

Wie beeinflussen Rostmilben unsere Apfelbäume?

Fredy Spieser, Benno Graf, Heinrich Höhn und Hansueli Höpli, Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil

Apfelrostmilben werden aufgrund von Beobachtungen in Erwerbsobstanlagen für diverse Schäden verantwortlich gemacht. Doch wie weit sind es wirklich die Rostmilben, die diese Schäden verantworten? Welche Mechanismen spielen sich am Apfelbaum bei Rostmilbenbefall wirklich ab? Die vorliegende Arbeit ist die Zusammenfassung einer Dissertation, die sich mit dem Einfluss von Rostmilben auf die Physiologie und Ertragsbildung des Apfelbaumes befasst.

Seit geraumer Zeit werden in Apfelanlagen vermehrt hohe Populationen von Apfelrostmilben beobachtet. Dieses Auftreten kann laut Höhn und Höpli (1990) auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden.

Da in der Praxis oft Rostmilben für Schäden an den Früchten verantwortlich gemacht wurden, initiierte die Forschungsanstalt Wädenswil (FAW) ein Projekt, das die Wechselwirkungen zwischen Rostmilben und Apfelbaum als Basis für eine nachhaltige Bekämpfungs-Strategie untersuchen sollte. Zum einen wurde die Art der Nahrungsaufnahme der Rostmilbe studiert und der dadurch entstandene Blattschaden identifiziert. Zum andern wurden die Auswirkungen dieses Blattschadens auf den Stoffwechsel, den Temperaturhaushalt sowie die Fruchtqualität, die Blütenbildung und das Baumwachstum untersucht.

Die Versuche wurden während drei Jahren (1995 bis 1997) an Apfelbäumen der Sorte Golden Delicious und Jonagold im Freiland durchgeführt. Im Oktober 1994 wurden pro Sorte je 150 Bäume als einjährige Okulanten auf M9 in 24 l-Töpfe gepflanzt und in zwei Reihen im Feld eingegraben. Der Baumabstand betrug 1 m, der Reihenabstand 3,5 m.

Zu Beginn wurden sämtliche Bäume mit Rostmilben infiziert. Auf der Hälfte der Bäume wurden die Populationen anschliessend mit Brompropylate reguliert. Befallene Bäume wiesen Populationsspitzen von 3000 und mehr Milben pro Blatt auf, während auf behandelten (unbefallenen) Bäumen nie mehr als 400 Milben pro Blatt anzutreffen waren.

Kleine Löcher – grosse Wirkung!

Der erste Schritt dieser Studie war die Abklärung der Nahrungsaufnahme der Rostmilbe und des dadurch verursachten Blattschadens. In Zusammenarbeit mit dem Labor für Elektronenmikroskopie 1 und dem Institut für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich wurden befallene und

unbefallene Blätter mittels Rasterelektronen- und Hellfeldlichtmikroskopie untersucht.

