

Züchtung feuerbrandtoleranter Apfelsorten

An der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW werden neue Apfelsorten gezüchtet, die gut schmecken und resistent gegen Schorf und Mehltau sind. In einer nachhaltigen Produktion für möglichst rückstandsfreie Äpfel wird von resistenten Sorten profitiert, da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden kann. Mit dem Feuerbrand ist ein weiterer Feind des Apfelbaums aufgetaucht. Darum werden an der ACW qualitativ hochwertige feuerbrandtolerante Apfelsorten gezüchtet. Bei Triebanfälligkeitstests haben sich zwei vielversprechende feuerbrandtolerante Zuchtnummern mit guter Fruchtqualität herauskristallisiert.



Vielversprechende schorffresistente und feuerbrandtolerante Zuchtnummer FAW 14995.

LUCIE FRANCK, ISABELLE BAUMGARTNER, MAXIE HUBERT UND
MARKUS KELLERHALS, FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE
CHANGINS-WÄDENSWIL ACW
MARKUS KOBELT, LUBERA, BUCHS
lucie.franck@acw.admin.ch

Die Zuchtziele der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW beim Apfel sind Fruchtqualität, Produktivität und dauerhafte Resistenz gegen Krankheiten. Der Feuerbrand erreichte 2007 in der Schweiz ein bedeutend grösseres Ausmass als je zuvor (Holliger et al. 2007). Die Antibiotika-Anwendung zur Eindämmung des Feuerbrands ist kein erwünschter und nachhaltiger Ansatz. Eine Alternative ist die Züchtung feuerbrandtoleranter Sorten. Dazu wird die genetische Variation im Zuchtmaterial, in schweizerischen und ausländischen Genressourcen, darunter auch Wildarten, genutzt. Bei den Wildformen wie *Malus robusta* 5

und *Malus Evereste* (Perpetu®) kann von einer Feuerbrandresistenz gesprochen werden.

Die Züchtung wird mit dem Projekt ZUEFOS (Züchtung feuerbrandtoleranter Apfelsorten) unterstützt. Es wird vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) finanziert und dauert von 2008 bis 2011. Neben ACW sind die ETH Zürich sowie die Firmen Lubera, Fruture und Vari-Com am Projekt beteiligt. Die Ziele sind:

- Rasch feuerbrandtolerante Apfel- und Birnensorten mit hoher Marktrelevanz züchten.
- Neue Resistenzquellen einbeziehen und die Generationszeit verkürzen.
- Die markergestützte Selektion so entwickeln, dass sie zuverlässig kostspielige Feuerbrandtests im Gewächshaus ersetzen kann.
- Praxistaugliche und rasch anwendbare Beiträge zur Lösung der Feuerbrandproblematik.

Wie tolerant sind ACW-Züchtungen im Vergleich zu Gala?

Feuerbrandtests im Quarantänegewächshaus von ACW werden seit vier Jahren durchgeführt. Seit 2007 ist Gala die anfällige Referenzsorte. Die Ergebnisse liefern wichtige Informationen zur Wahl der Elternsorten für die Kreuzungen neuer feuerbrandtoleranter Apfelsorten.

Die Reiser von zu prüfenden Sorten und Zuchtnummern werden auf die Unterlage M9 T337 veredelt. Die Veredlungen werden in speziellen Töpfen angezogen. Pro Sorte werden möglichst zehn Pflanzen inokuliert (Abb. 1). Dazu wird am Ende der 15 bis 30 cm langen Triebe mit einer Spritze eine *E. amylovora*-Lösung von 10^9 cfu/ml des Schweizer Stamms FAW 610 eingespritzt (Khan et al. 2006). Die Ausbreitung der Krankheitssymptome wird in wöchentlichen Abständen während drei Wochen erhoben.



Abb. 1: Mit Feuerbrand inokulierte Pflanzen im Quarantänegewächshaus. (Foto: Eduard Holliger, ACW)

Für die Bewertung der Triebeanfälligkeit wird das Verhältnis der sichtbaren Läsionslänge in Prozent zur Gesamtrieblänge berechnet. Als hoch anfällig eingestuft werden Zuchtnummern mit einer Läsionslänge im Bereich von Gala oder darüber. Als robust gelten Zuchtnummern, die im Bereich der Sorte Enterprise liegen. Die Ergebnisse mit ausgewählten Zuchtnummern der Gewächshaustests 2009 sind in Abbildung 2 dargestellt. FAW 14959, eine Topaz × Fuji Kreuzung, zeigte die höchste Feuerbrandtoleranz, vergleichbar mit der Referenzsorte Enterprise. Auch FAW 7922 und FAW 16102 lagen in diesem Bereich. Fünf weitere Zuchtnummern schneiden im Vergleich zu Gala ebenfalls gut ab. Als anfällig erwies sich FAW 15094.

