



Der bittere Beigeschmack der europäischen Apfelproduktion

Wie ökologische Lösungen wachsen können



Juni 2015

GREENPEACE

Einleitung: Der bittere Beigeschmack der europäischen Apfelproduktion – und wie ökologische Lösungen aussehen

Die Produktion von Äpfeln und anderem Obst ist einer der chemieintensivsten Sektoren der europäischen Landwirtschaft. Gleichzeitig ist die Apfelproduktion ein enorm wichtiger Sektor: Europa führt weltweit im Anbau und darüber hinaus werden hier auch die meisten Äpfel konsumiert – der Apfel ist die beliebteste Obstsorte der EU-27. Es bleibt nicht ohne Folgen, dass wir unsere Nahrungsmittel in einem Agrarsystem produzieren, das in hohem Maße von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln abhängig ist. So sind die Auswirkungen der industriellen Landwirtschaft weitreichend: von verseuchten Böden und kontaminiertem Wasser bis hin zu den Folgen für Bienen und andere Nützlinge ebenso wie für Landwirte, ihre Familien und die Verbraucher. Die zunehmende Sorge über den massiven Einsatz von Pestiziden in Europa geht einher mit einer immer größeren Notwendigkeit, ökologische Lösungen zu finden.

Einerseits zeigt dieser Report daher die toxische Belastung durch die industrielle Apfelproduktion in Europa, andererseits präsentiert er eine Auswahl vorhandener Lösungen. Diese werden bereits europaweit von ökologischen Landwirten eingesetzt, um die Ernte zu schützen, ohne dabei chemisch-synthetische Pestizide zu verwenden.

Der erste Teil „Eine Pestizidanalyse von Proben aus europäischen Apfelplantagen“, enthält umfassende Testergebnisse aus Boden- und Wasserproben, die in Apfelplantagen in zwölf europäischen Ländern entnommen wurden. In den insgesamt 85 entnommenen Proben wurden 53 verschiedene Pestizide gefunden, wobei 75 Prozent aller Proben (Boden: 78 Prozent, Wasser: 72 Prozent) Rückstände von mindestens einem dieser Pestizide enthielten. 70 Prozent der identifizierten Pestizide haben eine sehr hohe Gesamtoxizität für Menschen und wildlebende Tiere. Die Testergebnisse belegen, dass bei der Produktion von Äpfeln mehrere Chemikalien eingesetzt werden, die nach dem Einsatz im Boden verbleiben und das Ökosystem verseuchen. Die Proben stellen eine Momentaufnahme der Situation zu Beginn der Blüte dar. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass ein komplexes Spektrum an Pestiziden in den Böden und Gewässern in der Nähe europäischer Apfelplantagen gefunden wurde.

Die am häufigsten im Boden gefundenen Pestizide waren das Fungizid Boscalid (38 Prozent der Proben) mit Konzentrationen von bis zu 3,6 mg/kg, DDT (26 Prozent der Proben) mit bis zu 0,4 mg/kg und Chlorpyrifos-ethyl mit bis zu 0,26 mg/kg. Die häufigsten Pestizide im Wasser waren ebenfalls Boscalid (40 Prozent, bis zu 23 µg/l) sowie Chlorantraniliprole (40 Prozent, bis zu 2 µg/l). Alle vier Pestizide haben eine sehr hohe Gesamtoxizität.

Die größte Zahl an Pestiziden im Boden wurde in Italien ermittelt (18 Pestizide in drei Proben), gefolgt von Belgien (15 Pestizide in drei Proben) und Frankreich (13 Pestizide in sechs Proben). In den Wasserproben

wurden die größten Mengen in Polen (13 Pestizide in drei Proben) festgestellt, gefolgt von der Slowakei (zwölf Pestizide in drei Proben) und Italien (zehn Pestizide in zwei Proben). Von den 38 in den Wasserproben festgestellten Pestiziden verfügen acht über eine sehr hohe Toxizität gegenüber Wasserorganismen. Ein Pestizid, das in den Bodenproben festgestellt wurde, hat eine sehr hohe Toxizität für Regenwürmer, während acht der in allen Proben gefundenen Pestizide über eine sehr hohe Toxizität für Bienen verfügen. 20 der ermittelten Pestizide sind sehr schwer abbaubar, während fünf der im Boden gefundenen Pestizide ein hohes Auswaschpotenzial haben. Diese umweltkritischen Eigenschaften erhöhen die Gefahr, die von toxischen Pestiziden ausgeht.

Sieben der festgestellten Pestizide sind derzeit nicht in der EU zugelassen und dürfen nur mit Sondergenehmigung der jeweiligen Mitgliedstaaten eingesetzt werden. Diese Rückstände sind möglicherweise auf den Einsatz der Pestizide in der Vergangenheit zurückzuführen, obwohl sie im Fall von Carbenfentazin auch aus dem Abbau anderer aktiver Substanzen resultieren könnten. Fünf Proben überschreiten die durchschnittlichen Umweltqualitätsnormen für prioritäre wassergefährdende Stoffe der EU-Wasserrahmenrichtlinie, zwei von ihnen übersteigen sogar den maximalen Standard (Chlorpyrifos-ethyl aus Italien).

Die Pestizidcocktails, die im Wasser und in den Böden in Apfelplantagen in ganz Europa entdeckt wurden, machen das Ausmaß des Problems überdeutlich. Das Problem der Abhängigkeit von chemisch-synthetischen Pestiziden in der europäischen Apfelproduktion muss unverzüglich und gründlich gelöst werden, die ökologische Schädlingskontrolle und die Alternativen zum Einsatz von Chemikalien müssen ausgebaut und umgehend eingesetzt werden.

Der zweite Teil dieses Reports „Ökologische Schädlingsbekämpfung und alternative Methoden zur Kontrolle der wichtigsten Apfelschädlinge und -krankheiten“ zeigt eine Reihe ökologischer Lösungen für den Apfelanbau und ihre praktische Umsetzung. Der Report analysiert verschiedene Ansätze, um den Bedarf an chemischen Pestiziden zu reduzieren. Die Stabilität des Agrarökosystems ist der wichtigste Faktor, um die Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge in der ökologischen Apfelproduktion zu erhöhen und Nutzorganismen zu fördern und zu schützen. Düngung, Bodenmanagement, Zwischenfrüchte (bzw. Untersaaten) und Beschnitt verbessern das Wachstum sowie den Nährstoffstatus der Apfelbäume und reduzieren direkt und indirekt die Anfälligkeit des Baums beziehungsweise der Früchte gegenüber Krankheiten. Ein stabiles Agrarökosystem unterstützt natürliche Feinde wie räuberische Wespen, indem es die Verfügbarkeit von Pollen und Nektar verbessert. Der Schutz und die Förderung natürlicher Feinde spielen eine Schlüsselrolle bei der Bekämpfung von Schädlingen wie der Obstbaumspinnmilbe.

