



BEFRUCHTUNG BEI NEUEN APFELSORTEN

Die Befruchtung spielt in der Obstproduktion eine wichtige Rolle für einen guten Ansatz mit qualitativ hochwertigen Früchten. Verschiedene europäische Forschungsinstitute arbeiten zusammen, um Resultate zur Bestäubung bei neuen Apfelsorten zu erarbeiten.

Apfelsorten sind weitgehend selbststeril und somit auf Fremdbefruchtung durch Pollen einer anderen geeigneten Sorte angewiesen. Für einen guten Fruchtansatz sind die Blütenknospenqualität sowie Faktoren während der Blüte wie Blühzeitpunkt, Aktivität der bestäubenden Insekten und besonders die Witterung (Temperatur, Niederschlag und Wind) wichtig. Nach der Blüte sind die Samenanzahl pro Frucht, der Ernährungszustand der Bäume, das Wachstum und der Behang für das Verbleiben der sich entwickelnden Früchte am Baum nach dem Junifruchtfall und die optimale Fruchtentwicklung von grosser Bedeutung.

Das Netzwerk

Geeignete Sortenkombinationen für eine optimale Befruchtung lassen sich anhand kontrollierter Kreuzungen ermitteln. Innerhalb der europäischen EUFRIN (European Fruit Research Institutes Network) Arbeitsgruppe für Sorten- und Unterlagenprüfung bei Apfel und Birne werden seit 2002 Informationen zu Bestäubungsversuchen ausgetauscht. Daran beteiligt sind neben Agroscope, das Versuchszentrum Laimburg (Italien), das Obstbauzentrum Jork in Deutschland und das Versuchszentrum für Obstbau pcfruit in Belgien (Tab. 1). Vor 2002 erfolgte der Informationsaustausch in einer «Pollination Working Group», die von den Versuchsstationen in Wilhelminadorp und später in Randwijk (NL) koordiniert wurde. Diese Arbeitsgruppe hat die Richtlinien für die Durchführung der Versuche (Wertheim 1996) entwickelt, die im Eufirin-Netzwerk mit kleineren Abweichungen bis heute weitgehend berücksichtigt werden.

Genetische Hintergründe

Die meisten Apfelsorten sind diploid, haben also einen zweifachen Chromosomensatz und sind gute Pollenbildner. Bestimmte Apfelsorten sind triploid, sie weisen einen dreifachen Chromosomensatz auf. Dazu zählen beispielsweise Boskoop, Gravensteiner und Jonagold. Besonders viele traditionelle Hochstammsorten sind hingegen triploid. Triploide Sorten entwickeln schlecht keimfähigen, nicht befruchtungsfähigen Pollen. Aufgrund dieser Pollensterilität scheidet man solche Sorten als Pollenspender aus. Bei triploiden Sorten sind gleichzeitig blühende, diploide Befruchter für eine erfolgreiche Befruchtung nötig. Manche Sorten können sich aufgrund ihrer ähnlichen Genetik gegenseitig nicht befruchten. Sorten mit identischen S-Allelen gelten als nicht kompatibel. Diese genetische Inkompatibilität wird als Intersterilität bezeichnet und kann mit molekularen Methoden nachgewiesen werden. Sorten mit einem einzigen identischen S-Allel sind semi-kompatibel und können nur mit rund 50 % des Pollens befruchten, was für einen ausreichenden Ertrag genügt. Diese Erkenntnisse wurden in einer am Versuchszen-

Herkunft	Jahre	Anzahl Bestäubungskombinationen
Versuchszentrum Laimburg (I)	2002–2019	391
Agroscope (CH)	2002–2015	106
Obstbauzentrum Jork (D)	2002–2014 und 2016–2018	349
Obstbau pcfruit (BE)	2013 und 2018	16

Tab. 1: Überblick Versuchsdaten nach Herkunft und Jahren.



