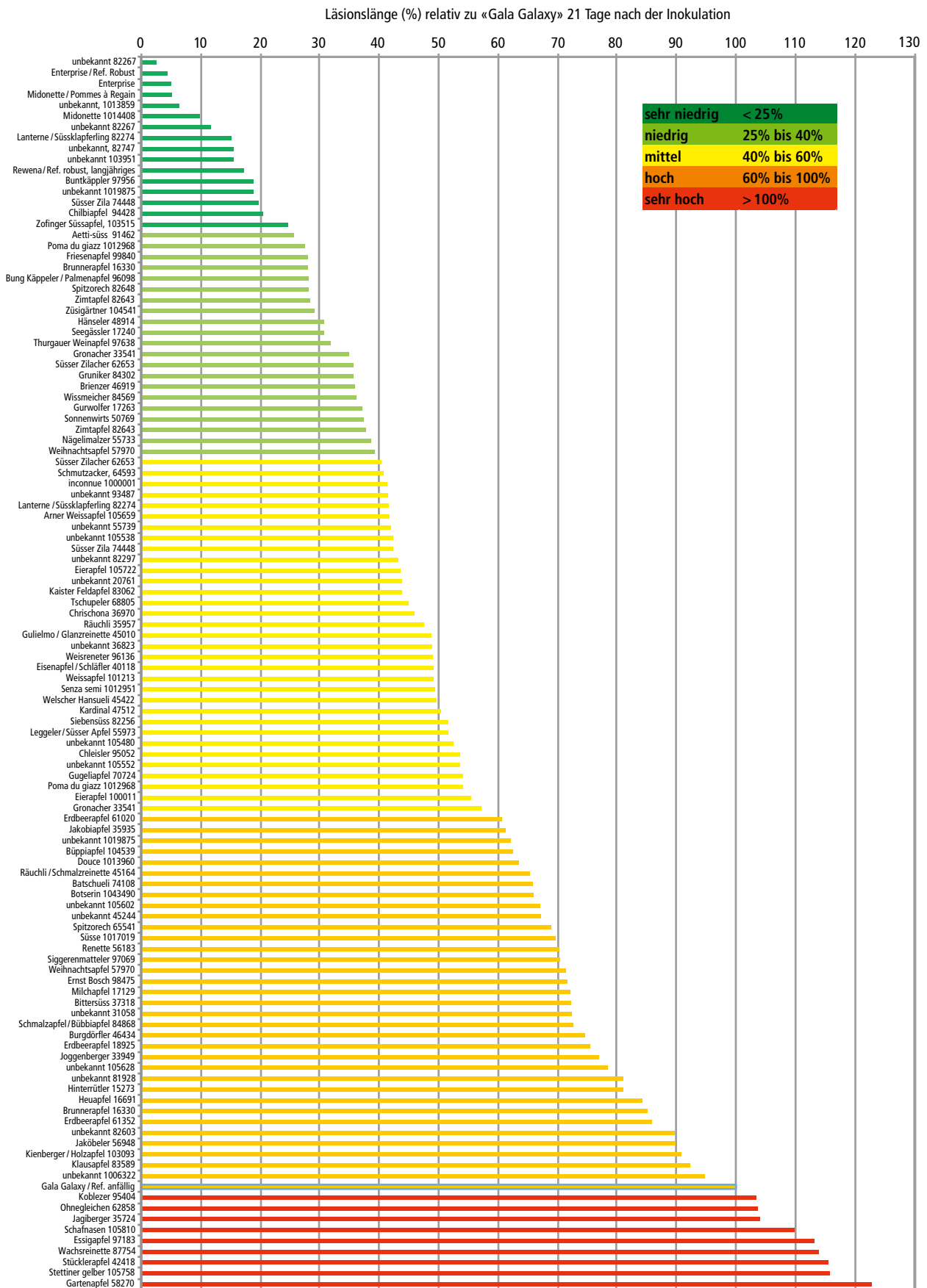


Abb. 3 | Prüfung von Schweizer Apfel-Genressourcen auf die Triebanfälligkeit gegenüber Feuerbrand im Sicherheitsgewächshaus und Einstufung der Ergebnisse in Anfälligkeitsklassen.