Auch die Überwachung verdient verstärkte Aufmerksamkeit, da die Krankheitserreger von Umweltbedingungen, insbesondere dem Wetter, abhängen. Damit zeitnah auf Krankheiten reagiert werden kann, müssen Temperatur, Feuchtigkeit und andere Wettervorhersagen berücksichtigt werden. Smart-Breeding-Techniken produzieren Zuchtsorten, die resistent gegenüber spezifischen Krankheiten wie Apfelschorf sind. Werden diese intelligenten Züchtungsmethoden in einem stabilen Ökosystem eingesetzt, so liefern sie den Erzeugern gesündere, widerstandsfähigere Pflanzen und reduzieren so den Bedarf an chemischen Eingriffen. Weitere wichtige Themen dieses Kapitels sind die natürlichen Räuber, die die Schädlinge unter Kontrolle halten, sowie Begleitpflanzen, die die Bodengesundheit unterstützen, nützliche Insekten anziehen und Schädlinge abwehren. Agroforstwirtschaft kombiniert mit Mischkulturen hat sich ebenfalls als wirksam erwiesen, um den Schädlingsbefall im Apfelanbau zu verringern.

Der Report beschreibt präventive Schutzmaßnahmen und präsentiert überdies die ökologischen Management-Instrumente, die bei bestimmten Schädlingen und Krankheiten eingesetzt werden können: ein Beispiel ist die Kontrolle des Apfelwicklers durch die Verwirrmethode (Paarungsstörung durch Pheromone). Ein weiteres Beispiel ist der Granulosevirus, der von Biobauern erfolgreich genutzt wird, etwa bei Raupenbefall. Schachtelhalmextrakt kann indes die natürlichen Abwehrkräfte von Apfelbäumen stimulieren.

Das letzte Kapitel schildert die Erkenntnisse eines Bio-Apfelproduzenten, der auf 30 Jahre Erfahrung zurückblickt. Zugleich belegt es die Praxistauglichkeit der zuvor im Report beschriebenen Methoden. Der ökologische Apfelanbau bietet moderne Lösungen, um gesundes, schmackhaftes Obst zu produzieren, ohne unsere Böden oder unser Wasser zu verseuchen.

Die Probleme verseuchter Böden und Gewässer in der europäischen Apfelproduktion, die dieser Report offenlegt, sowie die große Bandbreite bereits existierender, vielversprechender Lösungen, die die ökologischen Anbaumethoden liefern, machen deutlich, wie dringend nötig es ist, die ökologische Landwirtschaft zu fördern und auszubauen.

Greenpeace fordert die EU-Mitgliedsstaaten daher nachdrücklich auf, im ersten Schritt:

- **den Einsatz chemisch-synthetischer Pestizide stufenweise zu reduzieren.** Priorität sollte hier das Verbot von Pestiziden haben mit karzinogenen Eigenschaften, die erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend sind und das Hormonsystem stören (EDCs), sowie von Pestiziden mit neurotoxischen Eigenschaften;
- **die weitere Forschung und Entwicklung nicht-chemischer Alternativen für die Schädlingsbekämpfung zu unterstützen und auszubauen. Das Gewicht sollte hier insbesondere auf ökologischen Anbaumethoden liegen.**

Die ökologische Landwirtschaft kombiniert ein Verständnis von natürlichen Vorgängen mit neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Ökologisch wirtschaftende Landwirte wenden dies tagtäglich an. Dieses Nahrungs- und Landwirtschaftssystem basiert auf den Prinzipien der Agrarökologie, schützt die Biodiversität, gewährleistet Bodengesundheit und sauberes Wasser, setzt die ökologische Schädlingsbekämpfung um und verbessert die Widerstandsfähigkeit des Ernährungssystems. Damit gibt es den Menschen und nicht Konzernen die Kontrolle über die Nahrungsmittel – und unterstützt zudem die Landwirte und ländliche Gemeinschaften.

1. http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Fresh%20Deciduous%20Fruit%20Annual_Vienna_EU-27_10-28-2011.pdf

Inhalt

Teil 1: Der bittere Beigeschmack der europäischen Apfelproduktion

Einleitung	2
Executive Summary (Deutsch)	5
Executive Summary (Englisch)	8
Testing (Englisch)	11
Materials & Methods	11
Results	15
Discussion	23
Annex	30

Teil 2: Wie ökologische Lösungen wachsen können

Einleitung	36
Smart Breeding	38
Ökologische Techniken	41
Die Sicht des Bio-Apfelbauern	47
Literaturverzeichnis	56

Der bittere Beigeschmack der europäischen Apfelproduktion – eine Pestizidanalyse von Proben aus europäischen Apfelplantagen



01

Zusammenfassung

Executive Summary

Im April 2015 ließ Greenpeace 49 Bodenproben aus konventionell bewirtschafteten Apfelplantagen in 12 europäischen Ländern analysieren. Darüber hinaus untersuchte Greenpeace 36 Wasserproben aus dem Bereich innerhalb und in der Umgebung dieser Plantagen. Die insgesamt 85 entnommenen Proben wiesen 53 verschiedene Pestizide auf. 78 Prozent der Bodenproben und 72 Prozent der Wasserproben enthielten Rückstände von mindestens einem Pestizid. 70 Prozent der nachgewiesenen Pestizide weisen gemäß der von Greenpeace Deutschland publizierten „Schwarzen Liste der Pestizide“ eine sehr hohe Gesamttoxizität gegenüber dem Menschen und/oder der Umwelt auf.

Die entnommenen Proben liefern eine Momentaufnahme der Situation am Anfang der Blütephase. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass in den Böden europäischer Apfelplantagen sowie in den Gewässern innerhalb und in der Umgebung dieser Plantagen ein komplexes Spektrum an Pestiziden nachgewiesen werden kann. Auch wenn sich die genaue Herkunft der nachgewiesenen Pestizide nicht feststellen lässt, scheint deren direkte – historische oder aktuelle – Nutzung auf den Plantagen, aus denen die Proben entnommen wurden, die wahrscheinlichste Erklärung für die meisten der nachgewiesenen Wirkstoffe zu sein. Einige dieser Wirkstoffe entstehen möglicherweise als Abbauprodukte anderer Pestizide. Diese Kontaminationen können sich in weiterer Folge in der Umwelt ausbreiten.

Die Anzahl der nachgewiesenen Pestizide reichte in den Bodenproben von 0 (11 Proben) bis 13 (2 Proben) und in den Wasserproben von 0 (10 Proben) bis 12 (1 Probe). Über die Hälfte der Boden- und Wasserproben (56 %) enthielt mindestens 2 Pestizide und in 5 Proben wurden 10 oder mehr Pestizide gefunden.

Die am häufigsten in den Bodenproben gefundenen Pestizide waren das Fungizid Boscalid (38 % der Proben) mit Konzentrationen von bis zu 3,6 mg/kg, DDT – in Form von DDE und DDD – (26 % der Proben) mit bis zu 0,4 mg/kg sowie Chlorpyrifos-ethyl (20 % der Proben) mit bis zu 0,26 mg/kg. Die am häufigsten in den Wasserproben nachgewiesenen Pestizide waren Boscalid (40 %, bis zu 23 µg/l) und Chlorantraniliprol (40 %, bis zu 2 µg/l). Alle 4 der genannten Pestizide weisen eine sehr hohe Gesamttoxizität auf.

