

Nachhaltigkeitsbewertung von Pflanzenschutzstrategien im Apfelanbau

Andreas Naef¹, Patrik Mouron² und Heinrich Höhn¹

¹Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil

²Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

Auskünfte: Andreas Naef, E-Mail: andreas.naef@acw.admin.ch, Tel. + 41 44 783 62 57



Mit schorfresistenten Apfelsorten und einer angepassten Pflanzenschutzstrategie können der Pflanzenschutzmitteleinsatz und dessen Auswirkungen auf die Umwelt reduziert werden. (Foto: ACW)

Einleitung

Die EU möchte mit der Richtlinie 2009/128/EG eine nachhaltige Nutzung von Pflanzenschutzmitteln und eine Verringerung von deren Abhängigkeit erreichen (EU 2009). Mit nationalen Aktionsplänen sollen der integrierte Pflanzenschutz sowie alternative Methoden und Verfahren gefördert werden. Die entsprechenden Pflanzenschutzstrategien müssen umweltfreundlich und dabei wirksam und wirtschaftlich sein. Eine Methodik

für die transparente Bewertung der ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit gab es bisher nicht. Etablierte Methoden erfassen nur Teilaspekte wie Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Die Forschungsanstalten Agroscope ACW und ART entwickelten im EU-Projekt ENDURE gemeinsam mit anderen Europäischen Instituten (Bigler *et al.* 2011) eine Methode, mit der die Nachhaltigkeit von verschiedenen Pflanzenschutzstrategien verglichen werden kann. Die Methodik nennt sich «SustainOS», wobei «Sustain» für

Nachhaltigkeit und «OS» für Orchard Systems steht. SustainOS umfasst eine Systembeschreibung, eine quantitative Analyse von Teilaspekten der Nachhaltigkeit und eine Aggregation zur Gesamtnachhaltigkeit. Im Rahmen einer Fallstudie wurde SustainOS für einen Vergleich von je vier Pflanzenschutzstrategien in fünf Europäischen Apfelanbauregionen angewendet. Hauptziel dieser Fallstudie war die Erarbeitung von innovativen Pflanzenschutzstrategien mit reduzierten ökotoxikologischen Auswirkungen. Gleichzeitig wurde auf weitere Nachhaltigkeitskriterien geachtet und die nationalen Richtlinien des integrierten Pflanzenschutzes wurden angewendet. Wir stellen die Ergebnisse der Fallstudie für den Schweizer Apfelanbau am Beispiel der Bodensee-Region vor.

Methodik

Die neu entwickelte Methodik SustainOS besteht aus verschiedenen Schritten, welche in einer Expertengruppe durchgeführt werden. Das Ablaufschema ist in Abbildung 1 dargestellt. Als Grundlage für die Beurteilung werden verschiedene Anbausysteme beschrieben (Abb. 1, a). Diese Beschreibungen enthalten die Daten, welche für die Berechnung von Nachhaltigkeitskriterien mittels quantitativer Analysemethoden wie Ökobilanz, Umweltrisikoberechnung und Vollkostenrechnung durchgeführt werden (Abb. 1, b). Die Nachhaltigkeitskriterien werden anschliessend bezüglich eines Referenzsystems der jeweiligen Region bewertet (Abb. 1, c). Dazu >

Zusammenfassung

Zukünftige Pflanzenschutzstrategien müssen wirksam, wirtschaftlich und umweltfreundlich sein. Mit der vorgestellten SustainOS-Methodik kann die Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien für den Apfelanbau untersucht werden. Die Methodik beinhaltet eine Systembeschreibung, einen Berechnungsschritt für Teilkriterien der Nachhaltigkeit und eine Aggregation der Teilkriterien zur Gesamtnachhaltigkeit. In einer Fallstudie wurde die Methode auf vier verschiedene Pflanzenschutzstrategien für die Schweizer Bodensee-Region angewendet. Die Strategien reichten vom stark von Pflanzenschutzmitteln abhängigen System bis hin zu einem innovativen System, in welchem Pflanzenschutzmittel weitgehend durch alternative Pflanzenschutzmassnahmen ersetzt wurden. Es zeigte sich, dass durch verfügbare alternative Pflanzenschutzmassnahmen die Ökotoxizität und andere Umweltauswirkungen des Pflanzenschutzes verbessert werden kann. Dieser ökologische Fortschritt war allerdings mit ökonomischen Nachteilen verbunden. Eine verbesserte ökonomische Situation konnte mit zukünftigen, innovativen Pflanzenschutzstrategien und neuen resistenten Sorten unter Annahme von höheren und stabileren Erträgen erreicht werden.

