

Fruchtansatzprognose beim Apfel unterstützt die chemische Fruchtbehangsregulierung

Michael Gölles, Albert Widmer und Daniel Baumgartner
 Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil
 Auskünfte: Michael Gölles, E-Mail: michael.goelles@acw.admin.ch, Tel. +41 783 62 49



Abb. 1 | Bei Junifruchtfall abgefallene junge Apfelfrüchte. (Foto: ACW)

Einleitung

Die chemische Fruchtbehangsregulierung ist eine grosse Herausforderung im modernen Apfelanbau. Der richtige Fruchtbehang, und besonders das daraus resultierende Blatt-Frucht-Verhältnis, ist eine Grundvoraussetzung für die optimale innere und äussere Qualität von Früchten sowie für die Produktion von regelmässigen Erträgen. Bei Kernobst ist es für einen Vollertrag ausreichend, wenn sich aus ca. 5 – 10 % der Blüten Früchte entwickeln. Der endgültige Fruchtansatz zeigt sich nach dem Fruchtfall im Juni (Abb.1), und eine verlässliche visuelle Beur-

teilung desselben ist meist erst kurz vorher möglich. Phytoregulatoren, die zur Fruchtbehangsregulierung verwendet werden, müssen aber schon deutlich früher angewendet werden. Der erste mögliche Einsatzzeitpunkt für die chemische Fruchtausdünnung ist von Balonstadium bis abgehende Blüte, ein zweiter bei einer Fruchtgrösse von 10 – 12 mm. Erschwerend kommt hinzu, dass bei vielen modernen Apfelsorten eine einmalige Anwendung nicht ausreicht, die Wirkung der ersten Behandlung aber bis zum letzten möglichen Anwendungstermin nicht definitiv sichtbar wird. Spätestens jetzt stellen sich folgende Fragen: Wie gut hat die erste

Behandlung gewirkt? Wie stark wird der natürliche Fruchtfall? Ist eine weitere Behandlung notwendig? Die Wirkung der chemischen Ausdünnung und die Stärke des natürlichen Fruchtfalls sind von vielen Faktoren abhängig und unterliegen starken Jahresschwankungen (Forshey C. G, 1976). Der Standort, die Sorte, die Witterung und das Pflanzenwachstum haben grossen Einfluss auf diese Prozesse. Deshalb basiert die Anwendung der Ausdünnprodukte vor allem auf der Erfahrung des Produzenten und seiner Einschätzung der Situation in der Obstplantage. ACW hat in den letzten Jahren Methoden untersucht, die es ermöglichen sollen, den natürlichen Fruchtfall und die Wirkung von Ausdünnbehandlungen zu einem frühen Zeitpunkt abzuschätzen. Dadurch soll der Produzent die Möglichkeit erhalten, gezielter einzugreifen und, falls notwendig, weitere Massnahmen zu setzen, um den optimalen Fruchtbehang zu erreichen.

Fruchtwachstumsmodell «Greene»

Durch Fruchtgrössenmessungen in Versuchen zur chemischen Ausdünnung konnten Greene *et al.* (2005) und Abruzzese *et al.* (1995) nachweisen, dass Früchte, die abfallen werden, schon zu einem frühen Zeitpunkt ein geringeres Fruchtwachstum haben als Früchte, die am Baum verbleiben. Dies trifft sowohl für unbehandelte als auch für Früchte zu, die mit Ausdünnmitteln behandelt wurden. Greene *et al.* (2005) schlossen daraus, dass Fruchtgrössenmessungen an allen Einzelfrüchten eines Fruchtbüschels eine Methode sein könnten, um den Junifruchtfall beziehungsweise die Wirkung von Ausdünnmitteln vorherzusagen. Dabei wird angenommen, dass grössere respektive stärker wachsende Früchte die schwächeren Früchte eines Baumes dominieren und deshalb eher am Baum verbleiben. Für ein vereinfachtes Modell wurde deshalb folgende Hypothese aufgestellt: Alle Früchte, die innerhalb der Messperiode weniger als 50 % des Fruchtwachstums der am stärksten wachsenden Früchte aufweisen, werden abfallen.

