



Züchtung feuerbrand- robuster Obstsorten

Die neue feuerbrandrobuste und schorfresistente ACW-Apfelsorte 'Ladina', aufgenommen in der 35. KW im Versuchsgut Heuchlingen (LVWA Weinsberg) (Foto: Kellerhals)

Ausgelöst durch das starke Feuerbrandjahr 2007 und dank politischer Vorstöße hat das Schweizer Bundesamt für Landwirtschaft verschiedene Projekte zur Obstforschung finanziert. Eines davon ist „ZUEFOS“ (Züchtung feuerbrandrobuster Obstsorten). Ziel des von 2008 bis 2011 dauernden Projektes war es, die Entwicklung und praktische Nutzung von feuerbrandrobusten Kernobstsorten rasch voranzutreiben. Die Züchtung von feuerbrandrobusten Apfel- und Birnensorten mit hoher Fruchtqualität und guter Produktivität ist ein aussichtsreicher und nachhaltiger Weg zur Eindämmung der wirtschaftlichen Schäden, welche durch die Bakterienkrankheit Feuerbrand verursacht werden. Im Projekt wurde zielgerichtet und gemeinsam durch die Partner Agroscope (ACW), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, den Privatinitiativen Lubera und Fruture sowie der VariCom der Bogen von der Wissenschaft zur Praxis gespannt.

GENETISCHER HINTERGRUND

Grundlage für die Züchtung feuerbrandrobuster Sorten bilden Sorten bzw. Pflanzen welche die gewünschten Eigenschaften in sich tragen: in unserem Fall Robustheit gegenüber Feuerbrand. Dank internationaler Forschung waren zu Beginn des Projektes ZUEFOS verschiedene Quellen für Robustheit bekannt, die sich grob in zwei Klassen einteilen lassen:

- Sorten mit Robustheit gegenüber Feuerbrand: 'Rewena', 'Resi', 'Enterprise', 'Florina', 'Free Redstar', etc.

- Wildherkünfte wie *Malus x robusta* 5 oder 'Evereste' mit Feuerbrandresistenz. Die Herausforderung für die Züchter besteht darin, möglichst effizient, d. h. rasch und kostengünstig, diese Resistenzquellen in Sorten zu integrieren, welche einen hohen Marktwert haben.

Das Projekt gliederte sich in vier Module mit einer starken Interaktion:

Modul 1: Züchtung

Modul 2: Marker und markergestützte Selektion

Modul 3: Beschleunigung des Generationszyklus

Modul 4: Sorten

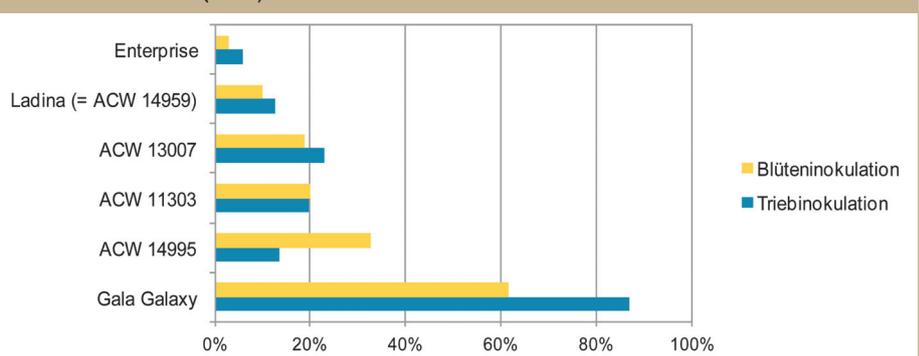
INTENSIVERE ZÜCHTUNG

Der klassischen Kreuzungszüchtung und der phänotypischen (von Auge sichtbaren) Selektion war das Modul 1 gewidmet. ACW

hatte bereits seit 1984 den Aspekt Krankheitsresistenz in das Züchtungsprogramm integriert. Im ZUEFOS-Projekt nutzten die Züchtungsprogramme von ACW und Lubera Synergien und führten eigene aber auch gemeinsame Kreuzungen durch. Insgesamt wurden im Rahmen von ZUEFOS über 20.000 Nachkommen aus Kreuzungen erzeugt, welche speziell auf das Ziel Feuerbrandrobustheit und Fruchtqualität ausgerichtet waren. Diese Nachkommen sind inzwischen bereits auf Schorf- und Mehltauanfälligkeit, Merkmale der Jugendphase, wie z. B. sehr kleine Blätter und Dornen, sowie weitere Merkmale vorselektiert worden. 600 davon sind nun in der Fruchtprüfung, 600 weitere werden in den nächsten zwei Jahren gepflanzt.