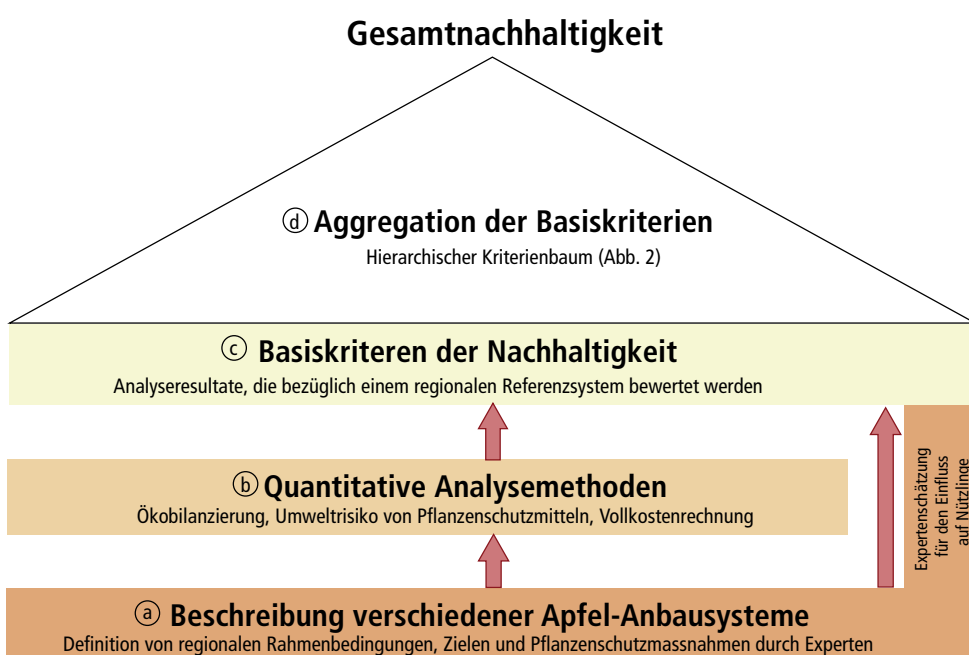


Abb. 1 | Schritte der neu entwickelten SustainOS-Methodik zur Bewertung und Optimierung der Nachhaltigkeit verschiedener Anbausysteme.

Tab. 1 | Pflanzenschutzstrategien für die vier Apfel-Anbausysteme

Anbausystem	Baseline GAP 2009 «chemisch»	Advanced 1 GAP 2009 alternative Massnahmen	Advanced 2 alternative Massnahmen & Rückstandsreduktion	Innovative aktuelle Forschungs- ansätze
Beschreibung der Pflanzenschutzmassnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • schorfanfällige Sorten • von ACW empfohlener Pflanzenschutz 2009* • Resistenzmanagement • keine alternativen Pflanzenschutzmassnahmen • Hygienemassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • schorffresistente Sorten • Pflanzenschutzmittel mit niedriger Ökotoxizität • Hagelnetz • Feuerbrand-Antagonisten • Nützlingsförderung • Verwirrungstechnik • begrünter Baumstreifen ab Sommer • Hygienemassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • schorffresistente Sorten • biologische Fungizide nach Blüte • Heisswasserbehandlung nach der Ernte • Totaleinnetzung • Feuerbrand-Antagonisten • Verwirrungstechnik • Nützlingsförderung • mechanische Unkrautbekämpfung • Hygienemassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • multigene-resistente Sorten • Totaleinnetzung • Regenschutz • entomopathogene Nematoden • Massenfang • push & pull • attract & kill • mechanische Unkrautbekämpfung • Pestizide ohne Nebenwirkung • Hygienemassnahmen
Anzahl Einzelwirkstoffapplikationen und Durchfahrten (in Klammern)				
Schädlingsbekämpfung	7 (2)	4 (1)	3 (1)	5 (4)
Krankheitsbekämpfung	25 (13)	16 (9)	21 (10)	3 (3)
Unkrautbekämpfung	7 (3)	4 (2)	0	0