Nah-Infrarot Spektrometrie (NIR)

Seit einigen Jahren werden NIR-Geräte zur Bestimmung von Qualitätsmerkmalen in Früchten erprobt. Da durch die physiologischen Prozesse vor dem Fruchtfall die Versorgung der jungen Früchte mit Assimilaten vermindert und das Wachstum verringert wird, wurde angenommen, dass mit NIR-Geräten Unterschiede messbar sind zwischen Früchten, die abfallen, und solchen, die am Baum bleiben. In einigen Parzellen hat man deshalb auch Messungen mit einem Nahinfrarot-Spektrometer gemacht, um zu überprüfen, ob es möglich ist, ein Modell zur Vorhersage des Anteils abfallender Früchte zu entwickeln. >

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden zwei Methoden zur Prognose des Fruchtansatzes beziehungsweise der Intensität des Junifruchtfalls beim Apfel geprüft. Bei der ersten Methode wurde mittels Fruchtwachstumsmessungen an zwei Terminen kurz nach der Blüte der Fruchtzuwachs bestimmt, auf Basis dessen dann die Prognose berechnet wurde. Grundlage für das Modell ist die Annahme, dass alle Früchte, die einen gewissen Fruchtzuwachs unterschreiten, beim Junifruchtfall vom Baum abgestossen werden. Nach den Erhebungen und Auswertungen des ersten Versuchsjahres zeigte sich, dass die in der Literatur vorgegebenen Parameterwerte für unser Anbaugebiet nicht übertragbar sind. In den folgenden Jahren hat man deshalb versucht, den Prognosefehler zu verringern. Durch Anpassen der Modellparameter konnte die mittlere Abweichung vom tatsächlichen Fruchtansatz an den Versuchsbäumen deutlich reduziert werden. Daneben wurden junge Früchte auch mit einem Nahinfrarot-Spektrometer gemessen, um zu untersuchen, ob die physiologischen Veränderungen in abfallenden Früchten mit dieser Methode erfasst werden können, und damit ein Rückschluss auf den Fruchtansatz am Baum möglich ist. Es wurde festgestellt, dass sich die Spektren von abfallenden und verbleibenden Früchten bei gewissen Wellenlängen deutlich unterscheiden. Das Regressionsmodell zeigt zudem eine gute Übereinstimmung der Referenz- und Prognosewerte. Inwieweit Unterschiede zwischen einzelnen Sorten und Jahreseinflüsse die Methode beeinflussen, kann noch nicht abschliessend beurteilt werden.



Abb. 2 | Markiertes Fruchtbüschel beim 2. Messtermin. (Foto: ACW)

Material und Methoden

Fruchtwachstumsmodell «Greene»

Die Erhebungen zum Fruchtwachstumsmodell erfolgten bei verschiedenen Sorten in den Jahren 2009 bis 2011 in Parzellen, in denen Versuche zur Fruchtausdünnung angelegt waren. Im Ballonstadium (BBCH 59) wurden in jeder Parzelle sieben repräsentative Bäume ausgewählt und an ihnen die Anzahl der Blütenbüschel erfasst. Nach der Blüte markierte man an den ausgewählten Bäumen 15 Fruchtbüschel, wobei versucht wurde, die tatsächliche Blühsituation am ein- und mehrjährigen Fruchtholz

möglichst gut wiederzugeben. Um den Arbeitsaufwand in Grenzen zu halten, konnte dabei aber nur ein Bereich bis ca. 2 m Baumhöhe berücksichtigt werden. Anschliessend wurde jede Frucht innerhalb eines Büschels markiert (Abb. 2), wobei für die Mittelfrucht immer die Nummer Eins vergeben wurde. Der Fruchtdurchmesser wurde an der dicksten Stelle der Früchte mit einer Schiebelehre auf 0,1 mm genau gemessen. Die erste Messung erfolgte kurz nach der Blüte (BBCH 68 – 69) bei einer Fruchtgrösse der Mittelfrüchte von ca. 5 – 6 mm, die zweite dann fünf bis acht Tage später (Tab. 1). Um einen über die Jahre vergleichbaren Wert für die Zeitspanne zwischen den Messterminen zu erhalten, wurden die Wachstumsgradtage (WGT) für jeden Tag berechnet und aufsummiert. Dazu wurde folgende Formel auf Basis des Schwellenwerts (T_z) 10 °C verwendet: $WGT = (T_{min} + T_{max})/2 - T_z$. Temperaturen, welche den Schwellenwert unterschritten, wurden auf diesen geändert.