Aus Sicht der privaten Züchtungsfirma Lubera war die Beteiligung an ZUEFOS ein Erfolg. Mit dieser Beteiligung war es nicht nur möglich, den Kontakt mit der Forschung zu pflegen, sondern das Züchtungsprogramm wurde um die Dimension „Feuerbrandresistenz“ erweitert. Bei den rotfleischigen Sorten konnte sichergestellt werden, dass die mei-

Abb. 1: Blüten- und Triebinfektion bei ausgewählten fortgeschrittenen Zuchtnummern im Vergleich zu den Kontrollen 'Enterprise' und 'Gala Galaxy'. Oben sind die prozentual infizierten Blütenstandstiele oder Triebe 4 Wochen nach der Infektion der Blüte gezeigt (2011), unten die Läsion in Prozent der Triebblänge 3 Wochen nach Infektion der Triebe (2010)



sten ausgewählten Sorten weniger anfällig sind als 'Weirouge'. Mit der Zucht Nummer 93/05 konnte eine rotfleischige Sorte mit guter Robustheit selektiert werden, die nicht nur als Elter dient, sondern auch als Saft- bzw. Verarbeitungssorte speziell für den extensiveren Anbau weiter geprüft wird.

WIE ROBUST IST SORTE X, NACHKOMME Y?

Die phänotypische Bewertung der Triebanfälligkeit von aussichtsreichen Zucht Nummern, potenziellen Elternsorten und von Kreuzungsnachkommen hat die Informationen zum Zuchtmaterial in den vier Jahren des ZUEFOS-Projektes markant ansteigen lassen. Die sehr aufwändigen Triebtestungen waren ein wichtiger Bestandteil. Seit dem Jahr 2010 stand bei ACW ein neues, gut eingerichtetes Sicherheitsgewächshaus für diese Tests zur Verfügung. Die Triebinfektionen in diesem Gewächshaus zeigten eine deutliche Variabilität in der optisch messbaren Ausbreitung der Bakterien zwischen unterschiedlichen Sorten und Züchtungen. Positiv war, dass trotz gewisser Schwankungen bei den Symptomen zwischen Wiederholungen der gleichen Sorte eine gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse möglich war. Die robuste Standardsorte 'Enterprise' war durchwegs sehr wenig befallen und die anfällige Vergleichssorte 'Gala' stark. Wir konnten verschiedene Neuzüchtungen mit guter Feuerbrandrobustheit im Triebtest ermitteln.

Unter Feldbedingungen stellt jedoch die Blüte den wichtigsten Infektionsweg für das Bakterium dar. Im Jahr 2011 wurden die ersten Blütentests im Rahmen des Projektes im Sicherheitsgewächshaus durchgeführt. Die Ergebnisse der Blütentests zeigten vergleichbare Anfälligkeit wie im Triebtest (s. Abb. 1). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund der gemessenen Trieb- oder Blütenanfälligkeit im Gewächshaus nicht in jedem Fall direkt auf die Anfälligkeit im Feld geschlossen werden kann. Die Anwendung verschiedener Test-Methoden wie molekulare Marker, Trieb- und Blüteninfektionen im Gewächshaus, Freilandversuche sowie Laboranalysen der Bakterienkonzentration im optisch gesunden Gewebe erhöhen die Aussagekraft im Hinblick auf die komplexe Situation im Feld.

Die Blütentestung im Freiland erfordert eine mehrjährige Vorlaufzeit, um das Baumaterial in genügender Entwicklung (= genügend Blüten) zur Verfügung zu haben. Die Freilandprüfung erfolgt im Nachfolgeprojekt ZUEFOS II ab 2012 in Zusammenarbeit mit

dem Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (KOB) in Bavendorf, da bisher in der Schweiz keine Freilandtestungen möglich sind.

Die Ergebnisse der Freilandtestungen mit künstlicher Feuerbrandinokulation in Deutschland zeigen, dass die ACW-Züchtungen 'Ladina' und 'ACW 14995' weniger Befall zeigten als die anfällige Referenzsorte 'Gala'. So zeigte 'ACW 14995' 29 Tage nach der künstlichen Infektion nur bei 15 % der Blütenbüschel Nekrosen im Holz gegenüber 60 % bei 'Gala' (s. Abb. 2).