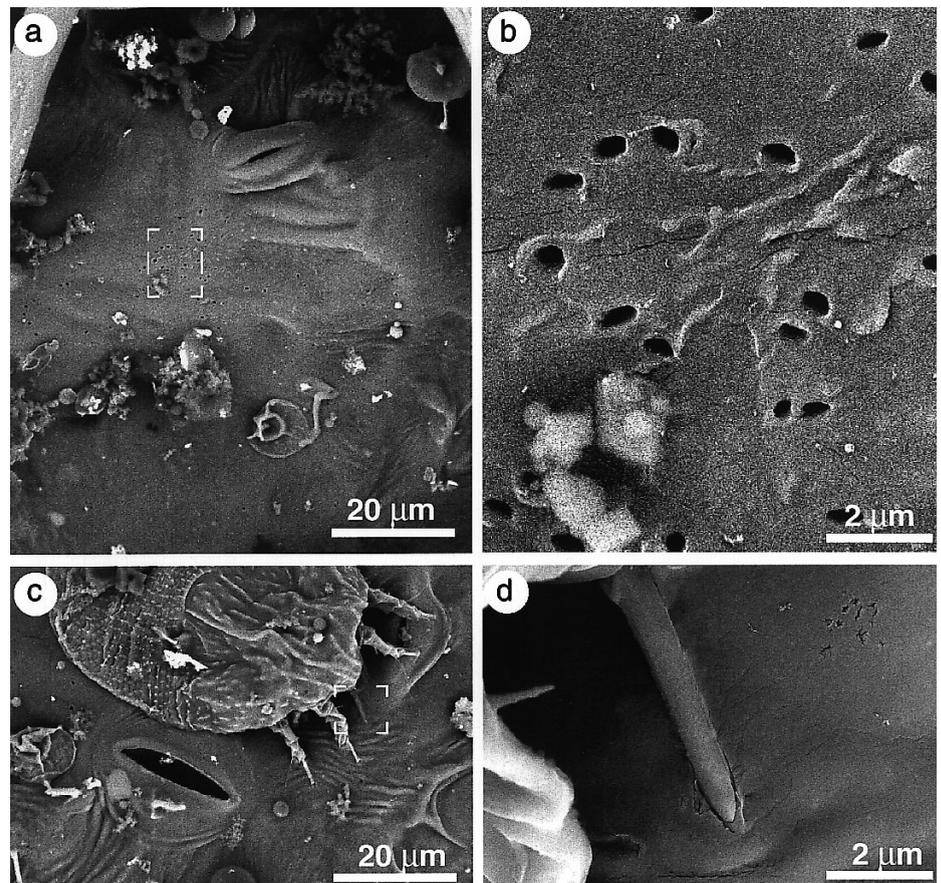


Abb. 1: (a) Ausschnitt einer Blattunterseite mit kleinen Löchern, die von Rostmilben verursacht wurden. (b) Detailansicht des weissen Rechtecks von Abbildung 1a, die die kleinen Löcher stark vergrössert darstellt. (c) Eine Apfelrostmilbe, die gerade mit ihrem Stylet in die Blattoberfläche einsticht. (d) Detailansicht des weissen Rechtecks von Abb. 1c, die das Eindringen des Stylets zeigt. (Foto Paul Walther)

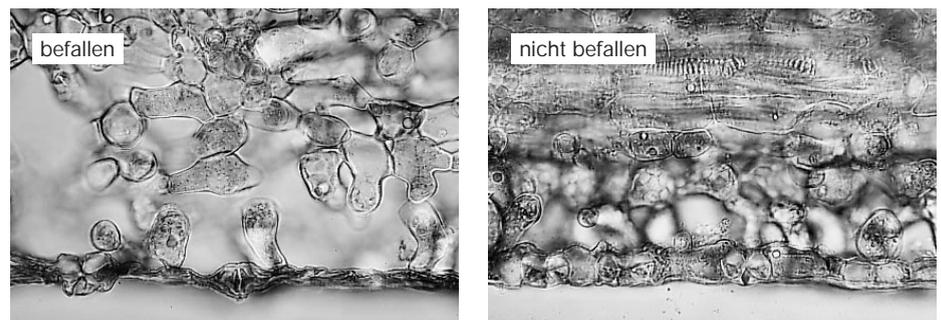


Abb. 2: Querschnitt durch ein befallenes Apfelblatt. Die Epidermiszellen sind zusammengefallen und haben sich dunkel verfärbt. (Fotos Roland Gebert)

fall. Mit einem Farbmessgerät (Minolta CR-300, D65) quantifizierten wir das Ausmass des Blattschadens, indem wir die durch die Rostmilben verursachte Farbänderung von grün nach braun erfasseten. Da die Braunverfärbung nicht reversibel ist, kann sie als kumulativer Schaden angesehen werden, das heisst die Verbräunung widerspiegelt nicht nur eine Momentaufnahme, sondern steht für den gesamten Blattschaden, den die Rostmilben über einen längeren Zeitraum verursacht haben.

