

Mischpflanzung von Apfelsorten: Einfluss auf Krankheiten, Schädlinge und Wirtschaftlichkeit

Ein Versuch zur Mischung verschiedener Apfelsorten innerhalb von Baumreihen wurde in Rain, Kanton Luzern, durchgeführt. Es ging darum, unter Praxisbedingungen zu prüfen, ob Sortenmischung den Krankheits- und Schädlingsbefall reduzieren kann. Die baumweise Mischung von drei verschiedenen schorfanfälligen Apfelsorten in der Reihe verminderte den Schorfbefall von Golden Delicious verglichen mit der Monokultur signifikant. Bezüglich Schädlingsbefall bewirkte die Mischpflanzung keine Befallsreduktion. Betriebswirtschaftlich verursachte die Mischpflanzung erhöhte Erntekosten, die teilweise durch Einsparungen beim Pflanzenschutz kompensiert werden konnten.

MARKUS KELLERHALS, PATRIK MOURON, BENNO GRAF,
EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT WÄDENSWIL
LYDIA BOUSSET UND CESARE GESSLER,
EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE, INSTITUT FÜR
PFLANZENWISSENSCHAFTEN, PHYTOMEDIZIN/PATHOLOGIE, ZÜRICH

Der Trend zu grösseren Sortenblöcken und zu weniger Sorten ist im schweizerischen Obstbau vorherrschend. Untersuchungen von Koch et al. (2000) und anderen Autoren zeigten, dass schorfanfällige Apfelsorten funktionell verschiedene Resistenzgene aufweisen, die durch spezifische Virulenzgene durchbrochen werden können. Aufgrund dieses schon früher bekannten Phänomens entwickelten Blaise und Gessler (1994) ein Simulationsmodell das zeigte, dass Sortenmischung den Befallsdruck markant reduzieren sollte. Der hemmende Einfluss von Sortenmischungen auf die Entwicklung von Pflanzenkrankheiten wurde bereits bei verschiedenen Nutzpflanzen, wie zum Beispiel Gerste (Wolfe und McDermott 1994) gezeigt. Beim Apfel kommt, verglichen mit Getreide, erschwerend hinzu, dass jede Sorte einzeln geerntet werden muss. Mit der Apfelmischpflanzung wollten wir prüfen, ob Sortenmischungen den Befallsdruck bei den wichtigsten Krankheiten und Schädlingen wie Schorf (*Venturia inaequalis*), Mehltau (*Podosphaera leucotricha*), Blattläusen etc. vermindern können.

Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Herbst 1994 in Rain, Kanton Luzern, gepflanzt. Vier schorfanfällige Sorten (Golden Delicious, Boskoop, Elstar und Pinova) und zwei schorffresistente Sorten (Rewena und Ariwa) wurden einbezogen. Rewena und Ariwa besitzen die Vf-Schorfresistenz von *Malus floribunda* 821 und sind auch mehлтаuresistent. Golden Delicious diente als schorfanfällige Referenzsorte. Die Versuchsanlage umfasste einen Block mit drei Reihen Golden Delicious (Monoblock) und verschiedene Sortenmischungen, die jeweils durch eine Reihe mit der Sorte Boskoop abgegrenzt wurden (Abb. 1).

Pflanzenschutz

Um die Ertragsverluste bei den schorfanfälligen Sorten verantwortbar zu halten, wurde ein reduziertes Pflanzenschutzprogramm eingesetzt. Bei Beginn der Vegetationszeit wurden keine (1996) oder nur wenige Behandlungen (1997 und folgende Jahre) gemacht, um eine Entwicklung des Schorfs zu ermöglichen. Der ganze Versuch wurde einheitlich behandelt. Insektizide wurden wenn nötig bei Überschreiten der Schadschwelle eingesetzt.