Das Zuchtmaterial von Lubera konnte am Julius Kühn Institut (JKI) in Quedlinburg in den kompetenten Händen von Dr. Klaus Richter auf Triebanfälligkeit untersucht werden. Dabei wurde deutlich, dass von den Elternsorten 'Resi' und 'Julia' interessante Resistenzeigenschaften gegen Feuerbrand ausgehen. Verschiedene Nachkommen aus der Kreuzung 'Resi' x 'Julia' erwiesen sich als ausgesprochen feuerbrandrobust.

RESISTENT, TOLERANT, ROBUST?

Im Rahmen des Projekts stellte sich die Frage: Welche Sorte und Neuzüchtung ist ro-

bust, tolerant oder resistent gegen Feuerbrand? Eine klare Abgrenzung und Begriffsdefinition ist schwierig. Der Kreis der Fachpersonen einigte sich darauf, dass bei Wildapfel-Resistenzquellen wie *Malus x robusta* 5 von Resistenz gesprochen werden kann. Viele Sorten und Neuzüchtungen weisen aber eine Teilresistenz auf, die bei starkem Infektionsdruck zu Befall führen kann. Im Zusammenhang mit einer solchen Feuerbrandabwehr sollte der Begriff „robust“ verwendet werden, da auch phytopathologisch die Bezeichnung „tolerant“ nicht ganz korrekt ist.

MOLEKULARE ANALYSEN

Im Rahmen des Projektes wurden bereits bekannte Genorte für Feuerbrandresistenz auf der Erbsubstanz des Apfels genauer molekular kartiert und neue Resistenzorte erstmals kartiert. Im Modul 2 wurden an der ETH Zürich und an der ACW basierend auf internationalen Vorarbeiten wesentliche Fortschritte erzielt:

- Exakte molekulare Kartierung des *Malus x robusta* 5-Resistenzortes (s. Abb.3)

Abb. 2: Symptomvergleich bei 'ACW 14995' und 'Gala' im Freiland, 8, 15, 22 und 29 Tage nach künstlicher Blüteninfektion. Infektionsklassen: 1–2: keine Symptome oder unklare Symptome; 3–4: Symptome auf Blüten und Blütenstielen; 5–6: Infektion der Blütenbüschel; 7–8: Nekrosen im Holz