Auf die einzelnen Länder bezogen fand Greenpeace die größte Anzahl an Pestiziden im Boden in den Proben aus Italien (insgesamt 18 Pestizide in 3 Proben), gefolgt von Belgien (insgesamt 15 Pestizide in 3 Proben) und Frankreich (insgesamt 13 Pestizide in 6 Proben). In den Wasserproben wurde die größte Anzahl an Pestiziden in Polen nachgewiesen (insgesamt 13 Pestizide in 3 Proben), gefolgt von der Slowakei (insgesamt 12 Pestizide in 3 Proben) und Italien (insgesamt 10 Pestizide in 2 Proben).

Von den 38 in den Wasserproben gefundenen Pestiziden weisen 8 eine bekannt sehr hohe Toxizität gegenüber Wasserorganismen auf. Ein in den Bodenproben gefundenes Pestizid weist eine sehr hohe Toxizität gegenüber Regenwürmern auf. 8 der in den Boden- und Wasserproben gefundenen Pestizide gelten als hochgiftig für Bienen.

20 der nachgewiesenen Pestizide gelten als sehr persistent und 5 der in den Bodenproben gefundenen Pestizide haben ein hohes Auswaschungspotenzial. Diese umweltkritischen Eigenschaften können die Bedrohung, die von diesen giftigen Pestiziden ausgeht, noch weiter steigern.

7 der nachgewiesenen Pestizide sind derzeit in der EU nicht zur Anwendung zugelassen und dürfen in einzelnen Mitgliedsstaaten nur mit Sondergenehmigung verwendet werden. Rückstände von diesen Pestiziden sind möglicherweise aufgrund ihrer historischen Nutzung vorhanden. Im Fall von Carbendazim könnten die Rückstände auch auf den Abbau anderer Wirkstoffe wie etwa Thiophanat-methyl zurückzuführen sein, welches in der EU zur Anwendung zugelassen ist.

In 5 Proben überstiegen die nachgewiesenen Konzentrationen an bestimmten Pestiziden die nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie vorgeschriebenen Umweltqualitätsnormen (Jahresdurchschnitt, JD-UQN) für prioritäre wassergefährdende Stoffe. In 2 Proben, die beide aus Italien stammten, wurde die Umweltqualitätsnorm (zulässige Höchstkonzentration, ZHK-UQN) für Chlorpyrifos-ethyl überschritten.

Die wissenschaftliche Literatur beschreibt für mindestens 5 der nachgewiesenen Pestizide Kombinationseffekte bei gemeinsamem Auftreten mit anderen Pestiziden; diese spezifischen Pestizidkombinationen wurden im Rahmen dieser Studie jedoch nicht nachgewiesen.

Empfehlungen

- 1** Die Behörden der Mitgliedsstaaten müssen für ihre jeweiligen Zuständigkeitsbereiche dringend untersuchen und prüfen, welche Wirkstoffe in welchen landwirtschaftlichen Bereichen zur Anwendung kommen. Eine Aufzeichnung und Berichterstattung darüber ist ebenfalls dringend erforderlich.
- 2** Im Rahmen des Untersuchungs- und Prüfprozesses muss besonderes Augenmerk auf Wirkstoffe gelegt werden, die dem Anschein nach zum Einsatz kommen, aber nicht genehmigt sind; in weiterer Folge sollten gegebenenfalls rechtliche Schritte eingeleitet werden.
- 3** Es besteht die Notwendigkeit, ein EU-weites systematisches Programm für die Überblicksüberwachung einzuführen. Damit soll ein Bestand an Grunddaten geschaffen werden, die zur Beurteilung räumlicher Muster von Umweltbelastungen herangezogen werden können. Außerdem kann anhand dieser Daten beurteilt werden, ob bestimmte landwirtschaftliche Tätigkeiten besonders mit der Pestizidbelastung in Zusammenhang stehen.
- 4** Forschungsaktivitäten sollten intensiviert werden, die auf ein besseres Verständnis des Umweltverhaltens und der toxikologischen Auswirkungen von Pestizidgemischen ausgerichtet sind.
- 5** Es müssen politische Maßnahmen entwickelt werden, die zum Ziel haben, den Einsatz chemisch-synthetischer Pestizide zu reduzieren und schließlich ganz aufzugeben. Dies wird durch die Einführung und Nutzung ökologischer Anbausysteme ermöglicht.



Summary

Executive summary

A total of 49 soil samples were collected from conventionally managed apple orchards in 12 European countries during April 2015, along with 36 water samples collected either within or adjacent to apple orchards, and analyzed for pesticide residues. Across the entire set of the 85 samples taken, a total of 53 different pesticides were found, with 78% of the soil samples and 72% of the water samples containing residues of at least one of these pesticides. 70% of the pesticides identified are ranked in the Greenpeace Germany Blacklist as having very high overall toxicity either to humans, to wildlife or to both.

The samples represent a “snapshot” of the situation at the start of blossoming. The results show that a complex array of pesticides can be detected in soils and waters associated with apple orchards in Europe. Although the precise origin of these pesticides cannot be determined, their direct use (either historic or recent) in the orchards in which the samples were collected seems the most likely explanation for most of the active ingredients identified, with some possibly arising as partial break-down products of other pesticides. In turn, these contaminants can then enter the wider environment.

The number of pesticides detected in the soil samples ranged from 0 (11 samples) to 13 (2 samples) and in the water samples from 0 (10 samples) to 12 (1 sample). More than half of the soil and water samples combined (56%) had at least 2 pesticides and in 5 samples, 10 or more pesticides were found.

The most frequently found pesticides in soil were the fungicide boscalid (38 % of samples) with concentrations up to 3.6 mg/kg, DDT, as DDE and DDD (26 % of samples) at up to 0.4 mg/kg and chlorpyrifos-ethyl (20% of samples) at up to 0.26 mg/kg. The most frequently detected pesticides in the water samples were boscalid (40%, up to 23 µg/l) and chlorantraniliprole (40%, up to 2 µg/l). All 4 of these pesticides have a very high overall toxicity scores.

Considered by country, the highest numbers of pesticides in soil were detected in the samples from Italy (18 pesticides in total, across 3 samples), followed by Belgium (15 pesticides in total, across 3 samples) and France (13 pesticides in total, across 6 samples). In the water samples, the highest counts were detected in Poland (13 pesticides in total, across 3 samples), followed by Slovakia (12 pesticides in total, across 3 samples) and Italy (10 pesticides in total, across 2 samples).

Of the 38 pesticides found in the water samples, 8 are known have a very high toxicity towards aquatic organisms. One pesticide found in the soil samples has very high toxicity to earthworms; eight of the pesticides found in either soil or water samples are regarded as highly toxic to bees.

20 of the pesticides found are considered to be very persistent and five of those found in the soil samples have a high leaching potential; these environmentally critical properties can increase the threat posed by these toxic pesticides.