Als nächstes wurde der absolute Fruchtzuwachs jeder Einzelfrucht berechnet und für jeden Baum der Grösse nach sortiert, dieser dient als Basis für die Berechnungen des Prognosemodells. Ein Prozentsatz des Fruchtzuwachses der am meisten gewachsenen Früchte eines Baumes ergab den Mindestzuwachs für das Modell. Anschliessend wurden die Früchte gezählt, deren Wachstum unter diesem Mindestzuwachs lag. Aus diesem Wert und der Anzahl der bei der ersten Messung vorhandenen Anzahl Früchte konnte dann der Fruchtansatz an den markierten Büscheln berechnet werden. Nach dem Junifruchtfall wurden die noch vorhandenen Früchte an den mar-

Tab. 1 | Mittlerer Durchmesser der markierten Früchte zum jeweiligen Messzeitpunkt (Fruchtwachstumsmodell «Greene»).

| Jahr | Sorte | Parzelle | Verfahren ¹ | 1. Messung | | 2. Messung | |
|------|-------------|-----------|------------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|
| | | | | Datum | Fruchtgrösse (mm) | Datum | Fruchtgrösse (mm) |
| 2009 | Milwa | WA 98 | Unbehandelt | 12/5/2009 | 5,1 | 18/5/2009 | 9,0 |
| | Nicoter | GU 11 | Ausdünnung | 11/5/2009 | 4,4 | 19/5/2009 | 5,3 |
| | Nicoter | GU 11 | Unbehandelt | 11/5/2009 | 4,3 | 19/5/2009 | 8,7 |
| 2010 | Braeburn | GU 23 | Unbehandelt | 21/5/2010 | 3,4 | 26/5/2010 | 8,4 |
| | Gala | GU 56 | Unbehandelt | 18/5/2010 | 4,2 | 26/5/2010 | 7,2 |
| | Milwa | WA 98 | Ausdünnung | 20/5/2010 | 3,6 | 25/5/2010 | 7,2 |
| | Milwa | WA 98 | Ausdünnung | 20/5/2010 | 3,7 | 25/5/2010 | 7,5 |
| | Milwa | WA 98 | Unbehandelt | 20/5/2010 | 4,3 | 25/5/2010 | 8,7 |
| 2011 | Golden Del. | GU 21 | Ausdünnung | 2/5/2011 | 5,2 | 7/5/2011 | 6,7 |
| | Golden Del. | GU 21 | Unbehandelt | 2/5/2011 | 4,9 | 7/5/2011 | 6,3 |
| | Golden Del. | Strickhof | Unbehandelt | 29/4/2011 | 4,4 | 6/5/2011 | 6,2 |
| | Golden Del. | WA 98 | Ausdünnung | 1/5/2011 | 4,2 | 6/5/2011 | 5,6 |
| | Golden Del. | WA 98 | Unbehandelt | 1/5/2011 | 4,3 | 6/5/2011 | 5,7 |

¹Ausdünnung bedeutet, dass vor dem Beginn der Messungen eine chemische Ausdünnung durchgeführt wurde.



Abb. 3 | Fruchtmessung mit Nahinfrarot-Spektrometer. (Foto: ACW)

kiernten Büscheln und am gesamten Baum erhoben. Um den gewünschten Fruchtansatz zu ermitteln, wurde für jede Parzelle der optimale Fruchtbehang in Stück je Baum anhand von Erfahrungswerten festgelegt. Daraus konnten anhand der Anzahl Einzelfrüchte je Fruchtbüschel von der ersten Grössenmessung sowie der Anzahl Blütenbüschel je Baum der gewünschte und der tatsächliche Fruchtansatz in Prozent hochgerechnet werden. Tabelle 2 liefert eine Zusammenfassung dieser Daten für jede Parzelle.

NIR-Messungen mit dem Phazir-Gerät

Für die Messungen mit dem NIR-Gerät (PZ1018, Polychromix) wurden ebenfalls, wie oben beschrieben, an

einzelnen Bäumen Fruchtbüschel ausgewählt, die Einzelfrüchte markiert und der Fruchtbehang nach dem Junifruchtfall erhoben. Im Jahr 2010 wurden 60 Fruchtbüschel an fünf Bäumen jeder Parzelle für die Messungen verwendet, im folgenden Jahr waren es 105 Fruchtbüschel an sieben Bäumen. Die Messungen mit dem Phazir-Gerät erfolgten bei einer Fruchtgrösse von ca. 10 – 12 mm (Abb. 3). Die gemessenen Spektren der Früchte wurden dann mit der Software «The Unscrambler» (Ver. 9.6, Camo, Norwegen) weiterverarbeitet.

