

# ENDURE – ein Netzwerk für den nachhaltigen Pflanzenschutz in Europa

Franz Bigler<sup>1</sup>, Ursula Aubert<sup>1</sup>, Pierre-Henri Dubuis<sup>2</sup>, Frank Hayer<sup>1</sup>, José Hernandez-Rivera<sup>1</sup>, Gabriele Mack<sup>1</sup>, Michael Meissle<sup>1</sup>, Patrik Mouron<sup>1</sup>, Andreas Naef<sup>2</sup> und Jörn Strassemeier<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

<sup>2</sup>Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon

<sup>3</sup>Julius-Kühn Institut; JKI, 14532 Kleinmachnow, Deutschland

Auskünfte: Franz Bigler, E-Mail: franz.bigler@art.admin.ch, Tel. + 41 44 377 72 35



Eines der Ziele von ENDURE war die Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft (Foto: ART)

## Einleitung

### Was ist ENDURE?

Ende 2010 wurde das Projekt ENDURE (European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies) erfolgreich abgeschlossen. ENDURE hatte zum Ziel, Wissen über Pflanzenschutz in der EU zusammenzutragen und der Forschung und Beratung zugänglich zu machen, neue Strategien zur Verbesserung des Pflanzenschutzes zu entwickeln, Vorschläge für die Verminderung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln zu erarbeiten und ein dauerhaftes Netzwerk für die Wissenschaft, Beratung und Praxis aufzubauen. Ein wichtiger Aspekt von ENDURE war, jungen Forscherinnen und For-

schern die Gelegenheit zu bieten, sich an internationalen Austauschprogrammen zu beteiligen, um so ihren Wissenshorizont zu erweitern und Kontakte zu knüpfen. Schliesslich sollte am Ende des vierjährigen Projektes die Pflanzenschutzforschung im europäischen Raum besser koordiniert werden und an Effizienz gewinnen, und die Struktur für ein europäisches Kompetenzzentrum für Pflanzenschutz sollte in Ansätzen bestehen. Zehn europäische Länder mit mehr als 300 Forschern und Beratern aus verschiedenen Fachrichtungen (Agronomie, Ökologie, Genetik, Wirtschaft und Soziologie) beteiligten sich an diesem Projekt.

Agroscope war verantwortlich für die Leitung des Teilprojektes «Entwicklung von Methoden und Verfahren für die Einschätzung der Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien» (Musa *et al.* 2008). In diesem Teilprojekt beteiligten sich rund zwölf Mitarbeitende von ART und ACW sowie Forschende des Julius-Kühn Instituts (JKI) in Deutschland und des Institut National de Recherche Agronomique (INRA) in Frankreich. Ausserdem beteiligten sich weitere 15 Mitarbeitende von Agroscope an den Fallstudien zum Pflanzenschutz in den Kulturen Mais, Apfelanbau, Rebbau und Feldgemüse sowie an Projekten in Landschaftsökologie, Modellierung zur Prognose von Schadorganismen und Beiträge zu europäischen Datenbanken. Der folgende Beitrag gibt einen Einblick in ausgewählte Forschungsthemen, die von Agroscope im Rahmen von ENDURE bearbeitet wurden.

## Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien

Die Forschung zur Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzstrategien wurde von fünf Gruppen, unter der Leitung von Franz Bigler, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), wahrgenommen und deckten die Bereiche Ökonomie, Ökologie und Soziologie ab. In der folgenden Darstellung wird nur auf die ökonomischen und ökologischen Aspekte eingegangen.

In fünf Regionen Europas wurden vier Pflanzenschutzsysteme für Apfelproduktion definiert, welche die lokalen Gegebenheiten berücksichtigen und für unsere Beurteilung der Nachhaltigkeit sinnvoll sind. Die Forschungsgruppe «Fallstudie Apfel» lieferte den Rahmen für die Datenerhebung in Apfelkulturen in den folgenden Regionen: Bodensee Schweiz, Bodensee Deutschland, Ebro Tal, Spanien, Rhone Tal, Frankreich, Holland (ganzes Land). Obstbauexperten der fünf Regionen charakterisierten vier verschiedene Pflanzenschutzsysteme, die stark von Pestiziden abhängig sind bis zum innovativen System reichen, das weitgehend auf den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln verzichtet (Tab. 1).

**Ökonomische Beurteilung**

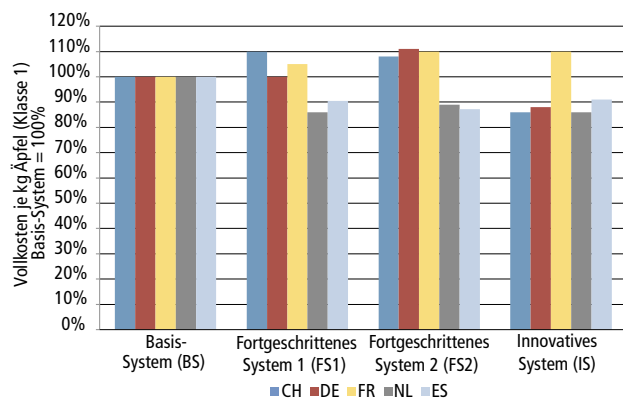
Die ökonomische Beurteilung erfolgte zum einen auf der Grundlage von Effizienzkriterien (Produktionskosten, Gewinn, Kapitalkosten, Verzinsung des eingesetzten Kapitals). Zum anderen wurde das Risiko eines Einkommensausfalls infolge eines Verzichts auf chemische Pflanzenschutzmassnahmen in die Bewertung mit einbezogen (Einkommensvariabilität, Wahrscheinlichkeit >