wurde eine Bewertungsskala von 1 (viel schlechter) bis 5 (viel besser) verwendet. Die auf diese Weise bewerteten Kriterien wurden anschliessend an der Basis eines hierarchischen Kriterienbaumes (Abb. 2) übernommen und mittels gewichteten Mittelwerten über einen ökologischen und einen ökonomischen Ast zu aggregierten Kriterien und schliesslich zu einem Wert für die Gesamtnachhaltigkeit verrechnet (Abb.1, d). Im Internet ist eine detaillierte Beschreibung der Methode mit entsprechenden Literaturangaben abrufbar : <http://www.agroscope.admin.ch/obstbau/00878/index.html?lang=de>, Rubrik «Weitere Informationen».

Resultate der Apfel-Fallstudie in der Schweiz

Das System «Baseline»

Da das Verbesserungspotenzial für jede Region aufgezeigt werden sollte, wurden alle Bewertungen in Relation zu einem regionalen Referenzsystem vorgenommen. Die Definition eines repräsentativen Anbausystems

erwies sich wegen der grossen betriebsspezifischen Unterschiede als schwierig. Ein System mit durchschnittlich pro Saison eingesetzten Pflanzenschutzmittelmengen ist nicht sinnvoll, da Risiken für Mensch und Umwelt nur mit effektiv eingesetzten Wirkstoffmengen zu bestimmten Behandlungszeitpunkten abgeschätzt werden können. Obstbauexperten definierten deshalb als Referenzsystem für die Bodenseeregion der Schweiz eine konkrete Pflanzenschutzstrategie, die den Richtlinien für den integrierten Pflanzenschutz (SAIO 2009) und den Pflanzenschutzempfehlungen von Agroscope ACW (Höhn et al. 2008) im Jahr 2009 entspricht (Tab. 1). Für eine schorfanfällige Marktsorte wurden ein Zielertrag von 35 t/ha und ein Anteil 1. Klasse von 75% angenommen, was Erfahrungswerten bei integriertem Pflanzenschutz mit praxisüblicher Obstanlagenhygiene entspricht. Vorhandene Warndienstinstrumente und Toleranzschwellen wurden für den gezielten Einsatz der Pflanzenschutzmittel angewendet. Die Schlüsselkrankheit der Region ist der Apfelschorf, für dessen Bekämpfung zwölf Fungizidanwendungen pro Saison angenom-