Resultate

Fruchtwachstumsmodell «Greene»

Der mittlere Grössenzuwachs aller gemessenen Früchte betrug 2,83 mm, wobei die Mittelfrüchte in derselben Zeit 3.22 mm wuchsen. Laut Literaturangaben sollen zwischen den beiden Messungen mindestens 40 WGT liegen. Diese Werte wurden jedoch nicht immer erreicht. Im Mittel lagen zwischen den beiden Messungen 36 WGT. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen WGT und mittlerem Fruchtzuwachs konnte in unseren Versuchen nicht festgestellt werden. Anhand der vorhandenen Daten kann aber angenommen werden, dass eine grössere Zeitspanne zwischen den Messungen tendenziell eine bessere Prognose ergibt. Da in der chemischen Fruchtausdünnung der Durchmesser der Mittelfrucht als Richtwert verwendet wird, wurden für die Bestimmung der Messtermine nur diese verwendet. Dabei muss auch

Tab. 2 | Vergleich zwischen dem Fruchtansatz an den markierten Büscheln und dem ganzen Baum (Mittelwerte aus 7 Bäumen). Der Sollwert entspricht dem langjährigen Erfahrungswert der obstbaulichen Praxis.

| Jahr | Sorte | Parzelle | Blütenbüschel je Baum | Total markierte Früchte | % Fruchtansatz nach Junifall | | |
|------|-------------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|---------|------|
| | | | | | an markierten Büscheln | am Baum | Soll |
| 2009 | Milwa | WA 98 | 111 | 522 | 31,8 | 26,1 | 14,2 |
| | Nicoter | GU 11 | 237 | 547 | 9,7 | 7,3 | 5,8 |
| | Nicoter | GU 11 | 266 | 537 | 16,9 | 10,9 | 5,3 |
| 2010 | Braeburn | GU 23 | 181 | 528 | 14,6 | 9,7 | 7,9 |
| | Gala | GU 56 | 322 | 548 | 22,3 | 15,5 | 7,9 |
| | Milwa | WA 98 | 137 | 366 | 13,9 | 12,8 | 15,1 |
| | Milwa | WA 98 | 76 | 426 | 13,6 | 10,5 | 23,3 |
| 2011 | Milwa | WA 98 | 114 | 422 | 27,7 | 20,5 | 15,7 |
| | Golden Del. | GU 21 | 405 | 560 | n. e. ¹ | 14,3 | 8,3 |
| | Golden Del. | GU 21 | 458 | 574 | 22,3 | 14,6 | 7,2 |
| | Golden Del. | Strickhof | 221 | 588 | 16,8 | 19,3 | 9,7 |
| | Golden Del. | WA 98 | 241 | 578 | n. e. ¹ | 12,2 | 7,5 |
| | Golden Del. | WA 98 | 196 | 543 | 40,9 | 26,6 | 9,9 |

¹nicht erhoben

berücksichtigt werden, dass, wenn bei 10 – 12 mm Durchmesser der Mittelfrüchte eine Ausdünnmassnahme gesetzt werden soll, die Fruchtansatzprognose schon zwei bis drei Tage vorher abgeschlossen sein muss, um dem Produzenten genug Zeit für die Planung der Behandlungen zu geben. Die zweite Messung muss deshalb bei spätestens 9 – 10 mm Durchmesser der Mittelfrüchte erfolgen.

Prognose des Fruchtansatzes

Für die Berechnungen des Fruchtwachstumsmodells nach Greene *et al.* (2005) wurde als Mindestzuwachs 50 % des Grössenzuwachses der 21 am meisten gewachsenen Früchte einer Parzelle, also von jeweils drei Früchten pro Baum, verwendet (Bezeichnung: 1–3/50). Der berechnete Fruchtansatz an den markierten Früchten reichte von 12,4 % bis 70,6 %, der nach dem Junifruchtfall ausgezählte Fruchtansatz von 9,7 % bis 40,9 %. Die Prognose mit den vorgegebenen Parametern des Greene-Modells überschätzte also den Fruchtbehang in den meisten Fällen sehr stark. Die mittlere Abweichung der Prognose vom tatsächlichen Fruchtansatz beträgt $16,9 \pm 17,9\%$. Dieser Fehler und auch die Streuung der Werte ist somit zu gross, um eine sichere Aussage für die Praxis machen zu können. Im schlimmsten Fall würde eine Ausdünnung gemacht, die nicht notwendig wäre, und es kommt in der Folge zu einem zu geringen Fruchtansatz und damit wirtschaftlichen Einbussen für den Obstproduzenten. Deshalb wurde versucht, durch eine Anpassung der Parameter die Genauigkeit der Prognose zu erhöhen. Dazu hat man sowohl die Auswahl und Anzahl der Früchte, als auch den Prozentwert für die Berechnung des Mindestzuwachses verändert und jede Parzelle mit den geänderten Vorgaben neu berechnet. Es konnte