**Zusammenfassung**

Ende 2010 wurde das EU-Projekt ENDURE (European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies) abgeschlossen. Im vierjährigen Projekt wurde ein Kompetenzzentrum aufgebaut, mit dem langfristigen Ziel, als Anlaufstelle und Plattform für Fragen des nachhaltigen Pflanzenschutzes in der EU zu dienen. Agroscope war für das Teilprojekt zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzsystemen verantwortlich. Neben diesem Schwerpunkt haben sich Mitarbeitende von Agroscope in anderen Teilprojekten wie zum Beispiel in den Fallstudien für Pflanzenschutz von Mais, Apfelanbau, Rebbau, Feldgemüse sowie an Projekten in Landschaftsökologie, Modellierung zur Prognose von Schadorganismen und Beiträge zu europäischen Datenbanken beteiligt. Neben der Entwicklung neuer Methoden wurden als Fallbeispiel vier Pflanzenschutzsysteme im Apfelanbau in fünf Regionen Europas auf ihre Nachhaltigkeit untersucht. Für jede Region wurde ein Basissystem definiert, das die heute gängige Praxis widerspiegelt. Als Weiterentwicklung wurden für jede Region zwei fortgeschrittene und ein innovatives System definiert, bei denen synthetisch-chemische Pflanzenschutzmittel durch alternative Methoden schrittweise ersetzt werden. Die Resultate zeigen, wie und in welchem Umfang nicht-chemische Methoden zur Schonung der Umwelt beitragen können und ob sie auch wirtschaftlich vertretbar sind. In den Fallstudien Mais und Rebbau werden nicht-chemische Verfahren zur Bekämpfung von Schädlingen diskutiert und die Bedeutung verbesserter Prognoseverfahren am Beispiel des Falschen Mehltaus der Rebe dargestellt.

**Tab. 1 | Vier verschiedene Pflanzenschutzsysteme in der Apfelproduktion deren Nachhaltigkeit bewertet wurde.**

<b>Basis-System (BS)</b>	Schorfanfällige Sorten werden angenommen. Synthetisch-chemische Pestizide werden im Rahmen der «guten landwirtschaftlichen Praxis» eingesetzt. Empfehlungen für Resistenzmanagement und Massnahmen zum Schutz von Nützlingen werden angewendet.
<b>Fortgeschrittenes System 1 (FS1)</b>	Schorfresistente Sorten werden angenommen. Nicht-chemische Bekämpfungsmassnahmen werden bevorzugt. Die verwendeten alternativen Methoden sind zurzeit (Stand 2009) entwickelt und könnten in den nächsten fünf Jahren von der Praxis angewendet werden. Es werden nur Pestizide mit geringer Ökotoxizität angewendet. Die Installation von Hagelnetzen wird auf über der Hälfte der Fläche angenommen. Drift reduzierende Massnahmen werden auf 45 % der Flächen eingesetzt.
<b>Fortgeschrittenes System 2 (FS2)</b>	Schorfresistente Sorten werden angenommen. Nicht-chemische Bekämpfungsmassnahmen werden bevorzugt. Die verwendeten Methoden sind kurz vor der Markteinführung (Stand 2009) und werden von Pionieren angewendet. Es werden nur Pestizide mit geringer Ökotoxizität angewendet. Die Installation von Hagelnetzen wird grundsätzlich angenommen. Drift reduzierende Massnahmen werden auf 80 % der Flächen eingesetzt.
<b>Innovatives System (IS)</b>	Schorfresistente Sorten, die auch resistent sind gegen andere Krankheiten, werden angenommen. Ökotoxizität ist auf ein Minimum reduziert. Angenommene Pflanzenschutzverfahren sind zurzeit (2009) noch nicht auf dem Markt erhältlich und befinden sich noch in der Forschung. Die Installation von Hagelnetzen wird grundsätzlich angenommen. Neue Pestizide ohne Nebeneffekte auf Nichtzielorganismen werden angenommen. Drift reduzierende Massnahmen werden auf 100 % der Flächen eingesetzt.



**Abb. 1 | Vollkosten je kg Äpfel für vier Pflanzenschutzsysteme in fünf europäischen Regionen.**

eines Ertragsausfalls). Die Werte stellen einen mehrjährigen Durchschnitt dar. Die Kennziffern wurden mit dem von Agroscope Changins-Wädenswil ACW entwickelten Kalkulationssystem Arbocost berechnet.

Die Berechnungen zeigen, dass nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen vor allem dann zu einer Erhöhung der Produktionskosten und des Kapitalbedarfs führen, wenn diese mit einer Installation von Hagelnetzen einhergehen. Können diese Kostensteigerungen nicht durch höhere Naturalerträge oder Preise kompensiert werden, verschlechtert sich die Wettbewerbsfähigkeit. Damit wäre vor allem bei FS1 und FS2 in Deutschland, der Schweiz und Frankreich zu rechnen (Abb. 1). Spanische und niederländische Apfelbauexperten sind dagegen der Ansicht, dass bereits bei FS1 und FS2 die Wettbewerbsfähigkeit durch eine Verminderung der Bewässerungskosten beziehungsweise einer Erhöhung des Anteils der Äpfel in Klasse 1 erhöht werden kann. Bei IS geht die Mehrzahl der Expertinnen und Experten von der optimistischen Annahme aus, dass es in Zukunft möglich ist, auch ohne chemischen Pflanzenschutz hohe und stabile Naturalerträge zu erzielen. Verändert sich das heutige Preis-Kostenverhältnis nicht, wäre in den meisten Anbauländern dann mit einer deutlichen Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit zu rechnen. Die Ergebnisse zeigen ferner für alle Regionen sehr deutlich, dass das Risiko von Einkommensschwankungen, bedingt durch Ertragschwankungen mit dem Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel, eher zunimmt. Nur unter den Annahmen für die IS würde sich das Risiko von Ertragschwankungen auf das mit chemischen Pflanzenschutzmitteln erreichbare Niveau senken beziehungsweise deutlich reduzieren.