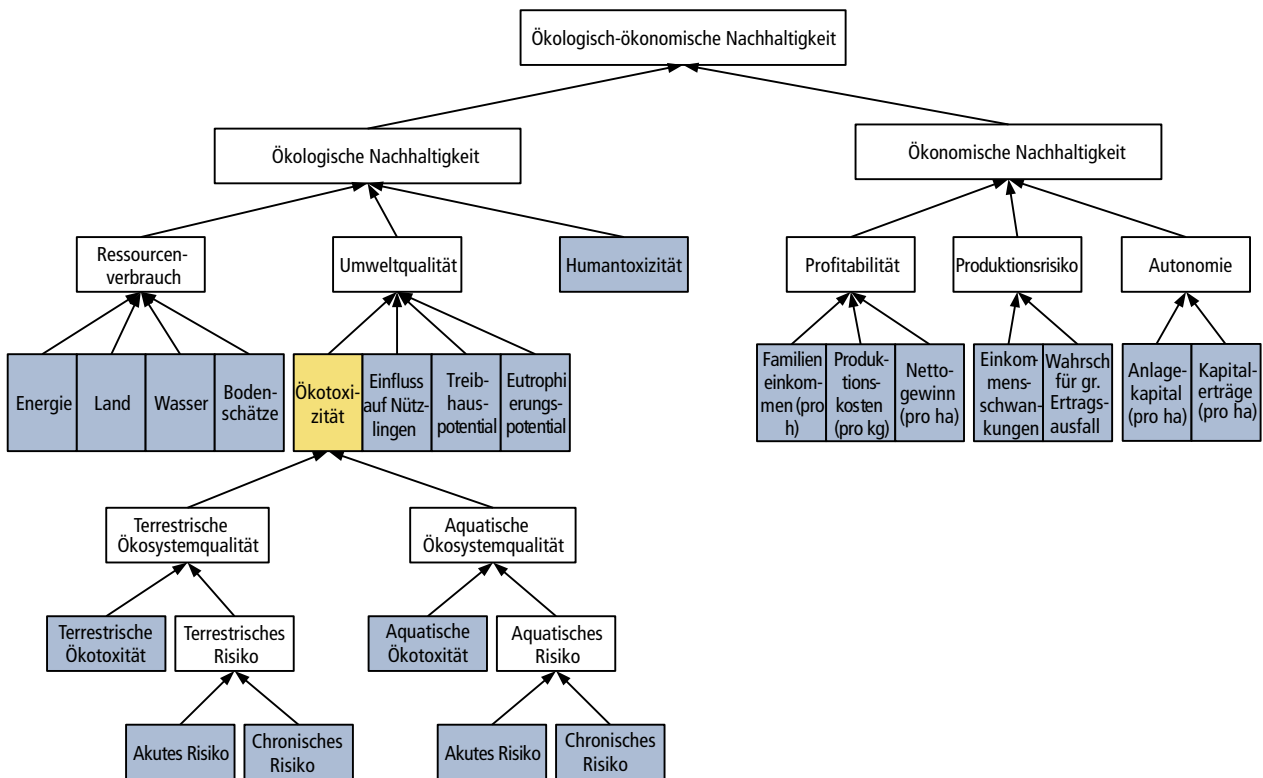


Abb. 2 | Hierarchischer Kriterienbaum: Die Gesamtnachhaltigkeit setzt sich aus verschiedenen Unterkriterien der ökologischen und der ökonomischen Nachhaltigkeit zusammen. Da die Optimierung der Ökotoxizität (gelb) das primäre Ziel dieser Studie war, wurde dieses Unterkriterium in weitere Unterkriterien unterteilt. Blau: Basiskriterien, die auf quantitativen Analysemethoden beruhen.

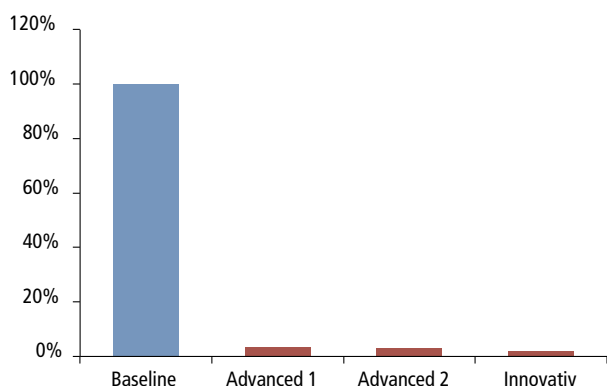
men wurden. Diese Spritzungen wurden wenn möglich mit Fungizidanwendungen gegen andere Krankheiten wie Mehltau und Lagerkrankheiten sowie mit Insektizidanwendungen gegen Apfelwickler und Blattläuse kombiniert. Zusätzlich wurde von sechs separaten Spritzungen mit Herbiziden, Insektiziden und Bakteriziden (Feuerbrandbekämpfung) ausgegangen. Mit dieser Strategie wurden in 18 Durchfahrten pro Saison 39 Einzelwirkstoffapplikationen ausgebracht. Bei der Mittelwahl wurde auf eine gute Wirkung, eine Schonung von Nützlingen und ein nachhaltiges Resistenzmanagement geachtet. Fungizidgruppen mit hohem Risiko für Resistenzentwicklung (Anilinopyrimidine, Strobilurine und Sterolsynthesehemmer) wurden nur zweimal pro Saison und in Mischung mit Captan mit geringem Risiko für Resistenzentwicklung eingesetzt. Die einzelnen Insektizide und Akarizide wurden nur einmal pro Jahr angewendet und die Wirkstoffgruppen wurden zwischen den Jahren gewechselt, was zu einer Rotation über vier Jahre führte. Zur Abschätzung der Abdrift wurden der Realität entsprechend Hagelnetze auf 40 % der Flächen und Hecken bei 10% der Flächen angenommen.