Einzelne Zuchtnummern wurden mehrmals getestet. FAW 14959 erwies sich 2008 und 2009 als wenig an-

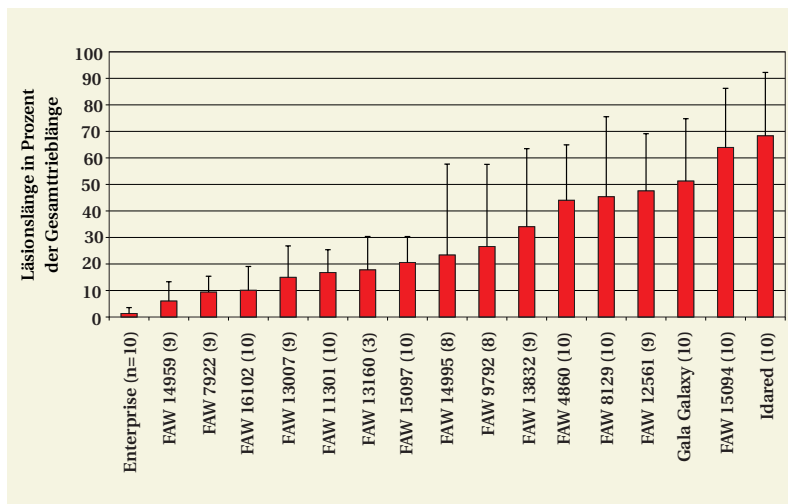


Abb. 2: Feuerbrand-Gewächshaustest 2009: ACW-Zuchtnummern im Vergleich zu Enterprise (tolerant), Gala und Idared (beide anfällig). Durchschnittliche Läsionslänge in Prozent der Gesamtrieblänge drei Wochen nach der Inokulation (mit Standardabweichung).

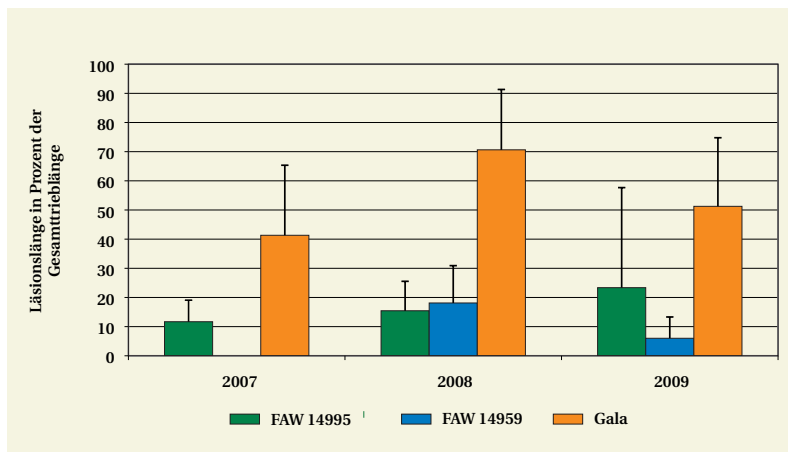
fällig. Eine weitere Zuchtnummer aus der Topaz × Fuji Kreuzung, FAW 14995, wies 2007 und 2008 eine geringe Anfälligkeit auf. Beim dritten Test im Jahr 2009 zeigte sie etwas mehr Befall. FAW 14959 und FAW 14995 bestechen auch durch eine hervorragende Tafelfruchtqualität mit sehr guter Lagerfähigkeit und guten Baumeigenschaften (Abb. 3).

Ausser im Jahr 2007 zeigte Gala in den Gewächshaustests immer mittleren bis starken Befall mit Läsionslängen über 50% der Gesamtrieblänge. Dies ist ein guter Hinweis, dass der Test erfolgreich war und sich die Bakterien unter den gegebenen Bedingungen gut vermehren konnten.

Sind molekulare Marker zuverlässige Helfer in der Züchtung?

Im Gegensatz zum Schorf beruht die Feuerbrandresistenz vermutlich auf mehreren Genen. In der Erbsubstanz der Sorte Fiesta wurde ein Genort mit deutlichem Einfluss auf die Feuerbrandanfälligkeit lokalisiert. Es

Abb. 3: Feuerbrandtests von FAW 14995 und FAW 14959 von 2007 bis 2009 im Vergleich zu Gala (mit Standardabweichung).