### Umweltrisiken von Pflanzenbehandlungsmitteln

Um den Einfluss neuer Pflanzenschutzstrategien auf die Umwelt zu prüfen und die Akzeptanz neuer Verfahren durch Landwirtinnen und Landwirte abschätzen zu

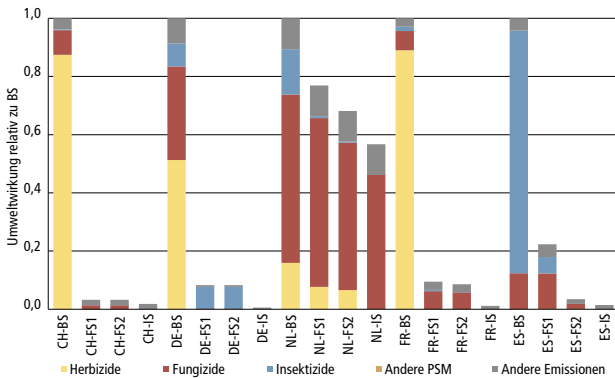
können, müssen mögliche Umweltrisiken im Zusammenhang mit den landschaftlichen Gegebenheiten der einzelnen Regionen beurteilt werden. Dazu wurde die GIS-basierte Risikoabschätzungsmethode SYNOPSIS (Modell zur synoptischen Bewertung des Risikopotentials chemischer Pflanzenschutzmittel (<http://www.oecd.org/dataoecd/32/16/GGTSPU-styx2.bba.de-20164-2259190-DAT/44806454.pdf>)) angewendet. Von den fünf oben erwähnten europäischen Regionen wurden die Bodenseeregion in Deutschland und der Schweiz und das Rhone Tal in Frankreich untersucht. Zusätzlich standen aus der Emilia-Romagna in Italien gute Daten zur Verfügung, so dass diese Region auch in die Untersuchung mit eingeschlossen wurde.

In einem ersten Schritt wurden aus den Regionen Daten über Landnutzung, Bodenbeschaffenheit, Hangneigung und Klima integriert. Diese Informationen wurden in einer Datenbank erfasst und mit den spezifischen Angaben zu den Pflanzenschutzstrategien aus den Regionen und der Ökotoxikologie der verwendeten Pestizide vernetzt. Die Berechnung der Umweltrisiken wurde einmal unter der Annahme vorgenommen, dass keine Abdrift reduzierenden Massnahmen eingesetzt wurden. Bei einer zweiten Berechnung wurden die Annahmen verändert, so dass Hagelnetze, Hecken und weitere Abdrift reduzierende Massnahmen miteinbezogen werden konnten. Die Resultate ergaben für die Schweiz, Deutschland und Frankreich bei der Anwendung Abdrift reduzierender Massnahmen eine Reduktion des Risikos für aquatische Ökosysteme um bis zu 83 %. Der Flächenanteil mit hohem Risikopotential kann dabei um bis zu 23 % reduziert werden.

Die Ergebnisse belegen die Bedeutung der Einhaltung und Durchsetzung von Massnahmen zur Reduktion der Abdrift in Obstanlagen. Eine flächendeckende Anwendung dieser Massnahmen würde die Belastung der aquatischen Ökosysteme durch Pflanzenschutzmittel erheblich verringern. Die Anwendung von FS und IS im Apfelbau, bei denen weniger und umweltfreundlichere Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, kann massgeblich zu einer Reduktion der Umweltrisiken beitragen.

### Ökobilanzen

Mit Ökobilanzen können Pflanzenschutzsysteme gemäss den Prinzipien der Lebenszyklusanalyse berechnet und analysiert werden. Für die Analysen wurde die von Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) entwickelte Methode SALCA (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment) verwendet (<http://www.agroscope.admin.ch/oekobilanzen/index.html?lang=de>). Zur Ermittlung der direkten Feldemissionen (z. B. Lachgas oder Nitrat) dienen die an der ART entwickelten Modelle. Die Wirkungsabschätzung erfolgte über die in der Ökobilan-



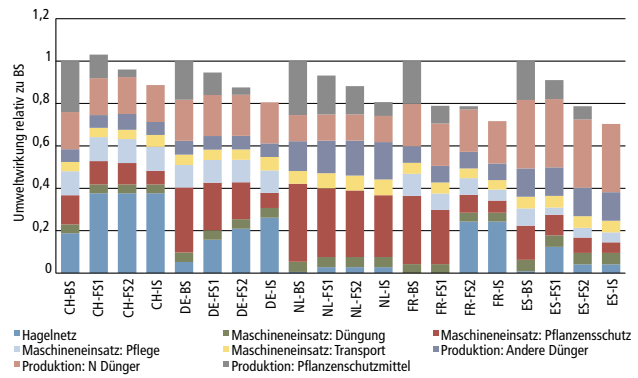
**Abb. 2 |** Aquatische Ökotoxikologie berechnet nach der Methode «Uses-LCA». Die Umweltwirkung ist relativ zum Basis System pro Region dargestellt. BS, FS1, FS2, IS: siehe Tab.1. CH: Schweiz, DE: Deutschland, NL: Holland, FR: Frankreich, ES: Spanien.