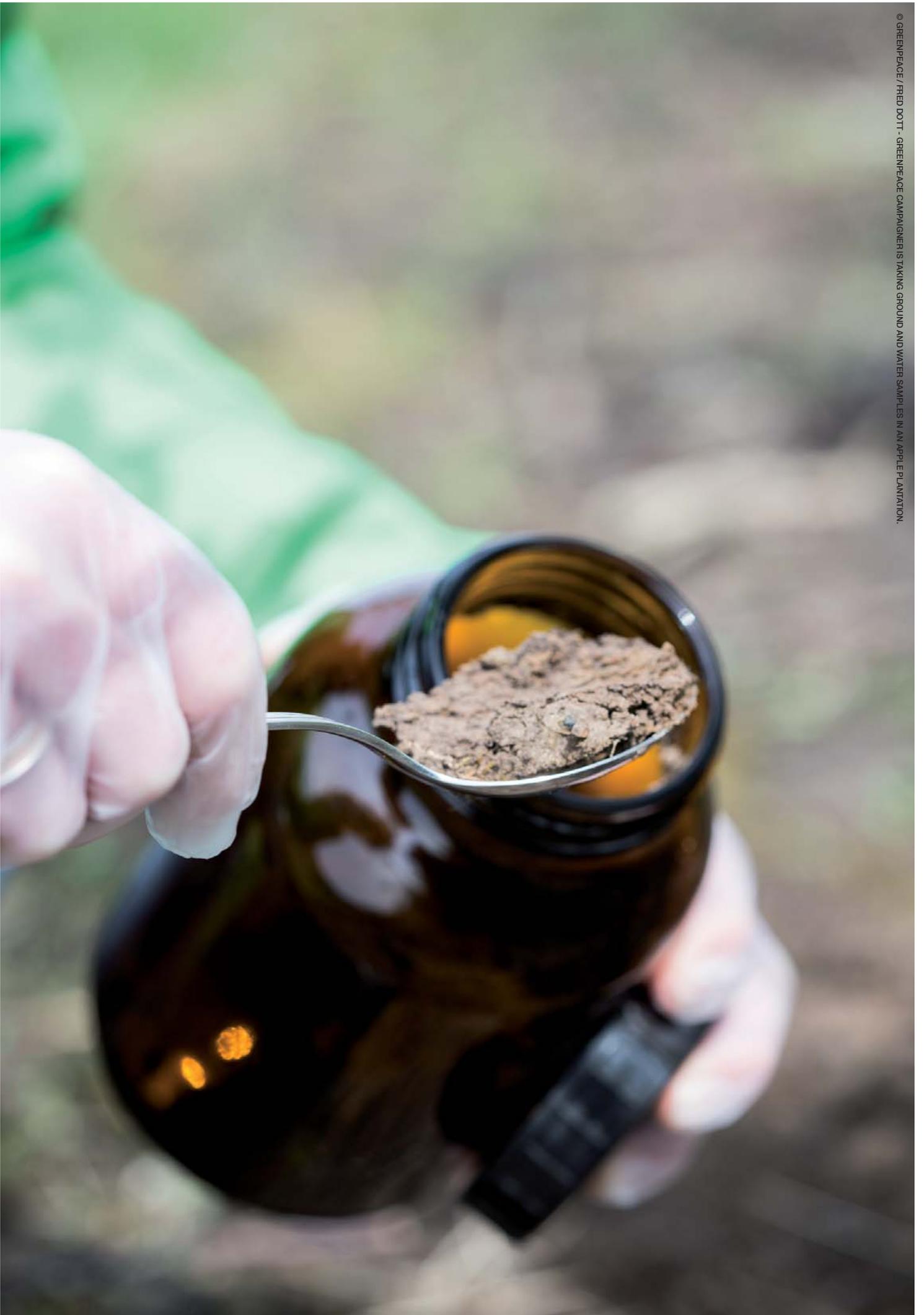
Seven of the pesticides found are currently not approved for use in the EU and can only be used with exceptional member state authorizations. These residues may be present as a result of historical use of these pesticides, although in the case of carbendazim they could result from degradation of other active ingredients such as thiophanate-methyl, which is approved for use in the EU

The concentrations of certain pesticides present in five samples were found to exceed the prescribed average Environmental Quality Standards for High Priority Water Contaminants under the EU Water Framework Directive, while in two of them, both from Italy, the maximum prescribed standard for chlorpyrifos-ethyl was exceeded.

For at least 5 of the pesticides found, combination effects with other pesticides have been reported in the scientific literature, although these specific combinations were not found together in this study.

Recommendations

- 1** Policy should be formulated with a view to reducing, and ultimately, phasing out the use of synthetic chemical pesticides by adoption and use of ecological farming systems.
- 2** As part of the investigation and auditing process, particular attention should be given to active ingredients which appear to be in use but which are not authorized, with a view to possible legal action.
- 3** There is a need to implement a systematic EU wide program of surveillance monitoring in order to establish a body of baseline data which can be used to assess spatial patterns of environmental contamination and whether particular agricultural activities are associated with "hotspots" of contamination with pesticides.
- 4** Research efforts aimed at better understanding the environmental fate and toxicological effects of mixtures of pesticides should be intensified.
- 5** There is an urgent need for member state authorities to investigate, record, report and audit which active ingredients are in use in their jurisdictions and in which agricultural sectors these are being used.



02

Materials & Methods

Sampling

Apple Orchard Soil and Surface waters

Soils from apple orchards (Table 1), along with surface waters either from within or adjacent to apple orchards (Table 2), were sampled in 12 countries (Austria, Belgium, France, Germany, Greece, Hungary, Italy, Netherlands, Poland, Slovakia, Spain, Switzerland) during April 2015, either just before blossoming or during the early stages of flowering. These samples, accordingly, allow the determination of a snapshot of agricultural substances present in media other than harvested products at a specific point in the cultivation and production cycle of apples. Soil samples (n=49) were taken using stainless steel trowels, cleaned between sites to avoid cross-contamination, and were a composite of samples (0-5 cm) taken diagonally through each orchard (rather than at the edge). These composite samples were placed in a 500 ml bottle supplied by the analysing laboratory. Water samples (n=36) were taken from streams, ditches, canals or puddles either in the orchards or directly adjoining them, using a clean 1 l glass bottle supplied by the analysing laboratory. Samples were immediately sent for analysis and were processed by the receiving laboratory within 2 weeks of receipt.

Table 1: Details of soil samples from apple orchards including country and area

Country	No. of soil samples	Area
Austria	3	2 x Puch bei Weiz, 1 x Itztal
Belgium	3	3 x Haspengouw
France	6	2 x Limousin, 2 x Provence-Alpes-Côte d'Azur, 2 x Midi-Pyrénées
Germany	5	5 x Altes Land
Greece	3	1 x Korinthia, 1 x Imathia, 1 x Arkadia
Hungary	6	6 x Kiskunság
Italy	3	2 x Val di Non, 1 x Valtellina
Netherlands	5	1 x Velddriel, 1 x Waardenburg, 1 x Middelweert, 1 x Luttelgeest, 1 x Marknesse
Poland	3	1 x Wierzchucice, Kujawsko-pomorskie voivodeship, 1 x Świniokierz Dworski, Łódzkie voivodship, 1 x Wólka Łęczeszzycka, Mazowieckie voivodship
Slovakia	3	2 x Nitriansky kraj, 1 x Trnavský kraj
Spain	2	2 xCataluña
Switzerland	7	7 x Lake of Bodensee region (Katon Thurgau)
Total soil sample from apple orchards	49	

Table 2: Details of water samples from apple orchards including country, area and type of water collected.