Die Erhebungen erfolgten in den Jahren 1996 bis 2000. Der Schorfbefall wurde in den folgenden vier Verfahren beurteilt:

- Golden Monokultur (drei Reihen)
- Mischung Golden/Rewena
- Mischung Golden/Pinova/Elstar
- Mischung Golden/Rewena/Ariwa

Im Jahr 1996 wurde die Schorfentwicklung wöchentlich beurteilt (Bousset et al. 1997). In den folgenden Jahren wurde der Schorf zweimal jährlich während der Vegetationsperiode bonitiert: 1997 Ende Mai und Ende Juni, 1999 und 2000 Mitte Mai und Mitte Juni. Alle Versuchsbäume wurden untersucht bis Schorf aufgefunden wurde, beziehungsweise alle erreichbaren Blätter ohne Symptome waren. Bewertet wurde mit folgender qualitativer Skala:

Abb. 1: Versuchsanlage Mischpflanzung. Jedes Symbol steht für einen einzelnen Baum.

[illegible]

- wenige Schorfflecken bei exakter Suche
- Schorf sofort erkennbar, aber beschränkt auf einen Ast oder wenige Blätter
- mehrere Äste mit Schorffblättern
- Mehrheit der Äste mit Schorffblättern

Zusätzlich wurde der Fruchtschorfbefall bei der Ernte beurteilt. Die Früchte wurde in befallene und nicht befallene Früchte aufgeteilt, die Befallsstärke wurde nicht bewertet.

Im Jahr 1998 wurde der Schädlingsbefall nach der Blüte auf allen Sorten und in allen Verfahren ermittelt. Erhebungseinheit waren für die Blattläuse zwölf zufällig ausgewählte Bäume pro Sorte und Verfahren. Bei der Apfelsägewespe wurden pro Sorte und Verfahren fünfzig Früchte zufällig ausgelesen. Bei der Roten Spinne und der Apfelrostmilbe waren es dreissig beziehungsweise zehn Blätter pro Sorte und Verfahren. Der Schädlingsbefall wurde visuell an Ort und Stelle mit der Handlupe (neunmal) beurteilt. Nur bei der Rostmilbe wurde die Auswaschmethode (Höhn und Höpli 1990) angewendet. Bei den Blattläusen war nur die Faltenlaus in genügend grosser Zahl vorhanden.

Blattschorf: wie breitet er sich aus?

Im Jahr 1996 entwickelte sich der Blattschorf in allen Verfahren, in der 3-Sorten-Mischung allerdings schwächer als in der dritten Reihe der Monokultur (Bousset et al. 1997). Die erste Monokulturreihe gegen die Nachbarparzelle war annähernd schorffrei und auch die zweite Reihe hatte wenig Schorfbefall. Als Grund vermuten wir Fungizidabdrift aus der benachbarten Birnenanlage. Im Jahr 1997 hatten 7% der Bäume im Golden-Monoblock Ende Mai Schorfbefall. In der Mischung der drei anfälligen Sorten hatte Golden keinen Befall und zwei von fünfzehn Goldenbäumen waren in der Mischung Golden-Rewena-Ariwa befallen, ein Baum in der Golden-Rewena Mischung. Ende Juni waren alle Bäume, die Primärinfektionen aufwiesen, und oft auch die unmittelbaren Nachbarbäume der gleichen Sorte von Schorf befallen. In der Mischung blieb der Schorf demzufolge auf einzelne Bäume beschränkt. Wegen Hagelschlag wurden 1998 keine Erhebungen vorgenommen. Im Jahr 1999 war die Situation ähnlich wie 1997. In der 3-Sorten-Mischung hatte ein Goldenbaum einen Ast mit Schorfbefall, typisch für die asexuelle Überwinterung. Am 19. Mai 1999 hatten 5% der Bäume im Golden Monoblock eine oder mehrere Schorfflecken. Einen Monat später (16. Juni 1999) zeigten die Bäume, die schon Primärbefall hatten, gut sichtbaren Schorf auf einzelnen Ästen oder am ganzen Baum. Benachbarte Bäume hatten vereinzelt befallene Äste. Allerdings breiteten sich einzelne Herde über mehrere Bäume aus und erreichten gelegentlich benachbarte Befallsherde. Mit Ausnahme der erwähnten Bäume mit asexuell überwinterndem Schorf zeigten die Bäume in der Sortenmischung keinen unmittelbar sichtbaren Schorfbefall, nur vereinzelter Befall konnte bei genauer Prüfung gefunden werden. Im Jahr 2000 wurden wieder zwei Erhebungen an den gleichen Terminen wie im Vorjahr gemacht. Das Gesamtbild blieb gleich, allerdings war der Befall im Juni generell ge-

ringer als im Vorjahr. Auf Boskoop wurde in allen Jahren nur sehr wenig Schorf gefunden und auf den beiden schorffresistenten Sorten wurde wie erwartet kein Schorf gefunden.