Tab. 3 | Prozentuale Abweichung der Prognose gegenüber dem Fruchtansatz an den markierten Büscheln bei unterschiedlichen Werten der Modellparameter (Fehler des Fruchtwachstumsmodells in % Fruchtansatz, n= 11)

| Parameterwerte ¹⁾ | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standardabweichung |
|------------------------------|---------|---------|------------|--------------------|
| 1–3/50 | 2,45 | 53,78 | 16,90 | 17,92 |
| 2–4/75 | -15,30 | 15,00 | -0,75 | 7,19 |
| 2–4/80 | -20,64 | 3,44 | -4,99 | 6,25 |
| 2–4/82 | -25,80 | -0,81 | -7,16 | 7,18 |
| 2–4/85 | -25,80 | -0,81 | -8,00 | 7,41 |
| 2–6/75 | -15,30 | 15,00 | 0,76 | 7,93 |
| 2–6/80 | -20,64 | 9,56 | -2,74 | 7,43 |
| 2–6/82 | -20,64 | 3,44 | -4,53 | 6,25 |
| 2–6/85 | -25,80 | -0,81 | -6,66 | 7,28 |
| 3–5/75 | -15,30 | 15,00 | 0,74 | 7,97 |
| 3–5/80 | -20,64 | 9,56 | -2,61 | 7,36 |
| 3–5/82 | -20,64 | 3,44 | -4,67 | 6,22 |
| 3–5/85 | -25,80 | -0,81 | -6,67 | 7,28 |

¹⁾Erklärung Modellbezeichnung: 1–3/50 (unverändertes Modell) d.h., der Mindestzuwachs entspricht 50 % des Mittelwerts der 1. – 3. grössten Fruchtzuwachswerte jedes Baumes.

festgestellt werden, dass eine Erhöhung des Prozentwertes des Mindestzuwachses eine deutliche Verbesserung der Prognose brachte. Durch das Entfernen der am stärksten wachsenden Früchte jedes Baumes aus dem Modell konnte die Streuung der Prognosewerte stark verringert werden, da Messfehler oder einzelne sehr stark wachsende Früchte nicht mehr so stark ins Gewicht fallen. Das beste Ergebnis wurde erzielt, wenn als Mindestzuwachs 75 % des mittleren Zuwachses der Früchte

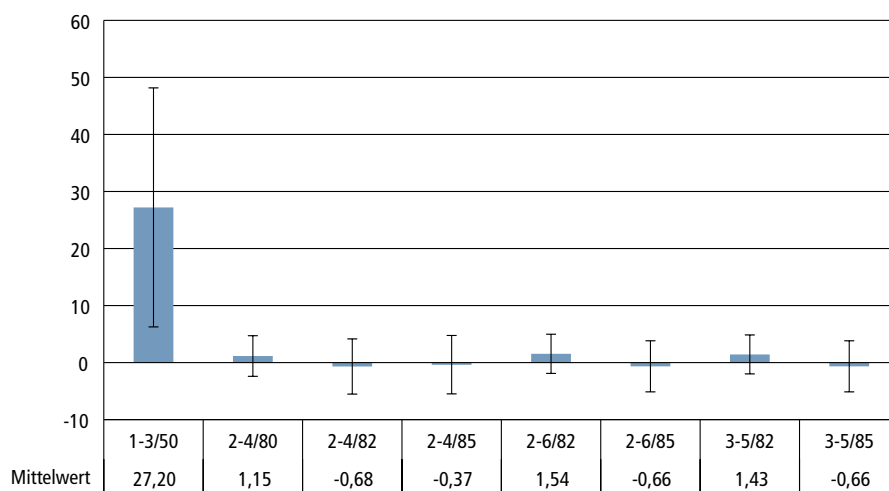


Abb. 4 | Abweichung der Modelle zum Fruchtansatz am gesamten Baum (Mittelwert und Standardabweichung in % Fruchtansatz, n= 13).