zierung gängigen Methoden, nämlich: Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien (Hischier *et al.* 2009), Treibhauseffekt über 100 Jahre (IPCC 2006), Eutrophierung (Hauschild & Wenzel 1998), Ökotoxizität (Huijbregts 2000) und Humantoxizität (Huijbregts 2000).

Exemplarisch werden in Abbildung 2 und 3 Resultate aus der Studie zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der Apfelproduktion gezeigt. Die Ökotoxizität, im Speziellen die aquatische Toxizität (Abb.2), wird sehr stark durch einzelne Wirkstoffgruppen bestimmt (z. B. Herbizide in der Schweiz, Deutschland und Frankreich, Fungizide in Holland und Insektizide hauptsächlich in Spanien). Die Systeme FS1, FS 2 und IS weisen eine deutlich geringere Toxizität auf als das System BS.

Da der Verzicht auf Herbizide eine mechanische Unkrautbekämpfung nötig macht, war zu erwarten, dass die FS und das IS einen höheren Einsatz an Energie benötigen. Die Ergebnisse der Studie zeigen jedoch, dass das System BS, mit einer Ausnahme (Bodensee Schweiz) in allen Regionen die höchste Umweltwirkung aufweist (Abb. 4). Der zusätzliche Aufwand für die mechanische Unkrautbekämpfung und ein höherer Anteil an Hagelnetzen in den FS und dem IS System, wird in allen Regionen mit oben genannter Ausnahme durch einen geringeren Aufwand im Bereich Pflanzenschutz (weniger Durchfahrten und weniger Wirkstoffmenge) mehr als kompensiert. Die Umweltwirkungen von FS und IS werden eher unterschätzt, da es an entsprechenden Ökoinventaren (für z. B. Verwirrungstechnik, Massenfang) fehlt. Allerdings ist die vom Energiebedarf her bei weitem wichtigste alternative Pflanzenschutzmethode, die Totaleinnetzung gegen Insekteneinflug, in der Studie berücksichtigt.

Die Ökobilanzierung zeigt, dass in allen Regionen ein Verbesserungspotential besteht. Innovative Systeme können nicht nur dazu beitragen, die Öko- und Humantoxizität zu senken, sondern ermöglichen es darüber



**Abb. 3 |** Verbrauch an nicht erneuerbaren Energien berechnet nach der Methode «Uses-LCA». Die Umweltwirkung ist relativ zum Basis System pro Region dargestellt. BS, FS1, FS2, IS: siehe Tab.1. CH: Schweiz, DE: Deutschland, NL: Holland, FR: Frankreich, ES: Spanien.

hinaus auch Fortschritte im Bereich der anderen Umweltkategorien zu erzielen.

**«SustainOS» eine neue Methodik für die Nachhaltigkeitsbewertung**

Die Resultate aus der oben beschriebenen ökonomischen Analyse, der Analyse der Umweltrisiken und der Ökobilanzierung wurden zu einer Nachhaltigkeitsbewertung zusammengefasst. Damit dies möglich wurde, musste zuerst ein methodischer Rahmen entwickelt werden, der die Nachhaltigkeitsbewertung mit den Analysemethoden verbindet. Zudem musste eine einheitliche Systembeschreibung der zu analysierenden Pflanzenschutzsysteme festgelegt werden, welche die unterschiedlichen regionalen Rahmenbedingungen abbildet. «SustainOS» nennen wir diese neue Methodik, wobei «Sustain» für Nachhaltigkeit und «OS» für Orchard Systems (Dauerkulturen, z.B. Apfel) steht. Für die Systembeschreibung hat sich als praktisch erwiesen, drei Arten von Parametern zu unterscheiden: i) Kontextparameter, die den Standort und den Zustand einer Obstanlage und die verwendete Infrastruktur, wie Art der Sprühgeräte oder Hagelschutz und Bewässerungssysteme beschreiben; ii) Zielparame- ter, welche die Erntemenge, Qualität und Preise über zehn Jahre beschreiben, aber auch das Niveau für die Nützlingsschonung und das Resistenzmanagement definieren; iii) Pflanzenschutzparameter, die pro Wirksubstanz Menge und Dosis festhalten und die eingesetzten alternativen Pflanzenschutzmethoden beschreiben, wie beispielsweise den Einsatz von Pheromonen oder die Totaleinnetzung einer Anlage. Obstbauexperten in den fünf Ländern unserer Studie haben auf diese Weise die vier Systeme (BS, FS1, FS2, IS) für ihre jeweilige Region definiert. Für die eigentliche Nachhaltigkeitsbewertung bietet «SustainOS» einen hierarchischen Kriterienbaum. Abbildung 4 zeigt den oberen Teil