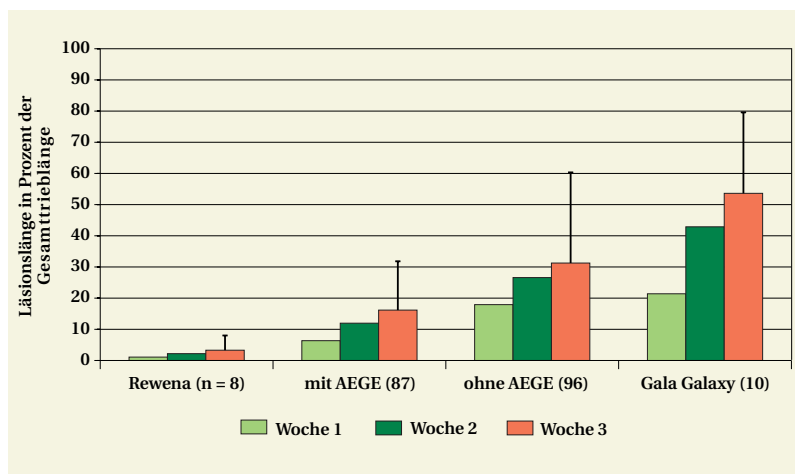


Abb. 4: Nachkommen der Kreuzung Milwa × Enterprise mit und ohne Feuerbrandmarker AE und GE im Vergleich zu den Referenzsorten Rewena (tolerant, vergleichbar mit Enterprise) und Gala (anfällig); mit Standardabweichung.

wurden molekulare Marker auf beiden Seiten dieses Genorts gefunden (AE 10-375 und GE-8019, Khan et al. 2006). Es stellt sich die Frage, ob sie auch bei Nachkommen, bei denen Fiesta nicht als Kreuzungselter verwendet wurde, eingesetzt werden können.

Von den Nachkommen der Kreuzung Milwa × Enterprise wurden Pflanzen ausgesucht, bei denen durch molekulare Untersuchungen die Marker für Feuerbrandtoleranz AE und GE nachgewiesen werden konnten, und solche, bei denen die Marker nicht vorhanden waren. So konnte untersucht werden, ob der Einfluss der genetisch vorhandenen Marker auch bei der Triebinfektion nachgewiesen werden kann.

Wie Abbildung 4 zeigt, gibt es signifikant (Mann-Whitney U test $n = 183$, $z = -4.538$, $p = 0.0087$) weniger Befall bei Nachkommen mit den Markern AE und GE. Es gibt auch Messungen, die nicht in das erwartete Bild passen. Da die Feuerbrandtoleranz bekanntlich durch mehrere Genorte bestimmt wird, erklären die Marker AE und GE nur einen Teil der Resistenz. Ein Ziel des ZUEFOS-Projekts ist es, weitere Feuerbrandresistenzen zu identifizieren. Neu ermittelte Marker, auch aus anderen Projekten, werden in die Züchtung einbezogen, sobald sie praxistauglich sind. Die Marker können zumindest auf Nachkommen der Sorten, aus denen sie entwickelt wurden, angewendet werden. Beispielsweise wurden *Malus robusta* 5 und *Malus Evereste* Perpetu® an der ACW bereits als Kreuzungseltern benutzt. Mit neu entwickelten Markern können durch molekulare Analyse Aussagen über die Feuerbrandtoleranz der Nachkommen gemacht werden. Mit dem Genort bei *Malus robusta* 5 können rund 80% der Feuerbrandtoleranz erklärt werden (Peil et al. 2007) und bei *Malus Evereste* Perpetu® 50 bis 70% (Durel et al. 2009).

Nachkommen einer toleranten Sorte

In einer dritten Serie wurden Nachkommen der feuerbrandtoleranten Sorte Enterprise getestet. Da von diesen Nachkommen bereits Früchte tragende Bäume existieren, können anhand der bewerteten Fruchtqualität zusätzliche Aussagen über die Eignung als neue Sorte oder vielversprechende Kreuzungseltern gemacht werden. Die Zuchtnummer, die bei der Prüfung auf ihre Feuerbrandanfälligkeit am besten abgeschnitten hat,

wurde in diesem Jahr aufgrund der erwarteten Feuerbrandtoleranz und guter Fruchtigenschaften bereits als Kreuzungselter eingesetzt.