trum Laimburg durchgeführten Studie bestätigt (Mair 2018), indem molekulargenetische Ergebnisse mit Befruchtungsdaten aus 39 Jahren verglichen wurden. Sorten mit unterschiedlichen S-Allelen sind in der Regel kompatibel. Für Süsskirschen gilt dieser Zusammenhang als gesichert. Hier reicht die genetische Bestimmung der S-Allele aus, um den Befruchtungserfolg zusammen mit dem Blühtermin vorherzusagen. Bei Äpfeln scheint dies laut Hanke (2017) aber deutlich schwieriger zu sein. Zur Kompatibilität müssen u.a. sogenannte Anti-S-Allele vorhanden sein. Daher waren und sind beim Apfel Bestäubungsversuche im Freiland notwendig, um praktische Hinweise geben zu können. Solche Versuche werden im Eufurin-Netzwerk meist jährlich durchgeführt.

Blühzeitpunkt

Die Befruchtung in einer Obstanlage ist nur gesichert, wenn sich die Blütezeiten der entsprechenden Sorten ausreichend überschneiden. Im Idealfall sollte die Pollenspendersorte ein bis zwei Tage vor der Hauptsorte zu blühen beginnen. Die Sorten können fünf Blühterminklassen zugeordnet werden (Kellerhals et al. 2014): früh, mittelfrüh, mittel, mittelspät und spät. Um eine gegenseitige Befruchtung zu optimieren, sollten Pollenspender und -empfänger in der Blütezeit nicht mehr als zwei Klassen voneinander abweichen.

Kontrollierte Bestäubung

Bei der kontrollierten Bestäubung werden die blühenden Äste der Muttersorten im Ballonstadium mit insektendichten Säcken eingehüllt, um eine Fremdbestäubung zu verhindern. Dafür werden mindestens vier mehrjährige Äste von Bäumen ab dem dritten Standjahr ausgewählt. Wenn die Blüten sich zu öffnen beginnen, wird die Mittelblüte entfernt und auf vier lateralen Blüten wird der getrocknete Pollen der Vatersorte mit einem Pinsel bei trockener und warmer Witterung auf die Narben aufgetragen (Einstiegsbild). Ist der Pollen kompatibel, entwickeln sich Früchte. Falls die geprüfte Befruchtersorte ungeeignet ist, werden sich keine Früchte ausbilden. Der Fruchtansatz wird aus der prozentuellen Anzahl entwickelter Früchte nach dem Junifruchtfall im Verhältnis zu den bestäubten Blüten errechnet. Die durchschnittliche Anzahl Samen pro Frucht wird nach der Ernte erhoben und es kann ein Bestäubungsindex berechnet werden (Anzahl Samen pro bestäubte Blüte).

Fruchtansatz

Über den Fruchtansatz kann der Erfolg der Bestäubungskombination untersucht werden. Der Befruchtungserfolg (Anzahl Früchte pro bestäubte Blüten in Prozent) wird wie folgt eingestuft: Ein Fruchtansatz von 0 bis 5,9 % gilt als «schlecht», von 6,0 bis 9,9 % als «mässig» und von über 10 % als «gut». Eine Wiederholung der Versuche sollte erfolgen (mindestens zwei Testjahre), um die Eignung eines Pollenspenders für eine bestimmte Sorte zu definieren. Gibt es nur einjährige oder widersprüchliche Ergebnisse, müssen noch weitere Bestäubungsversuche durchgeführt werden, bis die Eignung geklärt ist. In der Regel wurden bei Wiederholungen gleicher Bestäubungskombinationen an mehreren Jahren oder zwischen unterschiedlichen Standorten innerhalb der Arbeitsgruppe