Country	No. of water samples	Type of water body	Area
Austria	1	Puddle	1 x Itztal
Austria	1	stream between orchard fields	1 x Puch bei Weiz
Austria	1	pipe draining orchard field	1 x Itztal
Belgium	1	stream draining apple orchard	1 x Haspengouw
France	2	lake water	2 x Limousin
France	3	surface water	2 x Provence-Alpes-Côte d'Azur, 1 x Midi-Pyrénées
Germany	5	closed ditch	5 x Altes Land
Greece	1	stream running through orchard	1 x Korinthia
Greece	1	Puddle	1 x Imathia
Italy	2	Canal	1 x Val di Non, 1 x Valtellina
Netherlands	3	ditch within orchard field	1 x Velddriel, 1 x Middelweert, 1 x Luttelgeest
Netherlands	2	ditch between orchard fields	1 x Marknesse, 1 x Waardenburg
Poland	3	Water	1 x Wierzchucice, Kujawsko-pomorskie voivodship, 1 x Świniokierz Dworski, Łódzkie voivodship, 1 x Wólka Łęczeszzycka, Mazowieckie voivodship
Slovakia	3	puddle water	2 x Nitriansky kraj, 1 x Trnavský kraj
Spain	1	puddle water	1 x Cataluña
Switzerland	1	surface runoff water	1 x Lake of Bodensee region (Katon Thurgau)
Switzerland	5	drainage pipe runoff water	5 x Lake of Bodensee region (Katon Thurgau)
Total no. of water samples from apple orchards	36		

Analysis and Treatment of Results

All samples were analysed at a laboratory in Europe using accredited (ISO/IEC 17025:2005) multi-residue analysis methods targetting a wide range of pesticides and their metabolites (600 parameters in soils and 600 parameters in waters). Details of extraction methods (where appropriate) and analytical methodologies are given in Annex A. Where pesticides were reported as the applied pesticide with no metabolites, no summation was necessary. Where pesticides were present as the applied substance and/or as metabolites, they were summed as outlined in Annex B.





03

Results

Pesticides in soil samples from apple orchards

A total of 37 different pesticides were detected in total across the set of 49 soil samples. The number of pesticides detected in soil samples (Fig. 1) ranged from 0 (11 samples) to 13 (2 samples). Pesticides detected in soil samples are tabulated by both country (Table 3) and substance (Table 4). Herbicides, fungicides and insecticides were detected in samples, with some substances (e.g. tebuconazole and terbuthylazine) having multiple uses (Table 4). The most frequently detected pesticide was the fungicide boscalid, which was present in 19 samples (38 % of samples) with concentrations ranging from 0.11 mg/kg to 3.6 mg/kg. Other frequently detected pesticides (detected in >20 % of samples) were DDT (as DDE and DDD), detected in 13 samples (26 % of samples), at a concentration range of 0.015-0.4 mg/kg and chlorpyrifos-ethyl, found in 10 samples, (20 % of samples), at a concentration range of 0.026-2.6 mg/kg. By country (Table 3), the highest numbers of pesticides were detected in samples from Italy (18 pesticides in total, across 3 samples), followed by Belgium (15 pesticides in total, across 3 samples) and France (13 pesticides in total, across 6 samples).

Table 3: Pesticides detected in soil samples from apple orchards by country. Sampling period, number of samples and concentration ranges for each pesticide are given.

Country	Sampling period	Number of soil samples	Pesticides detected, (number of samples in which found) [concentration range in mg/kg]
Austria	30-31 March 2015	3	Boscalid (1) [0.14] Chlorpyrifos-ethyl (1) [0.077], Endosulfan (as Endosulfan sulphate) (1) [0.076], Endrin (1) [0.04], Fluquinconazole (1) [0.11], Pendimethalin (1) [0.25]
Belgium	11-12 April 2015	3	Boscalid (3) [1.4-3.6], Carbendazim (1) [0.11], Chlorantraniliprole (3) [0.083-0.14], Cyprodinil (1) [0.11], Difenconazole (2) [0.2-0.26], Diflufenican (2) [0.36-0.53], Indoxacarb (2) [0.18-0.061], Linuron (1) [0.06], Myclobutanil (2) [0.018-0.1], Penconazole (2) [0.082-0.12], Pendimethalin (1) [0.13], Pirimicarb (1) [0.076], Pyraclostrobin (2) [0.1-0.16], Thiabendazole (1) [0.12], Triadimenol (1) [0.21]
France	9 April 2015	6	Boscalid (4) [0.28-0.72], Chlorantraniliprole (2) [0.05-0.057], Chlorpyrifos-ethyl (4) [0.02-0.26], Cyprodinil(1) [0.23], DDT (2) [0.015-0.023], Difenconazole (2) [0.073-0.096], Fenbuconazol (1) [0.061], Fludioxonil (4) [0.069-0.33], Oxadiazon (1) [0.041], Oxyfluorfen (2) [0.035-0.1], Pendimethalin (1) [0.16], tau-Fluvalinate (3) [0.018-0.047], Tetraconazole (1) [0.087]
Germany	15 April 2015	5	Carbendazim (2) [0.072-0.13], Chlorantraniliprole (2) [0.1-0.16], Cyprodinil (2) [0.077-0.099], DDT (2) [0.083-0.184], Fludioxonil (1) [0.07], Fluquinconazole (1) [0.03], Methoxyfenozide (1) [0.062-0.091], Penconazole (2) [0.05-0.11], Pirimicarb (1) [0.052], Tebuconazole (2) [0.075-0.077]
Greece	3-6 April 2015	3	Boscalid (1) [0.073], Chlorantraniliprole (1) [0.089], Dieldrin (1) [0.072]

Hungary	15 April 2015	6	DDT (3) [0.015-0.11], Tebuconazole (5) [0.056-0.079], Tetraconazole (1) [0.064]
Italy	10-11 April 2015	3	Boscalid (2) [0.16-0.31], Carbendazim (1) [0.57], Chlorantraniliprole (1) [0.062], Chlorpyrifos-ethyl (1) [2.1], Deltamethrin (1) [0.07], Difenoconazole (1) [0.23], Endosulfan (as Endosulfan sulphate) (1) [0.03], Etofenprox (1) [0.29], Fenhexamid (1) [0.18], Fludioxonil (1) [0.069], Imidacloprid (1) [0.081], Indoxacarb (1) [0.32], Iprodione (1) [1.8], Oxyfluorfen (2) [0.055-0.21], Penconazole (1) [0.15], Pirimicarb (1) [0.15], Pyraclostrobin (1) [0.19], Tebuconazole (1) [2.2]
Netherlands	14 April 2015	5	Boscalid (3) [0.12-0.25], DDT (4) [0.036-0.4],
Poland	8 April 2015	3	Boscalid (3) [0.11-0.31], DDT (2) [0.019-0.092], Difenoconazole (1) [0.095], Flusilazol (2) [0.05-0.23], Methoxyfenozide (1) [0.18]
Slovakia	9 April 2015	3	Boscalid (2) [0.11-0.35], Indoxacarb (1) [0.02]
Spain	26-27 March 2015	2	No pesticides detected
Switzerland	2-14 April 2015	7	2,4-D (1) [0.084], Chlorpyrifos--ethyl (4) [0.03-0.21], Difenoconazole (2) [0.083-0.14], Endosulfan (as Endosulfan sulphate) (1) [0.03], Mecoprop (MCP) (1) [0.098], Myclobutanil (1) [0.023], Penconazole (2) [0.053-0.1]

Table 4: Frequency of detected pesticides in soil samples from apple orchards. Pesticides are ordered alphabetically with the type of pesticide, number and percentage of samples in which they were found, together with the country of origin and overall concentration or concentration range.