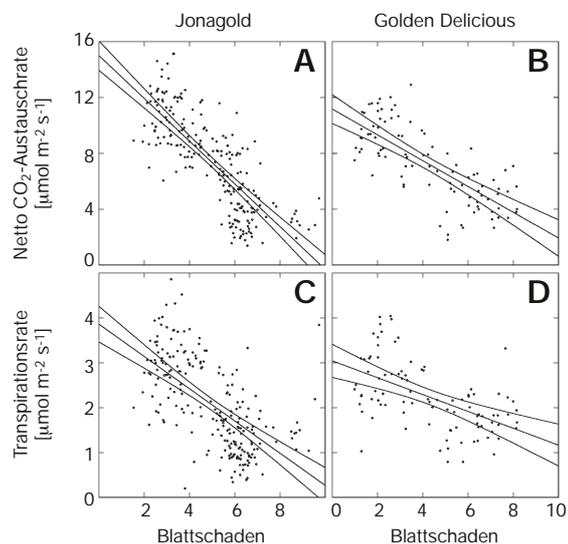
Blatt in Atemnot!

Aufgrund des oben beschriebenen Blattschadens mussten wir annehmen, dass die Leistungsfähigkeit des Blattes negativ beeinträchtigt ist. Deshalb untersuchten wir, wie stark die CO₂-Aufnahme (Assimilation) beziehungsweise die Wasserdampfabgabe (Transpiration) durch die Blattschäden beeinträchtigt war. Mittels eines Gaswechsellmessgerätes wurden diese beiden Parameter am Einzelblatt in Abhängigkeit des Blattschadens erhoben. Die Messungen zeigten, dass sowohl die CO₂-Aufnahme wie auch die Wasserdampfabgabe des Blattes entsprechend der Zunahme der Verbräunung reduziert waren (Abb. 3). Offenbar wurde Jonagold bei gleicher Rostmilbenbelastung stärker geschädigt als Golden Delicious.

Überhitzung durch fehlende Kühlung?

Um zu überprüfen, ob die Erkenntnisse auf dem Einzelblatt auch auf den ganzen Baum übertragbar sind, erhoben wir die Menge des Wassers pro Zeit und Blattfläche, die im Stamm transportiert wird.

Abb. 3: Auswirkungen des Blattschadens auf CO₂-Aufnahme (A; B) und Wasserdampfabgabe (C; D) für Golden Delicious (B; D) und Jonagold (A; C).



Dieser Wasserfluss von der Wurzel Richtung Blätter (Xylemsaftstrom) entspricht ungefähr der Transpiration des gesamten Baumes. Die Messungen wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Bonn realisiert und ergaben, dass vor allem während heissen und trockenen Sommertagen der Xylemsaftstrom an befallenen Bäumen stark reduziert war (Abb. 4).

Es war zu erwarten, dass die verminderte Fähigkeit des Baumes, Wasser an die Umgebung abzugeben (Transpiration), vor allem an heissen und trockenen Sommertagen zu einer starken Erwärmung der geschädigten Blätter führen könnte. Mittels einer Wärmebildkamera, die uns von der Eidgenössischen Material-Prüfungs-Anstalt (EMPA Dübendorf) zur Verfügung gestellt wurde, konnten wir diesen Effekt sichtbar zu machen (Abb. 5). Die betroffenen Blätter reagieren auf die Erwärmung, indem sie sich einrollen, um so das einfallende Sonnenlicht zu reduzieren und die gestörte Energiebilanz (fehlende Kühlung durch Transpiration – vergleichbar mit dem Kühleffekt durch Schwitzen beim Menschen) zu korrigieren.

Jonagold wird nicht mehr rot

Die Folgen des reduzierten Gasaustausches und des zusätzlichen Stresses durch die Erwärmung des Blattwerkes wirken sich kurzfristig auf die Früchte und mittel- bis langfristig auch auf die Blütenbildung und das Wachstum des Baumes aus.