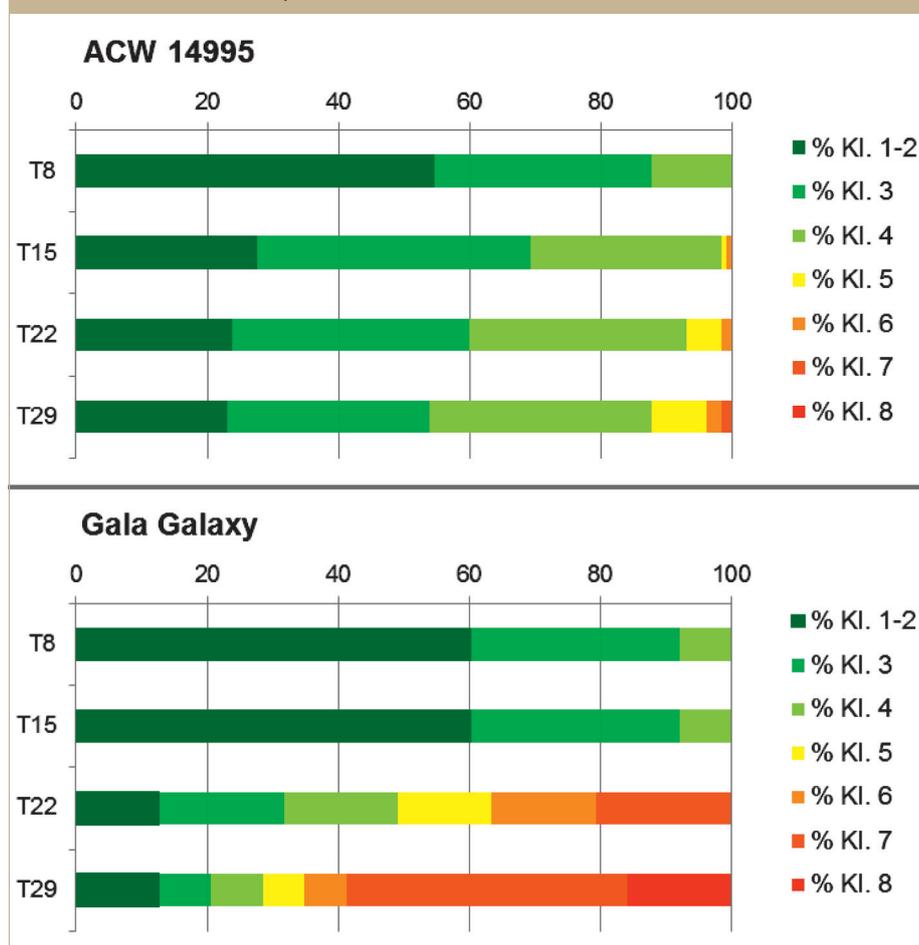
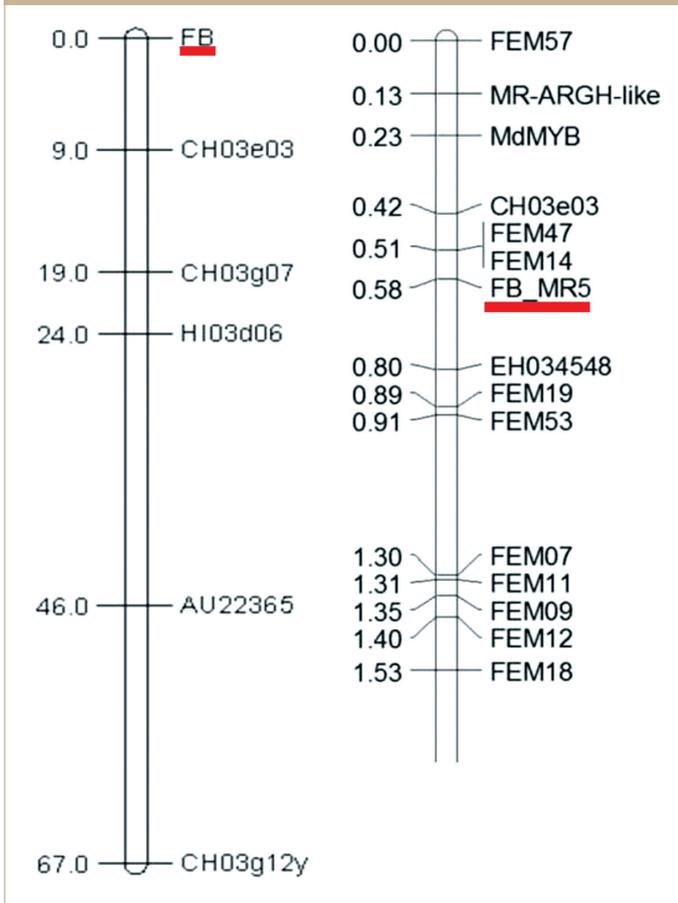


Abb. 3: Genetische Karte der Kopplungsgruppe 3 von *Malus x robusta* 5. Links: Karte aus Peil et al. 2007, Grundlage für die vorliegenden Arbeiten. Rechts: Feinkartierung der Spitze der Kopplungsgruppe 3 mit 13 zusätzlichen molekularen Markern. FB = Feuerbrand Resistenzlokus (rot)



- Für die Züchtung nutzbare molekulare Marker, mit welchen das Vorhandensein der Resistenz in einem Sämling festgestellt werden kann.
- Kartierung des Resistenzortes bei 'Florina' und 'Rewena'.

Mit den molekularen Markern konnten in der Züchtung verwendete Elternsorten sowie ausgewählte Nachkommen untersucht werden.

UNMÖGLICHES MÖGLICH MACHEN: GENERATIONS-BESCHLEUNIGUNG

Mit dem Modul 3 wurden Resistenzquellen von Wildäpfeln mit zwei verschiedenen Ansätzen für die Züchtung nutzbar gemacht:

- **Blühverfrühungs-Methode**
„Early Flowering“:

Mit einem vom Julius Kühn Institut (JKI) in Dresden entwickelten und durch ACW getesteten Verfahren, wurde ein Birkengen zur Blühinduktion verwendet, um die Resistenz von Wildäpfeln möglichst rasch in eine kommerziell nutzbare Qualität zu bringen. Mit dem experimentellen Verfahren konnte innerhalb von vier Jahren die dritte Generation

Bei der „Early Flowering“-Technik ist noch unklar, welchen Status die gezüchteten Sorten aufweisen werden, da ein gentechnisches Verfahren zu Hilfe genommen wird, am Schluss aber Nachkommen ausgelesen werden, welche kein gentechnisch eingeschleustes Erbgut enthalten.