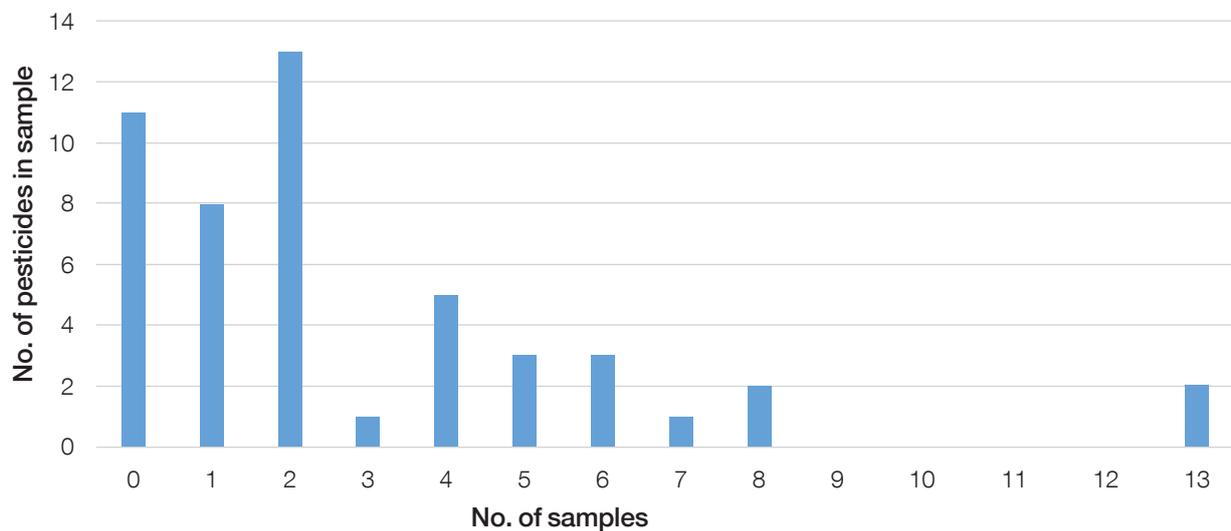
Pesticide	Class/ type	Frequency of detection in soil samples		Countries in which detected (number of samples) [concentration range in mg/kg]
		No. of samples	% samples	
2,4-D	H	1	2	Switzerland (1) [0.084]
Boscalid	F	19	38	Austria (1) [0.14], Belgium (3) [1.4-3.6], France (4) [0.28-0.72], Greece (1) [0.073], Italy (2) [0.16-3.1], Netherlands (3) [0.12-0.25], Poland (3) [0.11-0.31], Slovakia (2) [0.11-0.35].
Carbendazim	F	4	8	Belgium (1) [0.11], Germany (2) [0.072-0.13], Italy (1) [0.57]
Chlorantraniliprole	I	9	18	Belgium (3) [0.083-0.14], France (2) [0.05-0.057], Germany (2) [0.1-0.16], Greece (1) [0.089], Italy (1) [0.062]
Chlorpyrifos-ethyl	I (op)	10	20	Austria (1) [0.077], France (4) [0.02-0.26], Italy (1) [2.1], Switzerland (4) [0.03-0.21]
Cyprodinil	F	4	8	Belgium (1) [0.11], France (1) [0.23], Germany (2) [0.077-0.099]
DDT (as DDD and DDE)	I	13	26	France (2) [0.015-0.023], Germany (2) [0.083-0.184], Hungary (3) [0.015-0.11], Netherlands (4) [0.036-0.4], Poland (2) [0.019-0.092]
Deltamethrin	I	1	2	Italy (1) [0.07]
Dieldrin	I	1	2	Greece (1) [0.072]
Difenoconazole	I	8	16	Belgium (2) [0.2-0.26], France (2) [0.073-0.096], Italy (1) [0.23], Poland (1) [0.095], Switzerland (2) [0.083-0.14]
Diflufenican	H	2	4	Belgium (2) [0.36-0.53]
Endosulfan (as Endosulfan sulphate)	I	3	6	Austria (1) [0.076], Italy (1) [0.03], Switzerland (1) [0.03]
Endrin	I	1	2	Austria (1) [0.04]
Etofenprox	I	1	2	Italy (1) [0.29]
Fenbuconazol	F	1	2	France (1) [0.061]
Fenhexamid	F	1	2	Italy (1) [0.18]
Fludioxonil	F	6	12	France (4) [0.069-0.33], Germany (1) [0.07], Italy (1) [0.069]
Fluquinconazole	F	2	4	Austria (1) [0.11], Germany (1) [0.03]
Flusilazol	F	2	4	Poland (2) [0.05-0.23]
Imidacloprid	I (neo)	1	2	Italy (1) [0.081]
Indoxacarb	I	4	8	Belgium (2) [0.018-0.061], Italy (1) [0.32], Slovakia (1) [0.02]
Iprodione	F	1	2	Italy (1) [1.8]
Linuron	H	1	2	Belgium (1) [0.06]
Methoxyfenozide	I	3	6	Germany (2) [0.062-0.091], Poland (1) [0.18]
Mecoprop (MCP)	H	1	2	Switzerland (1) [0.098]
Myclobutanil	F	3	6	Belgium (2) [0.018-0.1], Switzerland (1) [0.023]
Oxadiazon	H	1	2	France (1) [0.041]
Oxyfluorfen	H	4	8	France (2) [0.035-0.1], Italy (2) [0.055-0.21]

Penconazole	F	7	14	Belgium (2) [0.082-0.12], Germany (2) [0.05-0.11], Italy (1) [0.15], Switzerland (2) [0.053-0.1]
Pendimethalin	H	3	6	Austria (1) [0.25], Belgium (1) [0.13], France (1) [0.16]
Pirimicarb	I	3	6	Belgium (1) [0.076], Germany (1) [0.052], Italy (1) [0.15]
Pyraclostrobin	F	3	6	Belgium (2) [0.1-0.16], Italy (1) [0.19]
tau-Fluvalinate	I, Ar	3	6	France (3) [0.018-0.047]
Tebuconazole	F, P	8	16	Germany (2) [0.075-0.077], Hungary (5) [0.056-0.079], Italy (1) [2.2]
Tetraconazole	F	2	4	France (1) [0.087], Hungary (1) [0.064]
Thiabendazole	F	1	2	Belgium (1) [0.12]
Triadimenol	F	1	2	Belgium (1) [0.21]