Das System «Advanced 1»

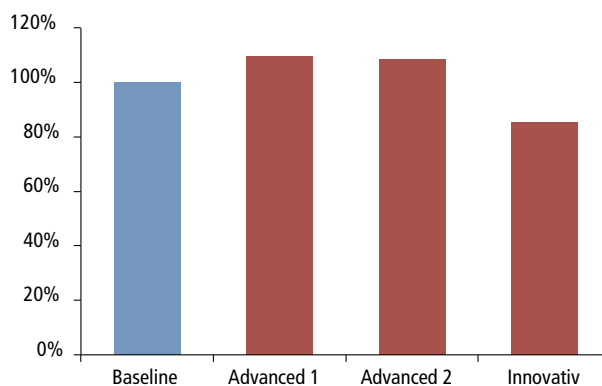
Neben dem Referenzsystem beschrieben Obstbauexperten für die Schweizer Bodenseeregion ein bezüglich Ökotoxizität des Pflanzenschutzes optimiertes, fortschrittliches System. In diesem System *Advanced 1* wurden mehrere verfügbare alternative Pflanzenschutzmassnahmen angewendet (siehe Tab. 1). Durch den Einsatz von schorfresistenten Apfelsorten konnte die Anzahl notwendiger Fungizidbehandlungen von zwölf auf sieben gesenkt werden. Die verbleibenden Behandlungen waren für die Erhaltung der Schorfresistenz und die Kontrolle von anderen Krankheiten notwendig. Zwei Behandlungen wurden zur Kontrolle des Feuerbrandes mit antagonistischen Bakterien durchgeführt, als Ersatz für den Streptomycin-Einsatz im System *Baseline*. Durch den Einsatz von Verwirrungstechnik und Nützlingsförderung konnte auf die Insektizide Novaluron und Chlorpyrifos-ethyl und das Akarizid Tebufenpyrad, welche ein relativ schlechtes ökotoxikologisches Profil aufweisen, verzichtet werden. Eine Baumstreifenbegrünung ab Mitte Juni ermöglichte die Einsparung von drei Herbizidapplikationen (Glyphosat nur ein- statt zweimal, Ver- ➤

Ökologische Beurteilung

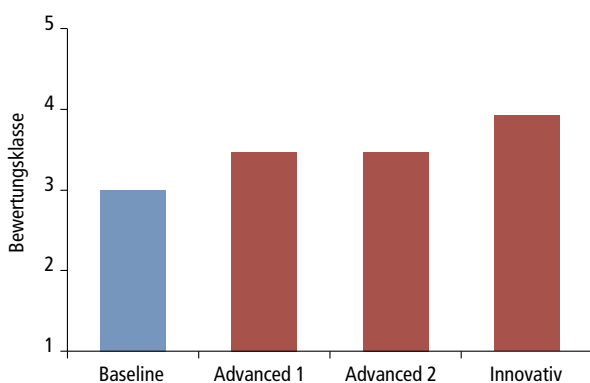
(a) Beispiel: Aquatische Ökotoxizität

**Ökonomische Beurteilung**

(b) Beispiel: Produktionskosten pro kg

**Aggregierte Kriterien**

(c) Ökologische Nachhaltigkeit



(d) Ökonomische Nachhaltigkeit

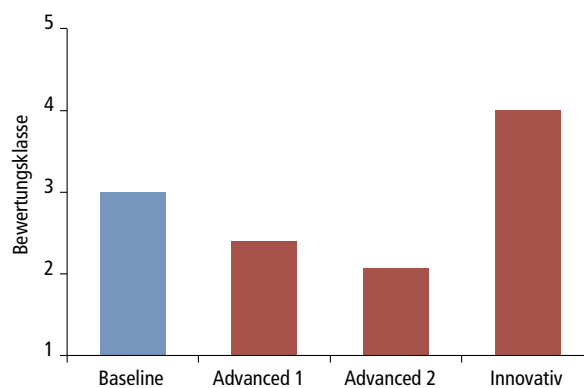


Abb. 3 | Vergleich der in Tabelle 1 beschriebenen Apfelanbausysteme für die Kriterien Aquatische Ökotoxizität und Produktionskosten und die aggregierten Kriterien ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit. Auf der Skala der Grafiken (c) und (d) sind die folgenden Bewertungsklassen eingetragen: 1 = viel schlechter als Baseline, 2 = schlechter als Baseline, 3 = ähnlich wie Baseline, 4 = besser als Baseline, 5 = viel besser als Baseline.

zucht auf Linuron und Diuron). Insgesamt konnte mit dieser Strategie die Anzahl Einzelwirkstoffapplikationen pro Saison von 39 (*Baseline*) auf 24 reduziert werden. Diese Wirkstoffe wurden in zwölf Durchfahrten pro Saison ausgebracht. Die Abdrift von Pflanzenschutzmitteln wurde durch Hagelnetze auf 80 % der Flächen und Einsatz von abdriftmindernden Düsen auf 50 % der Fläche weiter reduziert. Um das Produktionsrisiko des Systems *Baseline* zu erreichen, müssen Produzenten einen zeitlichen Mehraufwand für zusätzliche visuelle Kontrollen im Feld und Weiterbildung im Bereich Pflanzenschutz leisten.