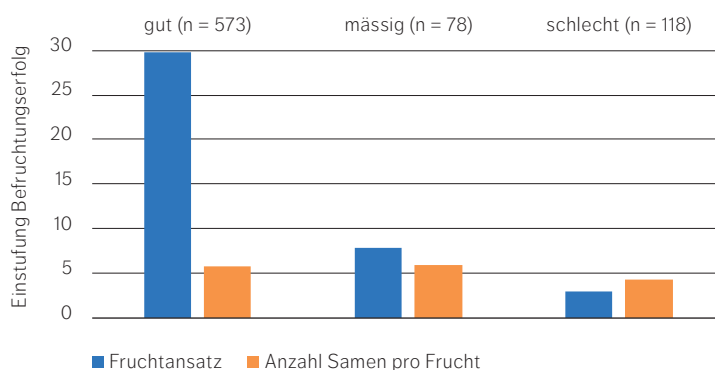
Eufurin vergleichbare Ergebnisse erzielt. Falls die Sorte im Bestäubungsversuch unter der Variante «frei abgeblüht», das heisst, bei natürlichen Bedingungen ohne Einhüllung der Blüten eine «schlechte» Eignung erhält, sind die «schlechten» Bestäubungsergebnisse mit anderen Sorten ungültig. In diesem Fall könnte die Bestäubung beispielsweise aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen oder Alternanz allgemein nicht funktioniert haben. Zur Kontrolle der Selbststerilität wird bei Bestäubungsversuchen häufig der Fruchtansatz kontrolliert, der ohne jegliche Fremdbestäubung zustande kommt. Bei 80 % aller Bestäubungskombinationen zur Kontrolle der Selbststerilität konnte durch Selbstbefruchtung kein zufriedenstellender Fruchtansatz erzielt werden. Bei einzelnen Sorten wie beispielsweise Delblush Tentation® oder Shinano Gold yello® wurde eine gewisse Neigung zur Selbstfruchtbarkeit festgestellt.

Samenanzahl

Die Anzahl der ausgebildeten Samen hängt massgeblich von der Qualität der Befruchtung ab. Die Samenanzahl wurde bei insgesamt 769 Bestäubungsversuchen parallel zum Fruchtansatz erhoben. Die Abbildung zeigt, dass bei 75 % der Bestäubungsversuche ein durchschnittlicher Fruchtansatz von fast 30 % erreicht wurde. 15 % der bestäubten Sorten setzten aufgrund eines schlechten Befruchtungserfolgs im Mittel weniger als 3 % Früchte an. Bei schlechtem Fruchtansatz sind signifikant weniger Kerne vorhanden. Eine niedrige Samenanzahl kann den Junifruchtfall verstärken oder zu asymmetrischen Früchten führen. Bei mässigem und gutem Fruchtansatz ist die mittlere Samenanzahl mit 5,8 versus 5,9 Samen pro Apfel nahezu identisch.

Bedeutung S-Allele

Die Daten der Bestäubungsversuche der Arbeitsgruppe Eufurin zeigen eine vergleichbare Samenanzahl bei mässigem und gutem Fruchtansatz auf. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass ein Überschuss an Pollen das Defizit an fruchtbaren Pollen bei semi-kompatiblen Kombinationen ausgleichen kann (Schneider et al. 2005). Auch Mair (2018) konnte keine statistischen Unterschiede in der Samenanzahl der Äpfel aus völlig kompatiblen und semi-kompatiblen Kreuzungspartnern feststellen.



Mittelwert aus Fruchtansatz und Anzahl Samen pro Frucht in Abhängigkeit vom Befruchtungserfolg von insgesamt 769 Bestäubungsversuchen der Arbeitsgruppe Eufurin.



Sorte	Geeignete Pollenspender (grün = schorfresistent, meist Rvi6=Vf)						
Bonita mf	Evereste m						
Braeburn msp	Milwa (Diwa®) mf	Minneiska (SweeTango®) mf	Nicoter (Kanzi®) msp				
Gala msp	Milwa (Diwa®) mf	Nicoter (Kanzi®) msp	Scifresh (Jazz®) f	SQ 159 (Natyra®) mf			
Galmac m	Gala msp	Milwa (Diwa®) mf	Evereste m				
Ladina msp	SQ 159 (Natyra®) m	Evereste m	Golden Gem msp				
Mariella mf	Gala msp	Milwa (Diwa®) mf					
Milwa (Diwa®) mf	Braeburn msp	Gala msp	Mariella mf	Nicoter (Kanzi®) msp	Scifresh (Jazz®) msp	Evereste m	Golden Gem msp
Minneiska (SweeTango®) mf	Braeburn msp	Nicoter (Kanzi®) msp	Evereste m				
Nicogreen (Greenstar®) msp	Braeburn msp	Gala msp	Golden Gem msp				
Nicoter (Kanzi®) msp	Braeburn msp	Gala msp	Milwa (Diwa®) mf	Minneiska (SweeTango®) mf	Evereste m	Golden Gem msp	
Scifresh (Jazz®) msp	Braeburn msp	Gala msp	Milwa (Diwa®) mf	Evereste m	Golden Gem msp		
Scilate (Envy®) msp	Braeburn msp	Gala msp	Evereste m	Golden Gem msp			
SQ 159 (Natyra®, Magic Star®) mf	Gala msp	Evereste m					