Key

Al = algicide, Ar = acaricide, F = fungicide, H = herbicide, I = insecticide, M = microbiocide, P = plant growth regulator, op = organophosphate, neo = neonicotinoid

Fig. 1 Frequency of pesticides detections in soil samples from apple orchards



Pesticides in water samples collected from or adjacent to apple orchards

A total of 38 different pesticides was detected across the set of 36 water samples. The number of pesticides detected in individual samples (Fig. 2) ranged from 0 (10 samples) to 12 (1 sample). Pesticides detected in water samples are tabulated by both country (Table 5) and substance (Table 6). Examples of herbicides, fungicides and insecticides were detected in the samples, with some substances having multiple uses (Table 6). Diethyltoluamid (DEET) was found in 2 samples (Belgium (1 sample, 0.1 µg/l), Netherlands (1 sample, 0.067 µg/l)) but is omitted from the tables as the presence of this insect repellent could have arisen as a result of chance contamination from the use of this as a repellent by the persons taking the samples. The two most frequently detected pesticides (detected in > 20 % of samples) were boscalid, present in 14 samples (40 % of samples) with concentrations ranging from 0.069 µg/l to 23 µg/l and chlorantraniliprole, also present in 14 samples (40 % of samples) with concentrations ranging from 0.067 µg/l to 2.0 µg/l. By country (Table 5), the highest number of pesticides was detected in samples from Poland (13 pesticides in total, across 3 samples), followed by Slovakia (12 pesticides in total, across 3 samples) and Italy (10 pesticides in total, across 2 samples).

Table 5: Pesticides detected in water samples collected from, or adjacent to, apple orchards by country. Sampling period, number of samples and concentration ranges for each pesticide are given.

Country	Sampling period	Number of water samples	Pesticides detected, (number of samples in which found) [concentration range in µg/l]
Austria	26-30 March 2015	3	Boscalid (1) [0.069], Chlorpyrifos-ethyl (1) [0.15], Chlorpyrifos-methyl (1) [19], MCPA (1) [0.082], Pendimethalin (1) [0.19]
Belgium	9 April 2015	1	Boscalid (1) [1.6], Chloridazon (1) [0.9], Cyprodinil (1) [0.058], Diflufenican (1) [0.091], Dimethomorph (1) [0.2], Isoproturon (1) [0.95], Linuron (1) [1.6]
France	11-12 April 2015	5	2,4-D (2) [0.62-7.8], Acetamiprid (3) [1.4-12], Boscalid (3) [0.16-15], Chlorantraniliprole (3) [0.084-1.5], Fludioxonil (2) [0.17-2], Metalaxyl (1) [0.066], Penconazole (1) [0.15], Propyzamide (1) [0.1], Tetraconazole (2) [0.12-0.24]
Germany	15 April 2015	5	Chlorantraniliprole (4) [0.07-0.63], Imidacloprid (1) [0.067]
Greece	3-6 April 2015	2	Boscalid (1) [3.3], Chlorantraniliprole (1) [1.1], Myclobutanil (1) [0.16], Tebuconazole (1) [0.39]
Italy	10-11 April 2015	2	Boscalid (1) [0.31], Bupirimat (1) [0.59], Buprofezin (1) [0.39], Carbendazim (1) [0.19], Chlorpyrifos-ethyl (2) [0.16- >50], Methoxyfenozide (1) [0.29], Oxadiazon (1) [>50], Penconazole (1) [1.3], Pyrimethanil (1) [1.1], Thiophanate-methyl (1) [0.065]
Netherlands	14 April 2015	5	Boscalid (2) [0.08-0.084], Carbendazim (1) [0.05], Chlorantraniliprole (1) [0.075], Methoxyfenozide (1) [0.16], Mecoprop (MCP) (2) [0.11-0.23]
Poland	7-8 April 2015	3	Acetamiprid (1) [0.07], Boscalid (2) [3.5-23], Carbendazim (2) [0.14-0.34], Chlorantraniliprole (2) [0.067-0.5], Chlorpyrifos-ethyl (1) [0.1], Cyprodinil (1) [0.24], Fludioxonil (1) [0.49], Indoxacarb (1) [0.37], Methoxyfenozide (1) [1.5], Pyraclostrobin (1) [0.47], Tebuconazole (1) [0.38], Thiophanate-methyl (1) [0.18], Trifloxystrobin (1) [0.11]

Slovakia	9 April 2015	3	Benthiavdicarb, isopropyl- (1) [0.11], Boscalid (3) [0.13-4.7], Carbendazim (1) [2.6], Chlorantraniliprole (3) [0.12-2], Fludioxonil (1) [0.65], Fluquinconazole (1) [0.16], Imidacloprid (2) [0.13-0.18], Methoxyfenozide (2) [2.2-2.8], Myclobutanil (3) [0.3-0.7], Penconazole (2) [0.091-1.5], Pirimicarb (1) [0.4], Thiophanate-methyl (1) [0.48]
Spain	27 March 2015	1	MCPA (1) [0.79], Mecoprop (MCPP) (1) [0.3],
Switzerland	2-14 April 2015	6	Atrazine (1) [0.059], Terbutylazine (1) [0.092]

Table 6: Detected pesticides in water samples collected from or adjacent to apple orchards. Pesticides are ordered alphabetically with the type of pesticide, number and percentage of samples in which they were found, together with the country of origin and overall concentration or concentration range.