So wurde an Früchten von stark befallenen Bäumen eine schlechtere Ausfärbung, weniger Trockensubstanz und ein tieferer Zuckergehalt festgestellt als an Früchten von nicht befallenen Bäumen. Vor allem auf Jonagold war eine schlechtere Rotausfärbung der Früchte von befallenen Bäumen festzustellen (Abb. 6). Dies ist wahrscheinlich auf den reduzierten Zuckergehalt in den Früchten zurückzuführen (Schumacher und Stadler 1989). Der reduzierte Zuckergehalt wiederum kann mit der beeinträchtigten CO₂-Aufnahme (Assimilation) des Blattes erklärt werden, da damit der Grundbaustoff für Zucker nur in einem ungenügenden Ausmass nachgeliefert wird.

Ebenfalls auf eine Unterversorgung mit Assimilaten dürfte die reduzierte Blütenbildung an befallenen Bäumen zurückzuführen sein. Die Reduktion der Blütenbildung machte sich je-

Abb. 4: Verlauf der Wasseraufnahme von befallenen (rote Linien) und unbefallenen Bäumen (blaue Linien) während eines heissen Sommertages.

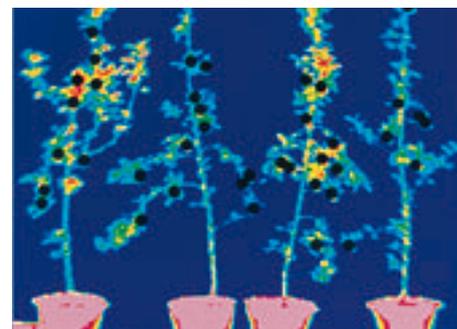
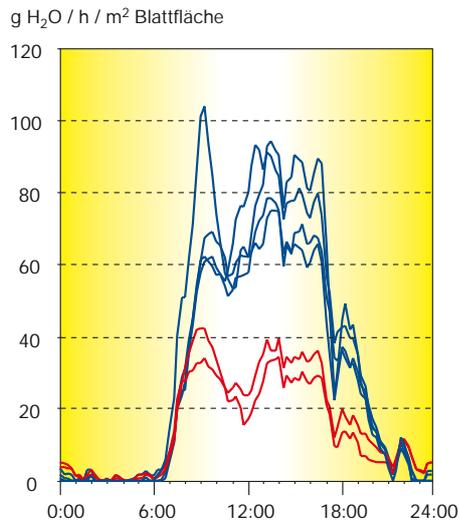


Abb. 5: Blatttemperaturen von zwei befallenen (1. und 3. von links) und zwei unbefallenen (2. und 4.) Bäumen. Die Temperatur nimmt von blau über grün und gelb zu rot ungefähr 7 Grad zu. Deutlich zu sehen ist, dass die befallenen Bäume wärmer sind. (Foto Fredy Spieser)

doch erst nach zwei hintereinander folgenden Befallsjahren bemerkbar.