Tab. 2: Geeignete Pollenspender für aktuelle Apfelsorten. Blütezeit: f = früh, mf = mittelfrüh, m = mittel, msp = mittelspät, sp = spät.

Optimale Befruchtung

Das Wachstum des Pollenschlauchs im Griffel benötigt bei 8°C zum Beispiel neun Tage und bei 15°C nur zwei Tage. Bei Temperaturen unter 5°C wird das Pollenschlauchwachstum eingestellt (Mantinger 2000). Eine Bestäubung beim Aufblühen und kurz danach garantiert den höchsten und sichersten Fruchtansatz. Je besser die Bedingungen für eine optimale Befruchtung sind, desto mehr Samen werden gebildet. Eine höhere Samenanzahl begünstigt den Kalzium-Gehalt der Früchte (Volz 1996) und die Fruchtgrösse. Eine hohe Samenanzahl in der Frucht kann bei bestimmten Sorten zu einer Hemmung der Blütenknospeninduktion für das folgende Jahr führen, wenn der Behang sehr hoch ist.

Wahl von Pollenspendern

Aus den Ergebnissen der Bestäubungsversuche wurde die Eignung diverser Pollenspender für einige im Schweizer Obstbau relevante Sorten zusammengefasst (Tab. 2). Da in Praxisanlagen bei schorfresistenten Sorten im Idealfall ein resistenter Pollenspender gewählt wird, enthält die Tabelle die Information zur Schorfresistenz. Die Angabe der Blütezeit (früh, mittelfrüh, mittel, mittelspät, spät) muss berücksichtigt werden, um unter natürlichen Bedingungen eine ausreichende Befruchtung zu erreichen.

Zierapfelsorten

Bei grösseren Flächen mit Sorten, die sich gegenseitig nicht optimal befruchten können, sind Zieräpfel als Pollenspender oft die erste Wahl. Zierapfelsorten zeichnen sich meist durch Krankheits-

resistenzen und einer reichlichen Blüte aus. Vorteilhaft sind das Entfallen eines zusätzlichen Pflückgangs und der schwache Wuchscharakter, welche die Pflege verringern. Evereste und Golden Gem sind schorfresistent und feuerbrandrobust (Kellerhals et al. 2014). Zierapfelsorten tragen oft das Allel S26, das bei keinem Kulturapfel vorhanden ist und daher auf eine gute Bestäubungsleistung schliessen lässt.

Dieser Artikel basiert auf einer Publikation im Laimburg Journal: doi.org/10.23796/LJ/2020.007.



IRENE HÖLLER

Versuchszentrum Laimburg (I)
irene.hoeller@laimburg.it



MARKUS KELLERHALS

Agroscope, Wädenswil (CH)
markus.kellerhals@agroscope.admin.ch

In Zusammenarbeit mit

Walter Guerra, Versuchszentrum Laimburg (I) ■ Simone Bühlmann-Schütz, Agroscope (CH) ■ Martin Brüggewirth, Esteburg Obstbauzentrum Jork (D) ■ Jef Vercammen und Ann Gomand, Pcfruit (B)

LITERATUR

Die Literaturliste ist auf www.obstundweinbau.ch oder bei den Autoren erhältlich.