Mit den Versuchsergebnissen kann die Hypothese bestätigt werden, dass ein Schorffisolat von einer bestimmten Sorte eine andere Sorte nicht erfolgreich zu infizieren vermag (Koch 1998). Dem Isolat fehlt die entsprechende Virulenz.

Die im Jahr 1996 durchgeführte Virulenzanalyse in der Anlage hat gezeigt, dass 48% aller untersuchter Isolate keine Virulenz gegen Golden Delicious aufwiesen (Bousset et al. 1997).

Fruchtschorf

Beim Fruchtschorf wurde im Jahr 1996 wie beim Blattschorf keine eindeutige Tendenz festgestellt, was auf die beim Blattschorf erwähnten Gründe zurückzuführen sein dürfte (Tab. 1). Ab dem Jahr 1997 waren Golden Delicious-Früchte in den verschiedenen Mischungsvarianten jedoch signifikant weniger befallen als im Monoblock. Interessant war, dass der Fruchtschorfbefall auf Golden in der Mischung mit anderen anfälligen Sorten gleich tief war wie in der Mischung mit resistenten Sorten.

Von wirtschaftlicher Bedeutung ist der Anteil schorfbefallener Äpfel. Das reduziert angewendete Pflanzenschutzprogramm führte zu einem nicht tolerierbar hohen Fruchtschorfbefall im Monoblock. Auch in der Mischung war der Fruchtschorfbefall in den Jahren 1997 und 1998 hoch, aber dennoch um 50 bis 70% geringer als im Monoblock. Im Jahr 2000 war der Unterschied noch ausgeprägter: In der Mischung blieb der Fruchtschorf auf tolerierbar niedrigerem Anteil. Der Effekt der Sortenmischung kommt demzufolge vor allem bei niedrigem Infektionsdruck durch primäres Inokulum zum Tragen.

Mehltau

Der Mehltaubefall wurde nur im Jahr 1999 beurteilt. Knospeninfektionen wurden vor allem bei Pinova gefunden, wenige auf Golden Delicious. Bei 1,5% der Goldenbäume wurden ein oder zwei Mehltautriebe gefunden. Diese Bäume waren zufällig über den Monoblock und die Mischungen verteilt. Bei Ariwa und Rewena wurde nie Mehltau gefunden.

Tab. 1: Fruchtschorfbefall auf Golden Delicious (% schorfbefallene Früchte und Ertrag in kg), 2. bis 6. Standjahr.

System	1996	1997	1998	1999	2000
Golden Del. Mono	6 ** (56 kg)	41 (910 kg)	Hagel	66 (2708 kg)	20 (6377 kg)
Golden Del./Rewena*	11 (19 kg)	22 (70 kg)		34 (215 kg)	3 (249 kg)
Golden Del./Pinova/Elstar	7 (5 kg)	9 (12 kg)		27 (202 kg)	1 (180 kg)
Golden Del./Rewena*/Ariwa*	4 (3kg)	9 (12 kg)		19 (194 kg)	1 (368 kg)

* schorffresistente Sorten

** vermuteter Einfluss durch Fungizidabdrift aus der Nachbarparzelle

Schädlinge

Ausser bei der Roten Spinne war kein starker Schädlingsbefall in der Versuchsanlage zu beobachten. Allerdings war auch bei der Apfelrostmilbe, der Faltenlaus und bei der Sägewespe eine deutliche Tendenz vorhanden (Abb. 2).