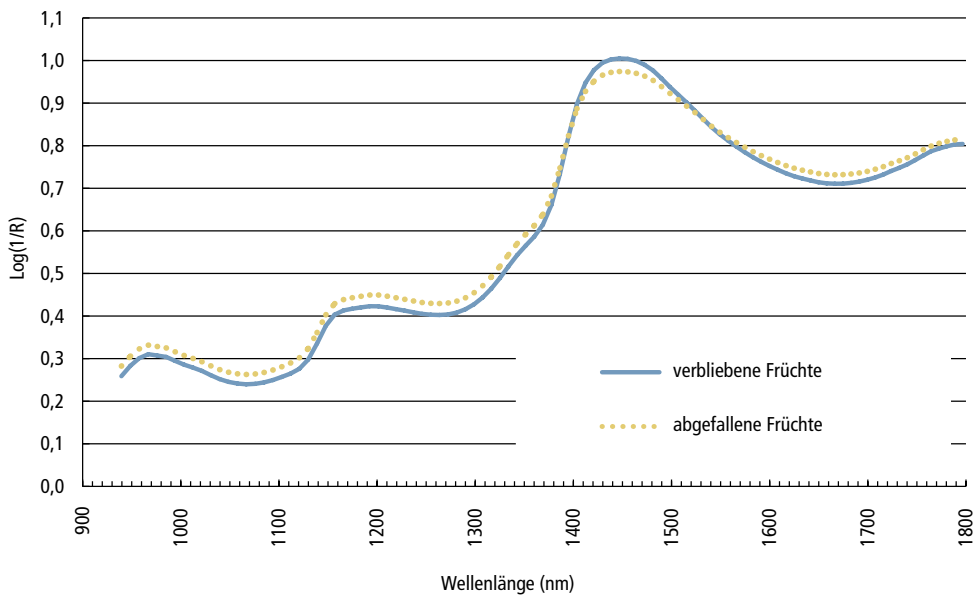


Abb. 5 | NIR-Spektren abgefallener und verbliebener Früchte (Braeburn, 2011).

3–5 jedes Baumes verwendet wurde (Bezeichnung: 3–5/75). Der mittlere Prognosefehler verringerte sich mit diesen Limits auf $0,74 \pm 7,97\%$ (Tab. 3).

Vergleich der Prognose mit totalem Fruchtansatz

Für eine Praxisanwendung ist jedoch vor allem die Prognose des Fruchtbehanges für den gesamten Baum beziehungsweise die Parzelle von Interesse. Deshalb wurde überprüft, ob die gewählte Stichprobe geeignet ist, um eine ausreichend genaue Aussage darüber zu machen. Vergleicht man den nach dem Junifruchtfall ausgezählten Fruchtansatz an den markierten Büscheln mit dem für den gesamten Baum berechneten, so zeigt sich, dass an den für die Prognose ausgewählten Fruchtbüscheln der Fruchtansatz im Mittel um 5,5 % höher ist. Dieser Unterschied zeigt deutlich die Schwierigkeiten bei der Stichprobenauswahl auf. Manche Sorten, allen voran Braeburn, blühen sehr stark am einjährigen Holz. Die Wahrscheinlichkeit, dass aus diesen Blüten auch Früchte entstehen, ist allerdings gering. Ein weiterer möglicher Grund ist, dass im Bauminneren der Fruchtansatz schwächer ist als an den gut belichteten Fruchtbüscheln im äusseren Baumbereich. Tendenziell neigt man aber dazu, für die Stichprobe Büschel mit überdurchschnittlichem Fruchtansatz auszuwählen, da sich diese in den leichter zugänglichen Baumbereichen befinden, besser entwickelt und auch leichter zu markieren sind. Es ist anzunehmen, dass bei einer Einführung der Methode in die Praxis dieselben Probleme auftreten. In den weiteren Auswertungen wurde deshalb versucht,

über eine Anpassung des Prognosemodells diesen Fehler auszugleichen. Mehrere Berechnungsvarianten zeigten sehr gute Resultate, sowohl bei der mittleren Abweichung der Prognosewerte als auch bei der Streuung (Abb. 4). Die Prognosegenauigkeit ist für den gesamten Baum grösser als für die markierten Fruchtbüschel allein. Zwischen den Berechnungsvarianten sind die Unterschiede nur gering und nicht signifikant. Die Verbesserung gegenüber der Prognose mit den in der Literatur vorgeschlagenen Parametern (1–3/50) ist jedoch eindeutig. Bei einigen Berechnungsvarianten wird der Fruchtansatz vom Prognosemodell leicht unterschätzt, was in der Praxis bedeutet, dass früher auf Ausdünnmassnahmen verzichtet wird. Diese Modelle (2–6/85 und 3–5/85) verdienen den Vorzug, weil damit eine gewisse Sicherheit gegeben ist, eine übermässige Ausdünnung zu vermeiden.