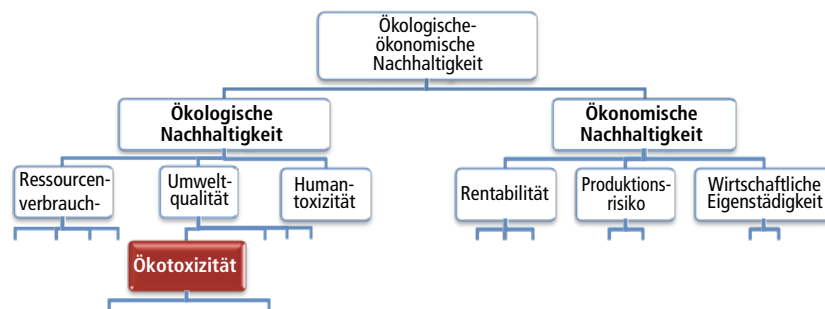


Abb. 4 | Obere Ebenen des Kriterienbaums für die Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit von Pflanzenschutzsystemen im Obstbau.

dieses Baumes, der insgesamt 33 Kriterien umfasst. Die Pflanzenschutzsysteme werden darin für jedes Kriterium bezüglich des BS des jeweiligen Landes auf einer fünfteiligen Skala gewertet. Startpunkt für die Bewertung im Kriterienbaum ist jeweils ganz unten in jeder Verzweigung. Die Innovation von «SustainOS» liegt darin, dass einzelne Massnahmen im Rahmen des ganzen Bündels von Massnahmen, die ein Pflanzenschutzsystem bilden, beurteilt werden. Diese Information ist weit mehr als eine Addition aller Toxizitätswerte. Die Relevanz von punktuellen Veränderungen auf die verschiedenen Nachhaltigkeitskriterien als Ganzes über einen mehrjährigen Horizont wird sichtbar. Dies fördert das Systemverständnis, was für eine kontinuierliche Entwicklung der Praxis der Integrierten Produktion grundlegend ist.

Die Anwendung von «SustainOS» auf die fünf Länder unsere Fallstudie zeigt, dass beide fortgeschrittene Systeme (F51, F52) in allen Ländern die ökologische Nachhaltigkeit relevant verbessern können. Wichtig ist zu sehen, dass im Detail regionsspezifisch unterschiedliche Massnahmen zu Verbesserungen führen. Regionale Unterschiede zeigen sich auch bei der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit. Während bei drei Ländern der erwähnte ökologische Vorteil mit einer schwächeren wirtschaftlichen Nachhaltigkeit bezahlt wird, zeichnet sich bei zwei Ländern ein ökonomischer und ökologischer Vorteil ab. Das innovative System (IS) zeigt für alle Länder eine relevant verbesserte Nachhaltigkeit bezüglich Umwelt und Wirtschaftlichkeit, allerdings nur, wenn sich die Hoffnungen auf zukünftige, multiresistente Sorten erfüllen werden.

Die Methodik «SustainOS» und Resultate aus der Apfelfallstudie werde in einem späteren Artikel in dieser Zeitschrift im Detail vorgestellt.

## Fallstudie Mais

Da Mais als eine der wichtigsten Kulturpflanzen in Europa gilt, wurden in einer Fallstudie die wirtschaftlich relevantesten Unkräuter, Schädlinge und Pilzkrankheiten

ermittelt, sowie der Pestizideinsatz erfasst. Ausserdem wurden Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz zusammengestellt und Hauptprobleme für die Umsetzung dieser Alternativen erörtert. Die detaillierten Ergebnisse sind in Meissle *et al.* (2010) dargestellt. Die Studie umfasste elf Regionen in Europa, für die Datenbanken, Publikationen und Angaben von lokalen Experten ausgewertet wurden (Abb. 5).

Die Zusammenstellung zeigt, dass in den meisten Gebieten Unkräuter, Schädlinge und Pilzkrankheiten erhebliche Verluste im Maisanbau verursachen. Gesamthaft wurden über 50 Unkrautarten als wirtschaftlich relevant eingestuft. Schädlinge sind vor allem der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) und der westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*) zu nennen. Bei den Pilzen verursachen vor allem *Fusarium*-Arten Probleme.

Unkräuter werden in allen untersuchten Regionen, mit Ausnahme von Südwest-Deutschland, auf mehr als 95 % der Maisfelder mit verschiedenen Herbiziden bekämpft, wobei oft mehrere Behandlungen vor und nach der Keimung erfolgen. Saatgutbeize mit Insektiziden oder Bodeninsektizide werden in vielen Regionen eingesetzt, vor allem gegen Drahtwürmer und Maiswurzelbohrerlarven. Spritzungen zur Bekämpfung von Maiszünslern und/oder adulten Maiswurzelbohrern werden vorwiegend aus Ungarn, Spanien, Polen und Südwest-Deutschland berichtet. In allen Regionen wird Saatgut mit Fungiziden gegen *Fusarium* und andere Pilzkrankheiten gebeizt. Details zum Auftreten und zur Bekämpfung von Schadorganismen in den elf Regionen sind in Meissle *et al.* (2010) zusammengefasst.