Die Berechnungen mittels Ökobilanz und Umwelt- risikobeurteilung zeigten, dass mit den gewählten alternativen Pflanzenschutzmassnahmen (Tab. 1) die Ökotoxizität und die Risiken für aquatische und terrestrische Systeme deutlich gesenkt werden können (Abb. 3a). Auch die Humantoxizität konnte gegenüber dem praxisüblichen System *Baseline* stark gesenkt werden. Diese Verbesserungen sind das Resultat des reduzierten Fungizid- und Herbizideinsatzes und der abdriftmindernden Massnahmen. Die Optimierung des Anbausystems bezüglich Öko- und Humantoxizität führte allerdings nur zu einer



Abb. 4 | Die Apfelwicklerbekämpfung mit Pheromon-Verwirrungstechnik hat sich in der Praxis bereits bewährt und ersetzt zwei bis drei Insektizidbehandlungen.

leichten Verbesserung der gesamten ökologischen Nachhaltigkeit (Abb. 3c), da die gewählten alternativen Pflanzenschutzmassnahmen keine Verbesserungen bei anderen ökologischen Kriterien, wie Verbrauch von Energie, Land und Wasser oder Treibhauspotential bewirkten. Auf der ökonomischen Seite wurde für das System *Advanced 1* im Vergleich zum System *Baseline* eine tiefere Profitabilität und eine geringere finanzielle Autonomie ermittelt, da unverändertem Ertrag und identischem Anteil Klasse-1-Früchten höhere Investitionen (mehr Hagelnetze) und zusätzliche Arbeitsstunden (Monitoring) gegenüberstanden. Der Einsatz von alternativen Pflanzenschutzmassnahmen führte deshalb zu einer Verschlechterung der ökonomischen Nachhaltigkeit.

Das System «Advanced 2»

Dieses System beruhte ebenfalls auf schorfresistenten Sorten, integrierte aber mehr alternative Pflanzenschutzmassnahmen als das System *Advanced 1* (siehe Tab. 1). Auf den Einsatz von Herbiziden wurde zu Gunsten einer mechanischen Unkrautbekämpfung vollständig verzichtet. Nützlinge, wie Parasitoide und Raubmilben, wurden noch mehr geschont, gefördert und aktiv ausgebracht, was eine weitere Reduktion der notwendigen Insektizid- respektive Akarizidbehandlungen ermöglichte. Eine Totaleinnetzung reduzierte den Ein-

flug von Schädlingen und unterstützte die Feuerbrandbekämpfung durch Ausschluss von kontaminierten Bienen. Die Anzahl Einzelwirkstoffapplikationen pro Saison konnte gegenüber dem System *Advanced 1* nicht weiter gesenkt werden. Die Reduktion bei Insektiziden und Herbiziden wurde durch häufigeren Einsatz von Fungiziden kompensiert. Grund dafür war, dass chemisch-synthetische Fungizide nur bis Ende Blüte eingesetzt wurden. Für den Rest der Saison wurden Krankheiten wie Mehltau, Regenflecken und Lagerkrankheiten mit Bikarbonaten und Schwefel bekämpft. Diese biologischen Fungizide haben eine relativ kurze Wirkungsdauer und eine geringe Regenfestigkeit was zu kürzeren Behandlungsintervallen führte. Die *Gloeosporium*-Lagerfäule wurde zusätzlich mit einer Heisswasserbehandlung der geernteten Früchte bekämpft. Mit dieser Strategie sollten, Konsumentenwünschen entsprechend, nachweisbare Rückstände von Pflanzenschutzmitteln vermieden werden. Die Abdrift der Pflanzenschutzmittel wurde durch den Einsatz von Abdrift mindernden Düsen und Geräten weiter reduziert. Durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Fungizide nach der Blüte erhöhte sich die Wahrscheinlichkeit von Nebenkrankheiten, was zu einer erhöhten Variabilität des Ertrags und einem erhöhten Risiko für Ertragseinbussen führte.