Fruchtansatzprognose mittels NIR-Spektrometrie

Die bisherigen Ergebnisse mit Datensätzen aus zwei Jahren lassen positive Schlüsse für die Eignung dieser Methode zur Bestimmung des Fruchtansatzes zu. Die Spektren von abfallenden und verbleibenden Früchten unterscheiden sich bei bestimmten Wellenlängen gut voneinander (Abb. 5). Ein Regressionsmodell auf der Basis von Mittelwertspektren von 50 Früchten der Sorte «Golden Delicious» (Jahrgänge 2010 und 2011) zeigt mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,9 und einem mittleren Fehler von 9,3 % eine gute Übereinstimmung zwischen Referenz- und Prognosewert (Abb. 6).

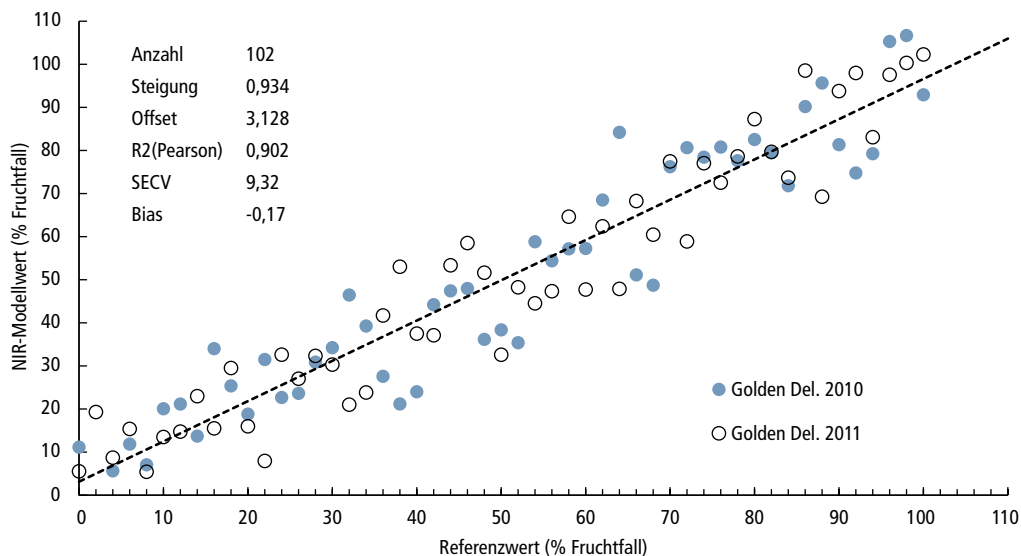


Abb. 6 | Regressionsmodell für die Fruchtfallprognose mittels NIR-Daten von 50 Früchten (Kreuzvalidierung, Golden Del. 2010 und 2011).

Schlussfolgerungen

Mögliche Anwendung in der Praxis

Die Prognosegenauigkeit des modifizierten Fruchtwachstumsmodells «Greene» scheint ausreichend zu sein, um eine allgemeine Aussage über den zu erwartenden natürlichen Fruchtansatz bzw. die Wirkung der bei abgehender Blüte eingesetzten Ausdünnpräparate zu tätigen. In den unbehandelten Parzellen ist der Fruchtansatz nach dem Junifruchtfall im Mittel um $8,2 \pm 4,6$ % höher als der optimale Fruchtansatz. Dieser Wert entspricht der Fruchtansatzreduktion, die mit Ausdünnmassnahmen erreicht werden soll. Für die Empfehlung von Ausdünnmassnahmen ist es zusätzlich notwendig zu wissen, wie stark der Fruchtansatz durch die Ausdünnprodukte reduziert werden kann. Die in den Versuchsparzellen angewandten Ausdünnbehandlungen mit verschiedenen in der Schweiz bewilligten Produkten erzielten eine mittlere Fruchtansatzreduktion von $4,6 \pm 3,2$ %. D. h. eine allgemeine Empfehlung für eine Region, ob in einem Jahr schwach, mittel oder stark ausgedünnt werden muss, scheint möglich zu sein, da die Summe der Wirkung der Ausdünnmittel und des Prognosefehlers geringer ist als die notwendige Fruchtansatzreduktion. Die Prognose des Fruchtansatzes in einer einzelnen Parzelle ist jedoch derzeit mit diesem Modell zu ungenau, sodass die Erfahrung und das Wissen des Betriebsleiters auch weiterhin entscheidend sein werden. Eine Möglichkeit zur weiteren Verbesserung des Modells könnte die

Anpassung der Berechnungsparameter an einzelne Sorten sein. Anhand der bisher verfügbaren Daten kann dazu aber noch keine Aussage gemacht werden.