Eine Anzahl von Unkräutern und tierischen Schädlingen verursachen in den letzten Jahren vermehrt Probleme, was verdeutlicht, dass das Ziel in Europa, Pestizide zu reduzieren, nur schwer zu erreichen sein wird. Pestizide könnten eingespart werden durch die Sortenwahl, mitunter durch den Anbau von gentechnisch veränderten Sorten, Anbaumassnahmen, wie mehrjährige Frucht-

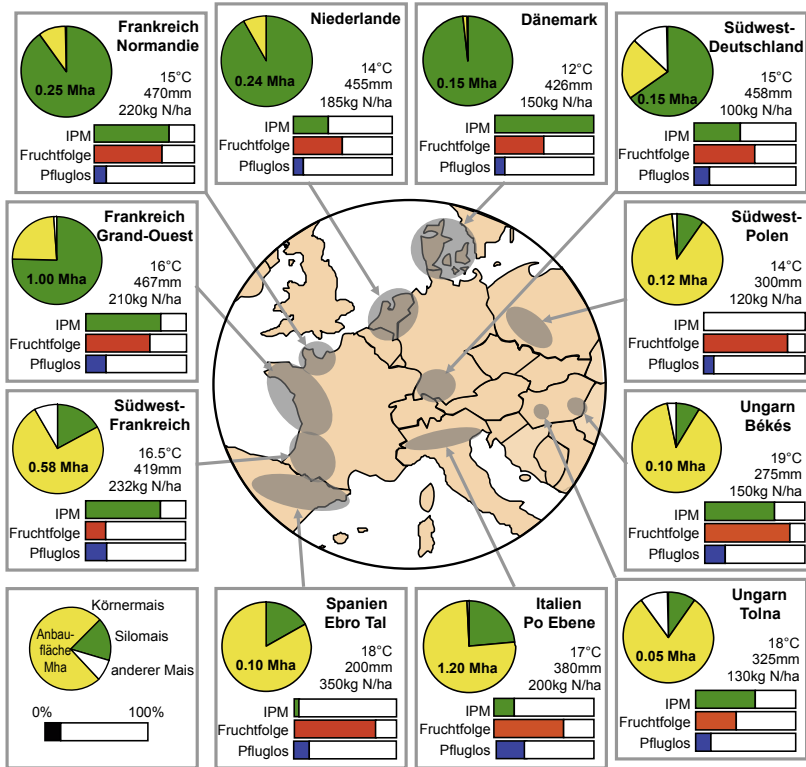


Abb. 5 | Maisanbau in 11 Europäischen Regionen: Kuchendiagramme: Maisproduktions-Typ. Zahlen in Diagrammen: Gesamte Maisanbaufläche in der Region (in Millionen Hektaren). Zahlen neben den Diagrammen: Durchschnittliche Temperatur und Niederschlag zwischen April und Oktober, sowie Düngung (Kunst- und Hofdünger) pro Jahr. Balkendiagramme: Prozent Maisfläche unter regionalen Richtlinien des Integrierten Pflanzenschutzes (IPM), die zwischen den Ländern sehr unterschiedlich sein können, Fruchtfolge (kein Mais nach Mais) und «pfluglos» (keine oder reduzierte Bodenbearbeitung). Angepasst von Meissle et al. (2010), *J. Appl. Entomol.* **134**, 357–375 (Blackwell Verlag GmbH).

folgen, biologische Schädlingsbekämpfung, wie *Trichogramma*-Schlupfwespen, und optimierte Spritztechnik. Fruchtwechsel wird je nach Region mit unterschiedlicher Ausprägung betrieben. So ist Mais auf mehr als 80 % der Anbaufläche in der Békés Region (Ungarn), in Südwest-Polen und im Ebro Tal (Spanien) ein Teil gut geplanter, oft mehrjähriger Fruchtfolgen, während es zum Beispiel im Südwesten Frankreichs und in der Po Ebene (Italien) am wirtschaftlichsten ist, Mais über Jahre hinweg im Daueranbau anzubauen (Abb. 5).

Das Fehlen von alternativen Pflanzenschutzverfahren, die Struktur und Organisation der Betriebe und die Ausbildung der Landwirte sind wesentliche Gründe, warum sich umweltfreundliche Pflanzenschutzmethoden bei Mais vorläufig nicht in der Praxis in grossem Umfang durchsetzen werden, um chemische Pflanzenschutzmittel ohne finanzielle Einbussen zu ersetzen.

Weitere Ergebnisse der Mais-Fallstudie sind drei Broschüren zum Pflanzenschutz im Mais, die unter ([http://www.endure-network.eu/endure\\_publications/endure\\_publications2](http://www.endure-network.eu/endure_publications/endure_publications2)) erhältlich sind.

### Fallstudie Weinbau

In der Fallstudie Weinbau wurde der Pestizidverbrauch im Weinbau in fünf europäischen Ländern untersucht. Die gängige Praxis und die Verfügbarkeit von Daten

zum aktuellen Pflanzenschutzmittel-Verbrauch wurden dokumentiert. Diese Daten dienen als Grundlage für eine Bewertung des Potenzials innovativer Pflanzenschutzstrategien, die zu einer Reduktion des Pestizideinsatzes führen könnten. Die Fallstudie analysierte die Probleme, die sich bei der Einführung von alternativen Pflanzenschutzverfahren stellen, und sie suchte nach Lösungen, um die Akzeptanz innovativer Verfahren in der Praxis zu steigern. Fünf thematische Schwerpunkte wurden ausgewählt und in den teilnehmenden Ländern untersucht: Bodenbegrünung, Verwirrungstechnik, biologische Verfahren mit dem Einsatz von Organismen, Prognosemodelle für die verbesserte Bekämpfung von Pilzkrankheiten und der Anbau resistenter Sorten. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es für alle Bereiche bereits innovative Methoden und Werkzeuge gibt, die in einzelnen Ländern auch punktuell eingesetzt werden. Die Schwierigkeiten bei der Einführung dieser innovativen Methoden liegen vor allem an der vorsichtigen Zurückhaltung der Winzerinnen und Winzer für neue Verfahren, bei der mangelnden Schulung für neue Methoden, bei der generellen Ablehnung technischer Innovation, bei den Schwierigkeiten zur Anpassung an die lokale Anbaupraxis, den rechtlichen und strukturellen Hindernissen und den meist höheren Kosten der neuen Methoden. Erfreulich ist aber, dass zum Beispiel die Krankheitsmodellierung als Entscheidungshilfe für