brand-Triebtestung ergänzt werden konnten, liessen sich 30 Top-Sorten definieren, welche bereits in ein weiterführendes Projekt zur Biozüchtung (NAP-PGREL-Projekt von FiBL, Agroscope und PomaCulta) eingeflossen sind. Wiederum wurden 2016 drei der besten 30 Sorten im Apfelzüchtungsprogramm bei Agroscope eingekreuzt: «Schorrenapfel», «Wehntaler Hagapfel» und «Heimenhofer». Die Nachkommen dieser Kreuzungen wurden im Frühjahr 2017 auf Schorfrobustheit geprüft. Die Robusten werden in das Apfelzüchtungsprogramm von Agroscope integriert.

Hochstamm-Kandidaten

Die Apfelzüchtung von Agroscope dient auch der Entwicklung von krankheitsrobusten Sorten, welche sich für den Hochstamm-Anbau zur Mostobstproduktion eignen (Klein *et al.* 2016b). Entsprechende Kandidaten werden auf Robustheit gegenüber Feuerbrand, Schorf, Mehltau und die neue Blattfallkrankheit *Marssonina coronaria* geprüft.

Fruchtmuster werden zu Saft gepresst und sensorisch sowie analytisch untersucht. Diese Versuche finden auch im Rahmen des Dachprojektes «Gemeinsam gegen Feuerbrand» statt. Die Kandidaten wurden in Zusammenarbeit mit den Fachstellen Obstbau der Kantone Zürich und St. Gallen auf Hochstämme veredelt. Die Zuchtnummern müssen eine hohe Saftqualität aufweisen. Diese Kriterien werden vor allem von «ACW 12556», «ACW 13490» und «ACW 15097» erfüllt (Klein *et al.* 2016b). Vermehrungsmaterial dieser Züchtungen ist bereits virusfrei verfügbar und eignet sich, um in der Praxis weitere Erfahrungen zu sammeln.

Schlussfolgerungen

Die Apfelzüchtung von Agroscope entwickelt Sorten, welche den heutigen und künftigen Anforderungen an eine resiliente Obstproduktion angepasst sind. Züchtungsmethodisch werden neuste Entwicklungen laufend umgesetzt, um die Selektion effizient und zielgerichtet zu gestalten. Die Züchtungsforschung von Agroscope, die Zusammenarbeit mit der Professur Pflanzenzüchtung an der ETH Zürich und die breite internationale Vernetzung erlauben eine moderne und effiziente Züchtung. Entwickelt werden einerseits Sorten, welche sich auf dem Weltmarkt behaupten sollen, andererseits auch Sorten, welche spezifische Bedürfnisse abdecken können. Dazu beispielsweise Sorten für den Bio-Obstbau. Zur Verbreiterung der genetischen Basis und Nutzung von wertvollen Eigenschaften werden auch die zunehmend charakterisierten Schweizer und internationalen Apfelgenressourcen genutzt. Geeignete Neuzüchtungen, welche die gewünschten Baum- und Fruchteigenschaften mitbringen, werden in Richtung Hochstammnutzung mit Verarbeitung zu Saft entwickelt.

Die Voraussetzungen sind gut, damit auch künftig mit den neuesten und effizientesten Züchtungsmethoden gearbeitet werden kann. Die neu geschaffene Professur für molekulare Pflanzenzüchtung, welche von Agroscope und der ETH Zürich getragen wird, eröffnet diesbezüglich interessante Perspektiven. ■

Dank

Wir bedanken uns beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und beim Schweizer Obstverband (SOV) für die Projektmitfinanzierungen.