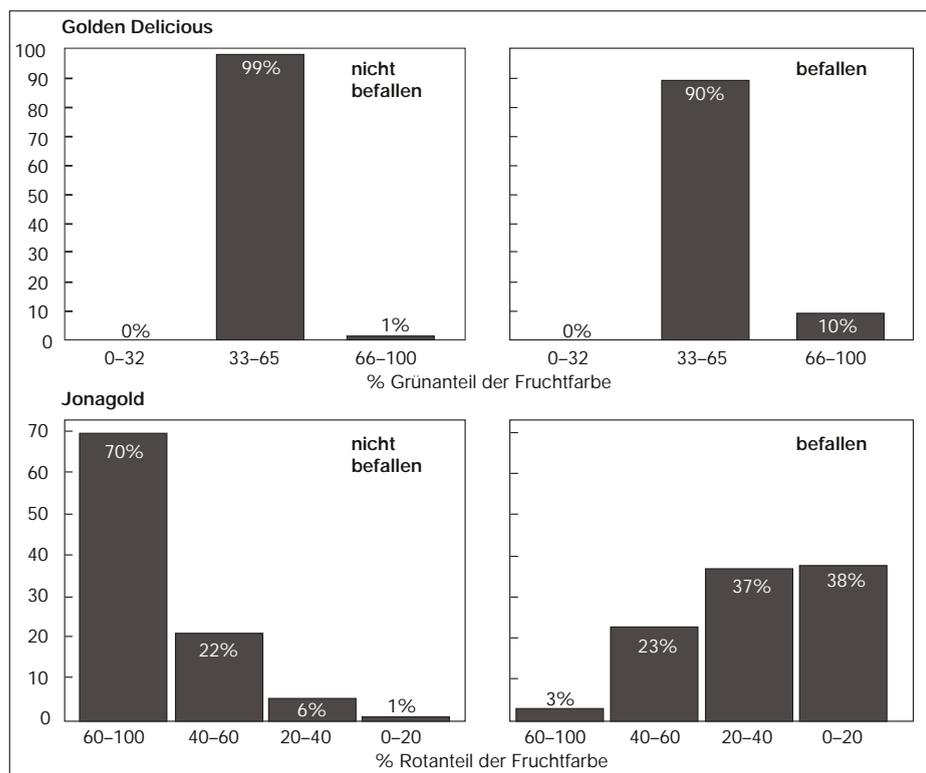
Nach drei hintereinanderfolgenden starken Befallsjahren mussten wir sogar ein reduziertes Wachstum in verschiedenen Teilen des Baumes feststellen. Am empfindlichsten reagierte hier das Wurzelwachstum. Auch hier dürfte eine Unterversorgung mit Assimilaten während des Hochsommers und Herbstes verantwortlich sein.

Waren das wirklich die Rostmilben alleine?

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse müssen einige sehr wichtige Punkte berücksichtigt werden.

- Die Versuche waren auf die Erforschung von Grundlagen ausgelegt. Die Experimente wurden deshalb an jungen Bäumen mit sehr hohen Rostmilbenpopulationen (einige Tausend pro Blatt) ausgeführt. Damit gingen wir

Abb. 6: Die Klassierung der geernteten Golden Delicious bzw. Jonagold Äpfel in drei bzw. vier Klassen aufgrund der Ausfärbung. Links ist jeweils der Ertrag der unbefallenen, rechts der Ertrag der befallenen Bäume dargestellt. Deutlich wird der Unterschied der Ausfärbung vor allem bei den Jonagold Früchten.



ganz bewusst an die Grenzen der Belastbarkeit der Bäume, um möglichst alle Auswirkungen der Rostmilben zu erkennen. Wahrscheinlich wäre bei tieferen Populationen und/oder älteren im Wachstum ruhigen Bäumen eine Kompensation zu erwarten.

- Die Auswirkungen der Rostmilben auf die beiden Sorten Golden Delicious und Jonagold waren unterschiedlich stark. Golden Delicious erwies sich als viel robuster gegen den Rostmilbenbefall als Jonagold. Auf Golden Delicious konnte zum Beispiel selbst nach drei Befallsjahren kein reduziertes Wachstum in den oberirdischen Pflanzenteilen festgestellt werden.
- Der Behang beziehungsweise die Blattfläche pro Frucht war ebenfalls ein sehr wichtiger Faktor, der einen Einfluss auf die Ausprägung des Schadens hatte. Auf Bäumen mit einem hohen Blatt/Frucht-Verhältnis wirken sich die Rostmilben weniger stark auf Früchte und Baum aus, als auf Bäumen mit einem tiefen Blatt/Frucht-Verhältnis.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sehr hohe Rostmilbenpopulationen das Blattgewebe eines Baumes soweit schädigen können, dass feststellbare Schäden an Frucht und Baum entstehen. Das Ausmass des Schadens hängt aber zusätzlich von verschiedenen begleitenden Faktoren wie Alter beziehungsweise

Wachstumsphase des Baumes, Sorte, Blatt/Frucht-Verhältnis und Witterung ab.