Züchtung von Lubera

Im Rahmen des Projekts ZUEFOS liess Lubera 2008 und 2009 über 200 fortgeschrittene Zuchtnummern aus der eigenen Apfelzüchtung testen. In diesen beiden Jahren wurden je rund 1000 Pflanzen geprüft, 2010 und 2011 sollen je rund 4000 Pflanzen durch Klaus Richter am Julius-Kühn-Institut in Quedlinburg getestet werden. Während zwei bis drei Monaten werden die Pflanzen mehrmals mit einem aggressiven Mix verschiedener Feuerbrandstämmen inokuliert, um aussagekräftige Resultate zu erhalten. Neben einer Zuchtnummer mit säulenartigem Wuchs, die vor allem für den Hausgarten interessant ist, waren 2008 und 2009 diverse Zuchtnummern aus einer Frühsortenkreuzung feuerbrandtolerant. Von den Qualitätsmerkmalen her stechen die Nummern 01/05 und 58/06 hervor. 01/05 hatte 2008 eine durchschnittliche Läsionslänge von 5% der Gesamtrieblänge (Rewena 8%, Idared 84%), 2009 waren es 2% (Idared 100%). 1./05 kann ab 20. Juli am Bodensee geerntet werden und überzeugte 2009 in Degustationen. Im normalen Kühllager beträgt die Vermarktungszeit vier Wochen. Geschmacklich ist die sehr süsse 01/05 interessant.

58/06 ist ebenfalls süsslich, ab Ende August erntereif und vier Wochen haltbar. Die Feuerbrandläsionen 2008 betrugen durchschnittlich 2% (Rewena 5%, Idared 84%) der Gesamtrieblänge.

Beide Nummern haben bereits einen harten Freilandtest auf Feuerbrand bestanden. Im Versuchsfeld Egnach gab es 2008 starken Feuerbrandbefall. Bei 01/05 und 58/06 konnte kein Feuerbrand festgestellt werden.

Ebenso wichtig wie die Identifikation feuerbrandtoleranter Sortenkandidaten sind weitere Erkenntnisse aus den Feuerbrandtests. So war 2008 und 2009 die Hälfte der getesteten Nachkommen der oben erwähnten Frühsortenkreuzung tolerant. In dieser Kreuzung besteht eine deutlich verstärkte Feuerbrandtoleranz. Dieses Resultat ist eine gute Basis für weitere Kreuzungen.

Test alter Sorten und Mostapfelsorten

Neben den neuen Züchtungen werden an der ACW auch alte Sorten und Mostobstsorten auf Feuerbrandanfälligkeit getestet (Szalatinay et al. 2008). Ein weiteres an der ACW durchgeführtes Projekt heisst «Sortenwahl für eine integrierte Feuerbrandstrategie im schweizerischen Mostapfelanbau» (SOFEM). Bekannte Mostapfelsorten sowie neue Sorten und Züchtungen werden im Gewächshaus auf ihre Triebanfälligkeit geprüft, um feuerbrandtolerante Sorten mit guter Saft- und Pressqualität zu finden. Dies sowohl für den intensiveren als auch für den traditionellen, extensiveren Mostobstanbau.

Feldversuche

Die Gewächshaustests zur Triebanfälligkeit geben Hinweise auf die Anfälligkeit einer Sorte. Gewächshausbedingungen sind aber keine Praxisbedingungen. Temperatur, Sonneneinstrahlung und Luftfeuchtigkeit haben auf die Vermehrung der Bakterien grossen Einfluss. Auch das Entwicklungsstadium der Pflanze und die Art

der Infektion (Trieb- oder Blüteninfektion) können die Symptomausprägung bei einer Sorte beeinflussen. Die Gewächshausergebnisse müssen sich im Freiland noch bestätigen. Zusätzlich muss bei neuen Sorten auch der Anbau- und Marktwert stimmen. Dies zu testen ist ebenfalls Bestandteil der Projekts ZUEFOS. In diesem und im nächsten Winter werden feuerbrandtolerante Apfel- und Birnensorten und Zuchtnummern aus der ACW-Züchtung und dem Ausland in Pilotanlagen ins Freiland gepflanzt. In Deutschland werden zudem im nächsten Jahr Zuchtnummern ins Versuchsfeld gepflanzt, wo sie künstlich mit Feuerbrand infiziert werden und so praxisnahe Ergebnisse liefern.

Anwendung in der Züchtung

Die Resultate der Feuerbrandtestungen liefern laufend neue Kenntnisse darüber, welche Zuchtnummern und Sorten sich für die Züchtung feuerbrandtoleranter Sorten eignen. Zusammen mit der Frucht- und Baumbewertung und der Prüfung auf weitere Krankheitsresistenzen werden daraus die besten Sortenkandidaten und Züchtungseltern ausgewählt.