die Strategie des Fungizideinsatzes in allen Ländern immer weiter verbreitet und optimiert wird. Das Modell VitiMeteo-Plasmopara wurde gemeinsam vom Weinbauinstitut Freiburg in Breisgau und Agroscope Changins-Wädenswil ACW entwickelt, und heute wird es in der Schweiz und in Deutschland angewendet, um den Einsatz der Fungizide gegen den Falschen Mehltau zu optimieren. Die Ergebnisse sind für Winzerinnen und Winzer frei auf dem Internet verfügbar ([www.agrometeo.ch](http://www.agrometeo.ch)). Sehr wichtig für den Erfolg solcher Modelle ist nicht nur die Genauigkeit sondern auch die ständige Anpassung des Modells, die Schulung der Winzerinnen und Winzer sowie die einfache Darstellung und der kostenlose Zugang zum Modell.

In allen weiteren untersuchten Bereichen gibt es heute innovative Methoden, die schon jetzt oder in naher Zukunft zu einer wesentlichen Reduktion von Pflanzenschutzmitteln führen könnten. Der Erfahrungsaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen europäischen Ländern könnte eine beschleunigende Funktion bei der Umsetzung dieser Innovationen spielen.

## Schlussbetrachtungen

Mehr als 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Beraterinnen und Berater aus Europa haben während der letzten vier Jahre zusammengearbeitet und gemeinsam versucht, bestehendes Wissen und Methoden des Pflanzenschutzes zusammenzutragen und mit neuen Ideen zukunftsweisende Pflanzenschutzstrategien zu entwickeln. Es ist selbstverständlich, dass ein so ambitioniertes Unterfangen nicht alle gesetzten Ziele erreichen kann. Sicher sind jedoch wichtige Teilziele erreicht worden und die Idee des Integrierten Pflanzenschutzes hat in Europa durch das Projekt starken Aufwind erhalten. Es wurde deutlich, dass Innovationen nur über den Weg des Integrierten Pflanzenschutzes Eingang in die Beratung und Praxis finden können. Eines der Hauptziele von ENDURE, Vorschläge zur Verminderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in den einzelnen Kulturen zu entwickeln, wurde jedoch nur in Ansätzen erreicht. Zwar wurden in einigen Kulturen alternative Bekämpfungsverfahren für innovative Strategien vorgeschlagen, der Umsetzungserfolg ist jedoch vorläufig ungewiss.

ENDURE hat dazu beigetragen, dass der Integrierte Pflanzenschutz als Standard für alle EU-Mitgliederländer ab Januar 2014 gültig ist und dass alle Landwirtinnen und Landwirte die vorgeschriebenen Massnahmen umsetzen müssen. Dank ENDURE wurde Wissen zum Integrierten Pflanzenschutz – auch teilweise altes Wissen – neu aufgearbeitet und zusammen mit neuen Methoden zu innovativen Verfahren ausgearbeitet. Es

ist zu hoffen, dass dadurch der Mut zu Neuem in der Beratung und in der Praxis unterstützt wird.

Gegenwärtig wird versucht, die Idee der EU umzusetzen und ENDURE als Exzellenzzentrum für den europäischen Pflanzenschutz zu etablieren. Als Nachfolgeorganisation von ENDURE wurde die ENDURE-ERG (European Research Group) ins Leben gerufen, mit dem Ziel, das Netzwerk zu stabilisieren und langfristig eine Anlaufstelle für Pflanzenschutz zu bilden, bei der die EU und andere interessierte Kreise Informationen abrufen können. Bereits haben eine Anzahl Institutionen, die den europäischen Pflanzenschutz in Forschung und Beratung mitprägen, die Mitgliedschaft zugesichert. Für die Schweiz hat Agroscope Changins-Wädenswil ACW als verantwortlicher Partner die Zusammenarbeit zugesichert. Die Zukunft wird zeigen, wie schnell und in welcher Form sich diese Nachfolgeorganisation von ENDURE in den nächsten Jahren entwickeln wird. Es ist zu hoffen, dass sich daraus ein langfristiges Kompetenzzentrum bilden kann und so die Früchte von ENDURE auch später noch im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes geerntet werden können.

Was hat ENDURE für die Schweiz und im Speziellen für Agroscope gebracht? Neben der Finanzierung von Forschungsprojekten, die in enger Zusammenarbeit mit ausländischen Institutionen erfolgten, hat das Netzwerk Möglichkeiten geboten, innovative Lösungen, die in der Schweiz entwickelt wurden, im europäischen Ausland bekannter zu machen und Wege zur Umsetzung aufzuzeigen. Im Gegenzug haben Forschende aus der Schweiz den Einblick in den Pflanzenschutz im Ausland vertiefen können und damit neue Ideen mitgenommen. Dieser Austausch wurde durch die speziellen Programme gefördert und hat vor allem jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern neue Einblicke und Erfahrungen ermöglicht. Die Forschungsgelder haben auch dazu beigetragen, einzelne Methoden und Verfahren weiterzuentwickeln und zu verbessern, was dem Pflanzenschutz in der Schweiz direkt zugute kommt. Schliesslich haben um die 25 Wissenschaftlerinnen und -schaffler aus der Schweiz, vor allem von Agroscope, ihre Beziehungen zu ausländischen Partnern aufbauen oder vertiefen können, um dazu beizutragen, die Schweiz verstärkt in ein europäisches Netzwerk einzubinden.