Die vorliegende Arbeit liefert Erkenntnisse über die Mechanismen der Schadensentstehung durch die Rostmilbe am Apfelbaum. Hingegen kann daraus noch keine Schadschwelle oder fertige Strategie zur Schadensbegrenzung oder -vermeidung abgeleitet werden. Dies muss Gegenstand weiterer Arbeiten bleiben, die sich insbesondere mit dem Themenkreis Blattschaden, Assimilatangebot und -nachfrage beschäftigen. So müssten zum Beispiel bei einer Etablierung einer Schadschwelle für die Rostmilbe im Apfelanbau unbedingt begleitende Faktoren wie Wachstumsphase des Baumes, Sorte, Blatt/Frucht-Verhältnis mitberücksichtigt werden. Direkte Empfehlungen für die Praxis können aufgrund dieser Arbeit noch nicht abgegeben werden. Sie bildet aber die Grundlage, um das weitere Vorgehen zum nachhaltigen Umgang mit Rostmilbenpopulationen in Apfelanlagen zu bestimmen.

Dank

Die Realisierung dieser Arbeit war nur Dank der Mithilfe vieler Kollegen möglich, welchen wir hier an dieser Stelle danken möchten. Namentlich möchten wir unseren Dank Professor Josef Nösberger vom Institut für Pflanzenwissenschaften

aussprechen. Er ermöglichte uns den Zugang zu verschiedensten Infrastrukturen der ETHZ und lieferte viele sehr hilfreiche Anregungen für diese Arbeit. Für die spektakulären Elektronenmikroskopiebilder zeichnet sich Paul Walther (ETHZ) verantwortlich. Roland Gebert (ETHZ) leistete die Arbeiten für die faszinierenden Lichtmikroskopiebilder. Die Wärmebilder konnten wir dank der Unterstützung von Roger VonBank und Christoph Tanner (EMPA Dübendorf) realisieren. Die Xylemsaftstrommessungen wurden uns durch Peter Braun (Universität Bonn) ermöglicht. Viele Stunden harter Arbeit im Feld mussten durch die Feldequippe von Alfred Husistein (FAW) geleistet werden. Ihnen gebührt ein ganz besonderer Dank. Finanziert wurde die Arbeit durch den Schweizerischen Nationalfonds (Gesuch No. 31-40340.94).

Literatur

Höhn H. und Höpli H.U.: Die Apfelrostmilbe – oft überschätzt, aber kaum prognostizierbar! Schweiz. Z. Obst-Weinbau 126, 259-266, 1990.
 Schumacher R. und Stadler W.: Zusammenhänge zwischen inneren und äusseren Merkmalen bei Jonagold. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 125, 684-690, 1989.

Quelle est l'influence de l'ériophyide libre sur nos pommiers?

L'influence de très fortes populations d'ériophyides libres sur les fruits, la formation des fleurs et la croissance de l'arbre a fait l'objet d'une étude sur des jeunes arbres au champ des variétés Golden Delicious et Jonagold. On s'intéressa en outre au mécanisme d'absorption de nourriture par les ériophyides libres du pommier, ainsi qu'à la réaction de la feuille.

Les dommages causés par les ériophyides libres, leur influence sur la performance de la feuille individuelle, puis de l'arbre entier, ont été évalués au moyen de mesures de l'échange de gaz et du flux de suc de xylème.

Nous avons pu montrer que les ériophyides libres du pommier pouvaient endommager le tissu de la feuille par piqûre au point de provoquer une nécrose partielle qui se manifeste par un brunissement à la face inférieure de la feuille. A cause de la destruction de sa structure, la feuille perd en partie sa capacité d'absorber du CO₂ de l'atmosphère et de dégager de la vapeur d'eau. En même temps, la régulation de la température est perturbée. C'est pourquoi une forte pression (> 3000 spécimens par feuille) engendre une diminution de la capacité de rendement de l'arbre qui se traduit en fin de compte par une qualité inférieure des fruits, une plus faible floraison et une croissance ralentie de l'arbre.