VON DER ZÜCHTUNG IN DIE PRAXIS

Das Fenster zur Praxis bildete das Modul 4. Bei Projektbeginn zeichneten sich bereits einige feuerbrandrobuste Züchtungen und/oder Sorten mit marktkonformer Fruchtqualität ab. Einige wurden ausgewählt und für Pilotversuche an vier Standorten angezogen:

- Wädenswil (Zürich),
- Güttingen (Thurgau),
- Conthey (Wallis) und
- Morges (Waadt).

Sechs Apfelsorten bzw. -zuchtnummern, darunter 'Ladina' und 'ACW 14995', wurden auf Grund von Fruchtqualität und Feuerbrandtoleranz für die Prüfung im Freiland ausgewählt. Damit aus dem Versuch eine

(BC'2, d. h. F3) erreicht werden. Um ohne dieses Verfahren gleich weit voran zu kommen, wären 15 Jahre notwendig gewesen.

- **Blühverfrühungs-Methode**
„Fast Track“:

Mit optimalen Wuchsbedingungen im Gewächshaus und „Wintersimulation“ in Kühlräumen und ohne gentechnisches Verfahren soll das gleiche Ziel erreicht werden. Derzeit ist bereits die zweite Generation (F2) mit Feuerbrandresistenz aus 'Evereste' erreicht worden und ein kommerziell nutzbares Produkt sollte mit diesem Verfahren in gut zehn Jahren verfügbar sein – und damit etwa zehn Jahre früher als beim klassischen Züchtungsverfahren.

möglichst praxisnahe Aussage gezogen werden kann, wurden an den vier Standorten jeweils 15 bis 50 Bäume pro Sorte gepflanzt.

In Wädenswil und Conthey werden zusätzlich drei ACW-Birnenzüchtungen und zwei Birnensorten inklusive Standardsorte 'Conférence' geprüft.

VariCom hat ein Konzept für weitere Pilotanlagen in der Praxis und Tests mit den aussichtsreichen ACW-Züchtungen erarbeitet und setzt dieses mit der Obstbauberatung um.

WO STEHEN WIR HEUTE?

Das Projekt ZUEFOS hat in vier Jahren unser Wissen zur Feuerbrandresistenz und zum Zuchtmaterial entscheidend weiter gebracht. Doch die Züchtung ist ein langfristiger Prozess. Mit ZUEFOS ist die Basis für interessante Weiterentwicklungen gelegt worden. Sowohl für den Tafelanbau als auch für den Hochstamm-Anbau entstehen kurz-, mittel- und langfristig hoffnungsvolle Perspektiven. Mit dem Projekt ZUEFOS II in den Jahren 2012 und 2013 werden die begonnenen Arbeiten weitergeführt.

DANK

Wir danken allen, die das Projekt ZUEFOS finanziell und ideell unterstützt haben, insbesondere dem Bundesamt für Landwirtschaft und dem Schweizer Obstverband. Für die Herstellung der Versuchsbäume für die Feuerbrandtests danken wir besonders Rolf Blapp, ACW. Ein spezieller Dank auch an Dr. Klaus Richter von JKI in Quedlinburg und Dr. Andreas Peil von JKI in Dresden-Pillnitz (D).



Markus Kellerhals, Isabelle Baumgartner, Lucie Leumann, Luzia Lussi, Danilo Christen, Andrea Patocchi, Pierre-Marie Le Roux, Simon Egger und Reto Leumann, Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Schloss 1, Postfach, 8820 Wädenswil, Schweiz, Tel.: +41 44 783 62 42, E-Mail: markus.kellerhals@acw.admin.ch
Markus Kobelt, Lubera AG, Buchs SG
Michael Weber, VariCom GmbH, Wädenswil
Johannes Fahrentrapp, Giovanni Broggin und **Cesare Gessler**, ETH Zürich, Institut für integrative Biologie
Christian Scheer, Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee, Bavendorf (D)