Dieses Anbausystem, welches primär die Reduktion von Pestizidrückständen zum Ziel hatte, brachte gegenüber dem System *Advanced 1* zwar eine verbesserte Nützlichkeitschonung aber keine Verbesserungen bei Ökotoxizität, Humantoxizität und Ressourcenverbrauch. Leichte Verbesserungen wurden bei den Umweltrisiken durch die verbesserte Abdriftminderung erzielt. Insgesamt führte der Einsatz zusätzlicher alternativer Pflanzenschutzmassnahmen und biologischer Fungizide nach der Blüte aber nicht zu einer verbesserten ökologischen Nachhaltigkeit (Abb. 3c). Gleichzeitig verschlechterte sich durch höhere Investitionen (z.B. Totaleinnetzung, Infrastruktur für Heisswasserbehandlung) und eine geringere Profitabilität (z.B. zusätzliche Arbeitsstunden für mechanische Unkrautbekämpfung, unregelmässige Erntemengen und Qualitätsausbeute) die ökonomische Nachhaltigkeit (Abb. 3d).

Das System «Innovativ»

Beim innovativen System ging man von der Annahme aus, dass innerhalb von zehn Jahren neue alternative Pflanzenschutzmassnahmen zur Verfügung stehen, welche hohe und stabile Erträge mit minimalem Pflanzenschutzmitteleinsatz ermöglichen. Die Sorten trugen Resistenzen oder Toleranzen gegenüber den Hauptschaderegern Schorf, Echter Mehltau, Feuerbrand und Blattläuse. Der angenommene Verzicht auf Pestizidbehandlungen zum Schutz der genetischen Resistenzen ist nur sinnvoll, wenn diese auf mehreren Genen beruhen. In heutigen Züchtungsprogrammen gibt es multigene Resistenz erst für Schorf. Bis kommerzielle Sorten mit multigenen Resistenzen gegen mehrere Schaderreger zur Verfügung stehen, dürfte es eher 30 anstatt der angenommenen zehn Jahre dauern. Zusätzlich zu genetischen Resistenzen wurden weitere unterstützende Pflanzenschutzmassnahmen wie «Attract and Kill» oder entomopathogene Nematoden angenommen. Für die verbleibenden Behandlungen wurde von neuen Pflanzenschutzmitteln ohne Nebeneffekte auf Nichtzielorganismen ausgegangen. Hagelnetze und Massnahmen zur Driftreduktion wurden auf allen Flächen eingesetzt.

Unter den Annahmen für dieses futuristische System konnte die ökologische wie auch die ökonomische Nachhaltigkeit verbessert werden (Abb. 3), da nur wenige direkte Pflanzenschutzmassnahmen notwendig sind und ein höherer und stabilerer Ertrag bezüglich Menge und Anteil an Klasse-1-Früchten erwartet werden kann.

Diskussion

Die Fallstudie für den Apfelanbau zeigte, dass für die Ökotoxizität des Pflanzenschutzes ein grosses Verbesserungspotenzial besteht. Allerdings ist die Ökotoxizität nur ein Teilaspekt der Nachhaltigkeit der Apfelproduktion. Die Systeme *Advanced 1* und *2* bezahlten den Fortschritt bezüglich Ökotoxizität und Humantoxizität mit Nachteilen bei der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit im Vergleich zum System *Baseline*. Da die gleichen Fruchtpreise für alle Systeme angenommen wurden, könnte die Gesamtnachhaltigkeit bei *Advanced 1* und *2* verbessert werden, wenn sich die ökologischen Vorteile in einem besseren Fruchtpreis auszahlen würden. Die Ergebnisse zeigen auch, dass durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel das Risiko von Einkommensschwankungen eher zunimmt, bedingt durch Ertragsschwankungen. Nur unter den Annahmen von langfristig wirksamen Alternativen im innovativen System lässt sich das Risiko von Ertragsschwankungen auf das mit heutigen Pflanzenschutzmitteln erreichbare Niveau senken. Die Ergebnisse belegen ferner den grossen Einfluss einzelner hinsichtlich Ökotoxikologie problematischer Wirkstoffe und die Wirkung von Massnahmen zur Reduktion der Abdrift in Obstanlagen. Durch die Substitution von umweltgefährdenden Wirkstoffen und die Durchsetzung Abdrift mindernder Massnahmen würde die Belastung der Ökosysteme durch den Pflanzenschutzmitteleinsatz im Obstbau erheblich verringert. ■