- **Rote Spinne:** Bereits früher (Graf et al. 1992; Graf et al. 1998) wurde festgestellt, dass Golden Delicious, Ariwa und speziell Elstar für die Rote Spinne attraktiv sind, was wir hier bestätigen konnten. Einzeln als auch in der Mischung erreichte der Befall 30 bis 70 Milben pro Blatt. Golden Delicious und Elstar waren einzeln und in Mischung etwa gleich stark oder sogar noch stärker befallen.
- **Rostmilbe:** Weil die Erhebungen relativ früh gemacht wurden, war der Befall noch gering. Am meisten Befall hatten Golden Delicious und Rewena mit 20 bis 30 Rostmilben pro Blatt. Golden Delicious wurde in der Mischung stärker befallen als im Monoblock, bei Rewena waren diesbezüglich keine Unterschiede vorhanden.
- **Faltenläuse:** Bei den Läusen war nur die Faltenlaus in genügender Zahl vorhanden, um eine Auswertung zu machen. Zudem hatten nur Golden Delicious und Ariwa einen bedeutenden Befall. Auch hier konnte kein Vorteil der Sortenmischung beobachtet werden.
- **Apfelsägewespe:** Der Befall war im Bereich der Schadensschwelle von 3 bis 5%. Mit 2 bis 6% zeigte Rewena die höchste Attraktivität, wobei der Befall in Mischung höher war als in der Monoreihe.

Der Versuch hat gezeigt, dass Sortenmischung den Schädlingsbefall nicht zu reduzieren vermag, was insbesondere bei Arten mit hoher Mobilität nicht erstaunt.

Wirtschaftlichkeit

Wenn von Mischpflanzung die Rede ist, taucht rasch die Frage der Wirtschaftlichkeit und praktischen Machbarkeit auf. Im dritten Standjahr erzielte die Sor-

te Golden Delicious in der Mischvariante einen um Fr. 3774.-/ha höheren Gesamterlös als in der Monokultur. Der Grund liegt in einem höheren Anteil Klasse 1 wegen geringerem Schorfbefall.

Um die Auswirkung von Mischpflanzungen auf die Pflückleistung zu ermitteln, wurden Arbeitszeiterhebungen durchgeführt. Gemessen wurde die Zeit für das Pflücken der Äpfel. Die Gebinde wurden vorher bereitgestellt. Geerntet wurden alle Äpfel einer Sorte inklusive Mostobst. Sortiert wurde später, ohne Zeiterfassung. Die Pflückarbeit wurde immer von der gleichen Person durchgeführt. Die Äpfel wurden direkt vom Baum in eine Harasse auf einen handgezogenen Ernteschlitten gelegt.

Bis zum 3. Standjahr konnten keine Unterschiede in der Pflückleistung festgestellt werden. Im 4. Standjahr wurden wegen Hagelschaden keine Erhebungen durchgeführt. Im 5. und 6. Standjahr hingegen zeigte sich eine deutliche Verminderung der Pflückleistung in der Mischkultur. Im Durchschnitt wurde in der Mischung mit zwei Sorten eine Reduktion um 13% und in der Mischung mit drei Sorten eine Reduktion um 19% gegenüber der Monokultur festgestellt (Abb 3). Die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse zeigen die reine Pflückarbeit ohne Gebindeumschlag, Transport und Sortierung. Die Werte stellen den Durchschnitt des 5. und 6. Standjahres dar.

Durch die tiefere Pflückleistung bei den Mischkulturen ergeben sich höhere Erntekosten. Gemäss den Berechnungen mit dem betriebswirtschaftlichen Simulationsprogramm «Arbokost» (Mouron 2001) ergeben sich Mehrkosten bei der Mischkultur mit zwei Sorten von Fr. 800.-/ha und bei drei Sorten von Fr. 1300.-/ha. Um diese Mehrkosten zu kompensieren, wären bei der 2er-Mischung eine Einsparung von fünf und bei der 3er-Mischung sogar von acht Pflanzenschutzapplikationen notwendig. Auf dem Versuchsbetrieb waren im Jahr 1999 in den Mischpflanzungen vier Fungizidspritzungen weniger nötig als bei den schorfanfälligen Sorten in Monokultur. Ein Jahr später konnte wegen ungünstiger Witterung jedoch nur eine Spritzung eingespart werden.

Wenn die Mehrkosten der Ernte rein durch den Preis der Früchte kompensiert werden sollten, wäre bei der 2er-Mischung ein Preiszuschlag von Fr. 3.30/100kg und bei der 3er-Mischung von Fr. 5.20/100kg erforderlich.