Die vielversprechenden Zuchtnummern FAW 14995 und FAW 14959 werden Anfang 2010 an einer Degustation den Konsumenten präsentiert. Sie sind nicht nur feuerbrandtolerant, sondern auch schorffresistent und weisen eine ansprechende Fruchtqualität auf.

Schnell ans Ziel

Um die Züchtung schmackhafter resistenter Sorten zu beschleunigen, gibt es im Projekt ZUEFOS noch weitere Forschungsaspekte. «Fast Track» ist eine klassische Züchtung, wobei der Prozess von der Bestäubung bis zu den ersten Blüten der Sämlinge beschleunigt wird. Das Ziel ist die Reduktion der Zeitspanne um ein bis zwei Jahre. Dabei werden die Sämlinge unter optimalen Bedingungen zum Blühen gebracht. Die zweite Methode, genannt «Blühverfrühung», verwendet ein Birken-Gen, durch das schon im Jahr der Aussaat eine Blüte induziert wird. Das Birken-Gen wird durch Rückkreuzung wieder so entfernt, dass das Endprodukt keine Spuren der gene-

tischen Modifikation mehr enthält. Diese Methode erlaubt einen Kreuzungsschritt pro Jahr (Patocchi 2008). Durch beide Methoden ist eine schnelle Entwicklung von Pflanzen mit grossem Wildapfeleinfluss zu Sorten möglich, die die gewünschten Resistenzen enthalten, aber qualitativ hochwertige Früchte und gute Baumeigenschaften besitzen.

Im Weiteren wird im Züchtungsprozess mit Massnahmen zur Baumerziehung bereits Zeit gespart. Die Sämlinge werden auf einer Zwischenveredlung nach einem Jahr in der Baumschule in die Anlage gepflanzt und fruchten schon früh.

Dank

Für die Arbeiten im Gewächshaus, die Triebinokulationen und die Mitarbeit am Artikel danken wir Gabriella Silvestri, Claudia Good, Andrea Patocchi, Jürgen Krauss und Brion Duffy. Unser Dank gilt auch Rolf Blapp für die zahlreichen Veredlungen sowie Jürg Frey und seinem Team für die Analysen im Labor. Andreas Peil und Klaus Richter (Julius Kühn Institut, Deutschland) danken wir für die Zusammenarbeit. ■

Literatur

- Durel C.-E., Denancé C. und Brisset M.-N.: Two distinct major QTL for resistance to fire blight co-localize on linkage group 12 in apple genotypes Evereste and *Malus floribunda* clone 821. *Genome* 52, 139–147, 2009.
- Holliger E., Vogelsanger J., Schoch B., Duffy B., Lussy L. und Bünter M.: Das Feuerbrandjahr 2007. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 24, 9–12, 2007.
- Khan M. A., Duffy B., Gessler C. and Patocchi A.: QTL mapping of fire blight resistance in apple. *Mol. Breeding* 17, 299–306, 2006.
- Patocchi A.: Neue Trends in der Gentechnologie beim Apfel. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 22, 14–15, 2008.
- Peil A., Garcia-Libreros T., Richter K., Trognitz F.C., Trognitz B., Hanke M.-V. und Flachowsky H.: Strong evidence for a fire blight resistance gene of *Malus robusta* located on linkage group 3. *Plant Breeding* 126, 470–475, 2007.
- Szalatnay D., Hunziker K., Kellerhals M. und Duffy B.: Triebanfälligkeit alter Kernobstsorten gegenüber Feuerbrand. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 9, 8–10, 2008.

Sélection de variétés de pommes résistantes au feu bactérien

R É S U M É

Dans ses sélections de pommes, la Station de recherches Agroscope Changins-Wädenswil ACW vise la qualité des fruits, la productivité et une résistance durable aux maladies. Plusieurs projets de sélection s'intéressent en particulier à la résistance au feu bactérien. L'infection de pousses par les bactéries du feu bactérien sous serre livre des informations importantes sur les parents à privilégier lors de la sélection de nouvelles variétés de pommes plus tolérantes au feu bactérien. Ces tests ont déjà permis de cristalliser des numéros de sélection tolérants avec des fruits de

qualité de table et de bonnes propriétés pour les arbres. Les infections de pousses ont permis de montrer que la résistance au feu bactérien était significativement meilleure chez les descendants avec les marqueurs moléculaires AE et GE que chez ceux du même croisement sans marqueurs. Des variétés anciennes et des variétés de pommes à jus font également l'objet de tests. Des méthodes sont mises en œuvre pour accélérer le processus de sélection et développer des variétés aptes à la commercialisation portantes des résistances des pommes sauvages.