Der grosse Vorteil der Fruchtansatzprognose mittels NIR-Spektrometrie ist ein deutlich geringerer Arbeitsaufwand des Anwenders für die Datenerhebung, da nur noch an einem Termin eine ausreichende Anzahl von Früchten gemessen werden muss und das Ergebnis sofort verfügbar ist. Das sehr aufwändige Markieren von Fruchtbüscheln und Einzelfrüchten und auch die Weiterverarbeitung der Daten mit einem Kalkulationsprogramm können somit entfallen. Wegen der starken Jahresschwankungen des natürlichen Fruchtansatzes und den vorhandenen Sortenunterschieden sind jedoch noch weitere Messungen nötig, um robuste Prognosemodelle auf der Basis von NIR-Messungen zu erstellen. Ein wichtiger Punkt für weitere Entwicklungen in diesem Bereich ist auch die Optimierung der Gerätekonstruktion für diesen speziellen Einsatzzweck. ■

Riassunto**La previsione di fruttificazione nel melo a sostegno del dirado chimico**

Negli ultimi anni sono stati esaminati due metodi per la prognosi di fruttificazione, rispettivamente prognosi dell'intensità della «cascola di giugno» nel melo. Con il primo metodo si determinava la fruttificazione mediante misurazione della crescita in due momenti subito dopo la fioritura, sulla cui base successivamente era calcolata la previsione. La base per il modello è il presupposto che tutti i frutti inferiori ad una certa crescita siano rigettati dall'albero attraverso la cascola di giugno. Le indagini e valutazioni del primo anno di prova hanno mostrato che i valori dei parametri indicati dalla letteratura non sono trasferibili alla nostra zona di produzione. Negli anni successivi si è quindi tentato di ridurre l'errore di previsione. Regolando i parametri del modello è stato effettivamente possibile ridurre la deviazione media dell'effettiva fruttificazione degli alberi. Inoltre, i giovani frutti sono stati misurati mediante spettrometro a infrarosso vicino per verificare se i cambiamenti fisiologici dei frutti cascati possono essere rilevati attraverso questo metodo e quindi è possibile riportarli alla fruttificazione sull'albero. Si è potuto constatare che gli spettri misurati su frutti caduti e rimasti sull'albero si differenziano in modo evidente a determinate lunghezze d'onda. Il modello di regressione mostra pure un buona corrispondenza tra i valori di riferimento e di previsione. Non è stato pienamente possibile valutare in quale misura le differenze tra le singole varietà e gli influssi dei singoli anni influenzino il metodo.

Literatur

- Baumgartner D., Gabioud Rebeaud S., 2010. Detektion von Kernhausbräune mit Nah-Infrarot-Spektroskopie. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **146** (14), 8–11
- Greene D. W., 2008. A growers guide to predicting the response to a chemical thinner Application. Zugang: <http://www.umass.edu/fruitadvisor/2008/predictthinprocedure.pdf>; <http://www.umass.edu/fruitadvisor/2008/predictfruitset2008.xls>

Summary**Prediction of fruit set in apple to facilitate the chemical fruit thinning**

The decision, whether a chemical fruit thinning in an apple orchard is necessary and to what extent, is often difficult. Currently growers take a decision without knowing the extend of natural fruit drop (June drop). In recent years, two methods for prediction of fruit set respectively the intensity of June fruit drop in apples have been examined. The first method is based on calculating fruit growth of marked fruits shortly after bloom, by measuring the fruit diameter on two dates. The presumption of the model is, that fruits with growth below a critical value, will abscise at the June drop. The survey and evaluation of the first experimental year revealed, that the parameter values given in the literature, cannot be transferred in our growing conditions. By adjusting the model parameters, based on field experiments in subsequent years, the reliability of fruit set prediction was significantly improved. In a second experiment, young fruits were measured with a near-infrared spectrometer. The intention was to prove if the physiologic changes in abscising fruits may be detected, and thereby if a prediction of the fruit set is possible. It was observed that, at certain wavelengths, the spectra of falling and remaining fruits were clearly different, which could be confirmed by a regression model. To what extent, differences between varieties and years are influencing the model, will be objective of further studies.

Key words: apple, fruit drop, fruit thinning, Near Infrared Spectrometrie, modeling.

- Greene D. W., Krupa J., Vezina M., Lakso A. N. & Robinson T. L., 2005. A method to predict chemical thinner response. *Fruit Notes Volume* **70**, 12–17.
- Abruzzese A., Mignani I. & Cocucci S., 1995. Nutritional Status in Apples and JuneDrop. *J. Ameri. Soc. Hort. Sci.* **120** (1), 71–74.
- Forshey C. G., 1976. Factors affecting chemical thinning of apples. *New York's Food and Life Sciences Bulletin* **64**, 1–7.