Abb. 2: Schädlingsbefall bei den verschiedenen Sorten und Verfahren (Mono1: Golden Delicious; Mono2: Elstar; Mono3: Rewena; Mix1: Golden Delicious und Rewena; Mix2: Golden Delicious, Rewena und Ariwa; Mix3: Golden Delicious, Elstar und Pinova).

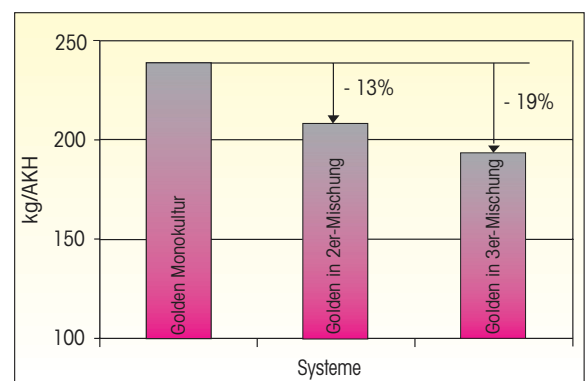
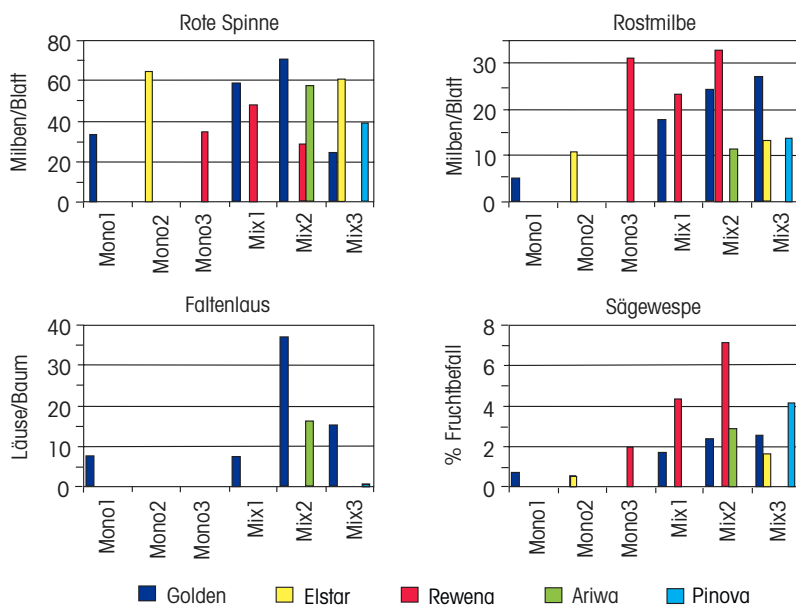


Abb. 3: Pflückleistung in kg/Arbeitskraftstunde.

Schlussfolgerungen

Mit diesem Versuch wurde erstmals der Einfluss von Sortenmischungen auf den Krankheits- und Schädlingsbefall und die Wirtschaftlichkeit in einer Apfelanlage unter Praxisbedingungen geprüft. Es zeigte sich, dass Sortenmischungen bei schorfanfälligen Sorten interessant sind und den Schorfbefall signifikant vermindern. Durch die Wahl mässig anfälliger Sorten kombiniert mit baumweiser Sortenmischung könnte der Fungizideinsatz wesentlich reduziert werden. Allerdings müsste die angepasste Pflanzenschutzstrategie noch entwickelt werden, was im dargelegten Versuch nicht möglich war.

Eine Mischung von schorfanfälligen Sorten mit schorresistenten Sorten ist in der Praxis nicht zu empfehlen. Das Risiko eines Resistenzdurchbruchs besonders bei Sorten mit der Vf-Schorresistenz ist beträchtlich, wenn sie gerade neben schorfbefallenen Bäumen stehen. Sobald Sorten mit verschiedenen Resistenzgenen verfügbar sind, könnte die Mischung wieder interessant werden, um Resistenzdurchbrüche zu verhindern.

In unserem Versuch konnte kein positiver Einfluss der Sortenmischung auf den Mehltau- und den Schädlingsbefall gefunden werden. Dies kann bei den Schädlingen teilweise mit der Mobilität der Arthropoden erklärt werden.