Riassunto**Selezione del melo di Agroscope: metodi, risultati e opportunità per una frutticoltura sostenibile**

Agroscope seleziona nuove varietà di melo in grado di rispondere alle esigenze attuali e future di una frutticoltura resiliente. La selezione avviene applicando tecniche adattate costantemente ai nuovi sviluppi del settore al fine di incrementarne l'efficienza. La selezione moderna ed efficiente di nuove varietà di melo è possibile grazie alla ricerca effettuata presso Agroscope e alla collaborazione con la cattedra di miglioramento genetico vegetale del Politecnico federale di Zurigo e con altri partner internazionali. Se da una parte vengono selezionate varietà adatte per imporsi sul mercato mondiale, dall'altra ne vengono selezionate altre che rispondono a necessità specifiche, per esempio quelle della produzione biologica. Nel contempo, le nuove varietà che mostrano caratteristiche promettenti della pianta e del frutto sono anche testate per la coltivazione di alberi da frutto ad alto fusto.

Summary**Agroscope apple breeding: methods, results and opportunities for sustainable fruit production**

Agroscope apple breeding develops new varieties adapted to the current and future requirements of resilient fruit production. The latest developments in breeding methodology are constantly implemented in order to streamline selection as much as possible. Breeding research at Agroscope, our collaboration with the Chair in Plant Breeding at ETH Zürich and international networking allow for modern and efficient breeding. Two categories of varieties are being developed: those intended for the world market, and those that are able to cover specific requirements, such as varieties for organic cultivation. At the same time, new cultivars with the desired tree and fruit characteristics are being tested for apple production on standard trees.

Key words: apple breeding, molecular markers, disease resistance, fruit genetic resources, sustainability.

Literatur

- Baumgartner I.O., A. Patocchi, J.E. Frey, A. Peil & Kellerhals M., 2015. Breeding Elite Lines of Apple Carrying Pyramided Homozygous Resistance Genes Against Apple Scab and Resistance Against Powdery Mildew and Fire Blight. DOI 10.1007/s11105-015-0858-x. *Plant Molecular Biology Reporter*.
- Brugger C., 2012. Geschmacksbegegnungen Apfel. *Cucina e Libri*, Zürich, 45 S.
- Bühlmann A., Gassmann J., Ingenfeld A., Hunziker K., Kellerhals M. & Frey J.E.: Molecular Characterisation of the Swiss Fruit Genetic Resources. *Erwerbsobstbau* 57, 29–34, 2015.
- Gassmann J. & Andreoli R., 2016. Schweizer Apfelsortenvielfalt. *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau* 22, 8–11.
- Kellerhals M., Schütz S., Baumgartner I.O., Schaad J., Kost T., Broggin G. & Patocchi A., 2014. Züchtung feuerbrandrobuster Apfelsorten. *Agrarforschung* 5, 414–421.
- Klein N., Schütz S., Lussi L., Perren S., Schmid M. & Kellerhals M., 2016a. Krankheitsrobuste Apfelsorten *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau*, 152 (3), 8–12.
- Klein N., Lussi L., Schütz S., Baumgartner D., Bühlmann A. & Kellerhals M., 2016b. Feuerbrandrobuste Hochstammkandidaten aus der Apfel-Züchtung. *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau*, 152 (10), 8–13.
- Kobel F., 1953. Die Züchtung neuer Obstsorten. Separatdruck aus «Schweizer Garten», 11, Nov. 1953.
- Kost T.D., Gessler C., Jänsch M., Flachowsky H., Patocchi A. & Broggin G.A.L., 2015. Development of the First Cisgenic Apple with Increased Resistance to Fire Blight. *PLoS ONE* 10 (12): e0143980. doi:10.1371/journal.pone.0143980.
- Le Roux P.-M., Flachowsky H., Hanke M.-V., Gessler C. & Patocchi A., 2012. Use of a transgenic early flowering approach in apple (*Malus × domestica* Borkh.) to introgress fire blight resistance from Evereste. *Molecular Breeding*. 30 (2), 857–874.
- McDonald B. & Linde C., 2002. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica* 124, 163–180.