Dank

Wir bedanken uns bei den an der ENDURE Orchard System Casestudy beteiligten Kollegen: E. Bravin, A. Patocchi, Jörg Samietz (alle Agroscope ACW), U. Aubert, F. Bigler, G. Gaillard, F. Hayer, J. Hernandez, G. Mack (alle Agroscope ART), B. Heijne (Applied Plant Research, Wageningen NL), J. Strassemeyer (Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow D), A. Alaphilippe, C. Lavigne, B. Sauphanor (INRA, Saint Marcel-lès-Valenc F), J. Avilla, J. Solé (IRTA, Universität Lleida, Leida ES), M. Bohanec (Jožef Stefan Institute, Ljubljana SL).

Riassunto**Valutazione della sostenibilità delle strategie di protezione fitosanitaria nella produzione di mele**

Le future strategie fitosanitarie devono essere efficaci, economiche ed ecologiche. La metodologia SustainOS permette di esaminare la sostenibilità delle strategie fitosanitarie nella coltivazione di mele. Tale metodologia comprende una descrizione del sistema di coltura considerato, il calcolo dei criteri parziali di sostenibilità come pure la loro aggregazione per ottenere un valore di sostenibilità globale. La sua applicazione è stata eseguita su quattro diverse strategie fitosanitarie utilizzate nella regione svizzera del lago di Costanza. Le strategie spaziavano dal sistema fortemente dipendente di prodotti fitosanitari ad uno innovativo, in cui i pesticidi erano stati, in gran parte, sostituiti da misure fitosanitarie alternative. Si è così potuto constatare come l'ecotossicità ed altri effetti ambientali causati da prodotti fitosanitari siano migliorati attraverso le misure fitosanitarie alternative disponibili. Questo progresso ambientale è tuttavia associato a degli svantaggi economici. In futuro i risultati economici potrebbero essere migliorati attraverso strategie fitosanitarie innovative e da nuove varietà resistenti che dovrebbero assicurare rese più elevate e stabili.

Literatur

- Bigler F., Aubert U., Dubuis P.-H., Hayer F., Hernandez-Rivera J., Mack G., Meissle M., Mouron P., Naef A. & Strassmeyer J., 2011. ENDURE – ein Netzwerk für den nachhaltigen Pflanzenschutz in Europa. *Agrarforschung* 2 (2), 72–79.
- EU, 2009. Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden. *Amtsblatt der Europäischen Union* L309, 71–86.
- Höhn H., Naef A., Holliger E., Widmer A., Neuweiler R., Linder Ch., Viret O., Kehrli P., Delabays N., 2008. Flugschrift Nr. 122, Pflanzenschutzempfehlungen für den Erwerbsobstanbau 2008/2009. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau 1, Beilage.
- SAIO, 2009. Richtlinien für den ÖLN und die integrierte Obst-Produktion in der Schweiz. Schweiz. Arbeitsgruppe für Integrierte Obstproduktion, Zug. 18 S.

Summary**Sustainability rating of crop protection strategies in apple production**

Future plant protection strategies should be efficacious, economic and environmentally acceptable. The SustainOS methodology has been developed to assess the sustainability of crop protection strategies in apple orchards. The methodology consists of a system description structure, an assessment step for subcriteria of sustainability and an aggregation of these subcriteria to an overall sustainability. The method has been applied in a case study on four plant protection strategies in apple orchard systems in the Swiss Lake of Constance region. The strategies reached from a system strongly depending on pesticides to an innovative system in which pesticides were replaced to a large extent by alternative plant protection measures. It could be shown that ecotoxicity and other environmental impacts of plant protection measures could be improved by implementation of alternative plant protection measures available today. However, economic disadvantages were the drawback of the ecological progress. An improved economic situation could be achieved with future innovative crop protection strategies and new resistant varieties assuming higher and more stable yield.

Key words: sustainable agriculture, horticulture, integrated pest management (IPM), life cycle assessment, apple orchards.