Weitere Informationen zu ENDURE finden Sie unter <http://www.endure-network.eu> ■

ENDURE wurde im Rahmen des 6. Forschungsprogramms der EU durchgeführt und durch entsprechende finanzielle Mittel gefördert.

**Riassunto****ENDURE – una rete per l'impiego sostenibile delle strategie fitosanitarie in Europa**

A fine 2010 si è concluso il progetto europeo ENDURE (European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies). Nell'ambito di questo progetto quadriennale è stato creato un centro di competenza con l'obiettivo di renderlo a lungo termine un punto di riferimento e una piattaforma per le questioni inerenti all'impiego sostenibile delle strategie fitosanitarie nell'UE. Agroscope era responsabile del sottoprogetto sulla valutazione della sostenibilità dei sistemi fitosanitari. I collaboratori di Agroscope hanno preso parte anche ad altri sottoprogetti, ad esempio a studi di casi incentrati sulla protezione delle colture di mais, di mele, di vite, di ortaggi in pieno campo nonché a progetti in ambito di ecologia del paesaggio, modellizzazione per la diagnosi di organismi nocivi e a contributi alle banche dati europee. Oltre allo sviluppo di nuovi metodi, sono stati presi da esempio quattro sistemi fitosanitari per le colture di mele in cinque regioni d'Europa, analizzandone la sostenibilità. Per ogni regione è stato definito un sistema di base che rispecchia la prassi attuale. Per tracciarne l'evoluzione, sono stati poi definiti due sistemi avanzati e uno innovativo, nei quali i prodotti fitosanitari chimici di sintesi sono stati sostituiti in parte da metodi alternativi. I risultati mostrano come e in quale misura i metodi non chimici possono contribuire a rispettare l'ambiente e se sono anche economicamente sostenibili. Negli studi di casi sul mais e sulla vite sono stati esaminati i processi non chimici per la lotta agli organismi nocivi, illustrando la valenza di una migliore procedura diagnostica nel caso, ad esempio, della peronospora.

**Literatur**

- Hauschild M.Z., & Wenzel H., 1998. Environmental assessment of products. Vol. 2: Scientific background. Chapman & Hall, London. 565 S.
- Hirschler R., Weidema B., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Frischknecht R., Hellweg S., Humbert S., Jungbluth N., Köllner T., Loe- rinick Y., Margni M.M. & Nemecek T., 2009. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, Ecoinvent, Datav 2.1, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Ecoinvent Report. 153 S.
- Huijbregts M.A.J., Thissen U., Guinée J.B., Jager T., Kalf D., van de Meent D., Ragas A.M.J., Wegener Sleeswijk A. & Reijnders L., 2000. Priority assessment of toxic substances in life cycle assessment. Part I: Calculation of toxicity potentials for 181 substances with nested multi-media fate. Exposure and effects model USES-LCA. *Chemosphere* 41, 541–573.

**Summary****ENDURE – a European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies**

The EU ENDURE Project (European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies) was concluded at the end of 2010. The four-year project saw the development of a centre of excellence with the long-term objective to serve as a point of reference and platform for sustainable plant protection in the EU. Agroscope was responsible for the subproject to assess the sustainability of plant protection systems. In addition to this main focus, Agroscope staff participated in other sub-projects such as the case studies for maize, apple orchard, vineyard and field vegetables as well as in projects on landscape ecology, modelling of pests and diseases, and contributions to European data-bases. Besides the development of new control methods, the sustainability of four plant protection systems in five European apple growing regions was investigated as a case study. A basic system reflecting today's current practice was defined for each region. Further, two advanced and one innovative system were defined for each region, replacing pesticides to some degree with alternative methods. The results show how and to what extent non-chemical methods can contribute to the protection of the environment and whether they are economically feasible. Non-chemical methods of pest, disease and weed control are discussed in the maize and vineyard case studies, and the significance of improved forecasting methods using the example of downy mildew is presented.

**Key words:** European Union Project, network of excellence, durability, orchard systems, apple pests, maize pests.

- IPCC, 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: Agriculture, forestry and other land use. Kanagawa, Simon Eggleston, H.S., Buenida L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published by IGES, Japan. 556 S.
- Meissle M., Mouron P., Musa T., Bigler F., Pons X., Vasileiadis V. P., Otto S., Antichi D., Kiss J., Pálincas Z., Dorner Z., van der Weide R., Groten J., Czembor E., Adamczyk J., Thibord J.-B., Melander B., Cordsen Nielsen G., Poulsen R. T., Zimmermann O., Verschwele A., & Oldenburg E., 2010. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J. Appl. Entomol.* 134, 357–375.
- Musa T., Gaillard G., Hayer F., Kägi T., Klaus I., Mack G., Hernandez-Rivera J., Patocchi A., Koller T., Samietz J., Bigler F., 2008. ENDURE – ein europäisches Netzwerk für den Pflanzenschutz. *Agrarforschung* 15 (6), 294–296.