Heute wird von den Obstproduzenten aus wirtschaftlichen Überlegungen eine Minimalfläche pro Sorte erwartet. Dies steht im Widerspruch zu den positiven Einflüssen einer grösseren Sortenvielfalt auf die Krankheitsentwicklung. Im Bio-Obstbau, wo Alternativen für den Fungizideinsatz vordringlich sind, könnte der Mischungsansatz zusammen mit einer konsequenten Verminderung der Infektionsquellen durch Zerkleinern oder Entfernen des Herbstlaubs von Interesse sein. Sortenmischungen können den Pflanzenschutz nicht ersetzen. Trotzdem können sie dazu beitragen, den Infektionsdruck zu senken und ein reduziertes Pflanzenschutzprogramm zu ermöglichen. Weitere Versuche mit verbesserter Versuchsanlage sind notwendig, um den Mischungseffekt noch genauer quantifizieren zu können.



Dank

Wir danken der Besitzerfamilie der Obstanlage für die angenehme Zusammenarbeit, Philippe Blaise, Ueli Merz und Markus Hunkeler für die technische Mitarbeit, Diana Reif und Monica Goerre für Erhebungen. Dem damaligen agroökologischen Service der Migros danken wir für die Deckung der versuchsbedingten Ausfälle in der Obstanlage

Literatur

- Blaise Ph. und Gessler C.: Cultivar mixtures in apple orchards as a mean to control apple scab? *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 17, 105–112, 1994.
- Bousset L., Blaise Ph., Kellerhals M. und Gessler C.: Mixtures of apple cultivars in orchards: effect of the scab epidemics. *IOBC wprs Bulletin* 20 (9), 42–48, 1997.
- Graf B., Höpli H.U. und Höhn H.: Einfluss der Sortenwahl auf Schädlingsbefall und Raubmilbenbesatz im Apfelanbau. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 128, 618–622, 1992.
- Graf B., Höpli H.U., Höhn H., Kellerhals M. und Krebs Chr.: Schorresistente Apfelsorten: Wie steht's mit der Schädlingsanfälligkeit? *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 134, 71–73, 1998.
- Höhn H. und Höpli H.U.: Die Apfelrostmilbe – oft überschätzt, aber kaum prognostizierbar! *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 126, 259–266, 1990.
- Koch T.: Differential resistance and virulence in the interaction of *Malus domestica* and *Venturia inaequalis*. PhD Thesis No. 12547, 1998, ETH Zürich.
- Mouron P. und Carint D.: Rendite-Risiko-Profil von Tafelobstanlagen. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 137, 78–81, 2001.
- Wolfe M.S. und McDermott J.M.: Population genetics of plant pathogen interactions: The example of the *Erysiphe graminis*-*Hordeum vulgare* pathosystem. *Ann. Rev. Phytopathol.* 32: 89–113, 1994.

Mischung der Sorten Rewena und Golden Delicious in der Reihe, 3. Standjahr.
(Foto: Markus Kellerhals, FAW)

RÉSUMÉ

Plantation mixte de variétés de pommes: influence sur les maladies, les ravageurs et la rentabilité

Une étude a été menée pour la première fois dans la pratique aux fins de déterminer dans quelle mesure le fait de mélanger différentes variétés de pommiers dans une même ligne d'arbres pouvait influencer l'apparition de maladies et l'infestation par les ravageurs, ainsi que la rentabilité. Les quatre variétés Golden Delicious, Boskoop, Elstar et Pinova qui sont sensibles à la tavelure, ainsi que les variétés Ariwa et Rewena qui résistent bien à la tavelure et à l'oïdium ont été incluses dans cette plantation expérimentale. A l'exemple de la variété Golden Delicious qui a servi de référence, il s'est avéré que les variétés sensibles à la tavelure sont beaucoup moins exposées dans une culture mixte que dans une «monoculture». Concernant l'oïdium et l'infestation parasitaire en revanche, la culture mixte n'a montré aucun avantage. Parce que la récolte demande un peu plus de temps dans les cultures mixtes, les frais de récolte y sont légèrement plus élevés, mais ils devraient être compensés en partie par la diminution des applications nécessaires de produits phytosanitaires. Les résultats obtenus constituent une base précieuse pour les futures études de systèmes durables dans la culture de pommes.