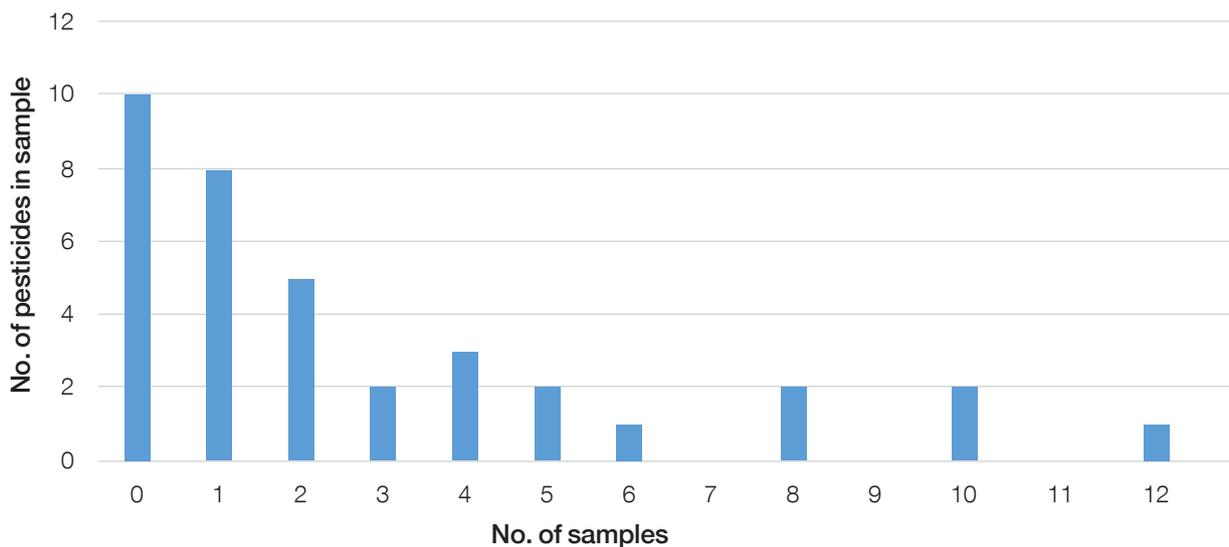
Pesticide	Class/ type	Frequency of detection in water samples		Countries in which found (number of samples) [concentration range in µg/l]
		Samples	% samples	
2,4-D	H	2	6	France (2) [0.62-7.8]
Acetamiprid	I (neo)	4	11	France (3) [1.4-12], Poland (1) [0.07]
Atrazine	H	1	3	Switzerland (1) [0.059]
Benthiavdicarb, isopropyl-	F	1	3	Slovakia (1) [0.11]
Boscalid	F	14	40	Austria (1) [0.069], Belgium (1) [1.6], France (3) [0.16-15], Greece (1) [3.3], Italy (1) [0.31], Netherlands (2) [0.08-0.084], Poland (2) [3.5-23], Slovakia (3) [0.13-4.7]
Bupirimat	F	1	3	Italy (1) [0.59]
Buprofezin	I	1	3	Italy (1) [0.39]
Carbendazim	F	5	14	Italy (1) [0.19], Netherlands (1) [0.05], Poland (2) [0.14-0.34], Slovakia (1) [2.6]
Chlorantraniliprole	I	14	40	France (3) [0.084-1.5], Germany (4) [0.07-0.63], Greece (1) [1.1], Netherlands (1) [0.075], Poland (2) [0.067-0.5], Slovakia (3) [0.12-2.0]
Chloridazon	H	1	3	Belgium (1) [0.9]
Chlorpyrifos- ethyl	I (op)	4	11	Austria (1) [0.15], Italy (2) [0.16- >50], Poland (1) [0.1]
Chlorpyrifos- methyl	I (op)	1	3	Austria (1) [19]
Cyprodinil	F	2	6	Belgium (1) [0.058], Poland (1) [0.24]
Diflufenican	H	1	3	Belgium (1) [0.091]
Dimethomorph	F	1	3	Belgium (1) [0.2]
Fludioxonil	F	4	11	France (2) [0.17-0.2], Poland (1) [0.49], Slovakia (1) [0.65]

Fluquinconazole	F	1	3	Slovakia (1) [0.16]
Imidacloprid	I (neo)	3	9	Germany (1) [0.067], Slovakia (2) [0.13-0.18]
Indoxacarb	I	1	3	Poland (1) [0.37]
Isoproturon	H	1	3	Belgium (1) [0.95]
Linuron	H	1	3	Belgium (1) [1.6]
Metalaxyl	F	1	3	France (1) [0.066]
Methoxyfenozide	I	5	14	Italy (1) [0.29], Netherlands (1) [0.16], Poland (1) [1.5], Slovakia (2) [2.2-2.8]
MCPA	H	2	6	Austria (1) [0.082], Spain (1) [0.79]
Mecoprop (MCP)	H	3	9	Netherlands (2) [0.11-0.23], Spain (1) [0.3]
Myclobutanil	F	4	11	Greece (1) [0.16], Slovakia (3) [0.3-0.7]
Oxadiazon	H	1	3	Italy (1) [>50]
Penconazole	F	4	11	France (1) [0.15], Italy (1) [1.3], Slovakia (2) [0.091-1.5]
Pendimethalin	H	1	3	Austria (1) [0.19]
Pirimicarb	I	1	3	Slovakia (1) [0.4]
Propyzamide	H	1	3	France (1) [0.1]
Pyraclostrobin	F	1	3	Poland (1) [0.47]
Pyrimethanil	F	1	3	Italy (1) [1.1]
Tebuconazole	F, P	2	6	Greece (1) [0.39], Poland (1) [0.38]
Terbutylazine	H, M, AL	1	3	Switzerland (1) [0.092]
Tetraconazole	F	2	6	France (2) [0.12-0.24]
Thiophanate-methyl	F	3	9	Italy (1) [0.065], Poland (1) [0.18], Slovakia (1) [0.48]
Trifloxystrobin	F	1	3	Poland (1) [0.11]

Key

Al = algicide, Ar = acaricide, F = fungicide, H = herbicide, I = insecticide, M = microbiocide, P = plant growth regulator, op = organophosphate, neo = neonicotinoid

Fig. 2 Frequency of pesticide detections in water samples collected within or adjacent to apple orchards





04

Discussion

General

These findings represent a “snapshot” of pesticide active ingredients found in soils taken from apple orchards and in water samples taken in or adjacent to orchards during April 2015. This timing coincided with the onset or early stages of blossoming. It should be appreciated that the situation with regard to pesticide residues in soils and waters could be different at different times of the year depending on whether additional pesticides are applied later on in the growing season (e.g. during fruit development) and also on the precise timing of sample collection in relation to pesticide application. Other factors which may need to be taken into account are regional climate and weather patterns through the growing season as a whole. In addition, while the soil and puddle water samples are most likely to reflect pesticides applied locally, the pesticide content of waters sampled from ditches/canals could possibly reflect pesticides applied elsewhere and mobilized via drainage waters.

The results indicate that the application of pesticides in apple orchards can lead to the presence of significant levels of residues remaining in the soil or mobilized into both standing and drainage waters. Across the entire set of 85 samples taken, residues of at least one pesticide were found in 64 samples (75% of the total). A total of 53 different pesticides were found across these 64 samples. Of all the soil samples taken, 38 of 49 (78%) contained pesticides. 26 of the total of 36 water samples (72%) also contained pesticide residues.

The fate of applied pesticides can vary. Applied pesticides can directly contaminate soils and water within the area in which they are applied, while drift during spray application can lead to the contamination of wider areas. Soil contamination can lead subsequently to pesticides and their metabolites being leached out into aquatic systems at a later date. Their precise fates will depend upon the soil adsorption properties and the properties of the pesticides themselves, including the degradation rate. Leaching through the soil may also lead to the contamination of groundwater resources, though this was not investigated in the current study. All such contamination, therefore, can result in a wide mobilization of pesticide residues and metabolites into the environment, with a variety of potential negative impacts.

Effects of the pesticides found in the apple orchards

Overall assessment

37 of the 53 pesticides found either in the soil samples from apple orchards or the water samples from within or adjacent to apple orchards, are listed on the Greenpeace Pesticide Blacklist², which lists substances identified as having high overall toxicities towards humans and/or wildlife. The Greenpeace Blacklist study contains a relative assessment of the overall toxicity of more than 1 000 pesticides towards humans and wildlife in 15 broad categories. It is based on databases and data inventories, such as the International Agency for the Research on Cancer³, the EU CLP directive 1272/2008⁴ and the IUPAC Footprint database⁵.

Broadly, based on the aggregated toxicological properties of the substances, they are assigned to an Exclusion Blacklist (very high toxic properties in at least one category), an aggregated toxicity points Blacklist (high overall sum of toxic properties), a Greylist (no highly toxic properties) and a Yellowlist (not enough toxicity information for an adequate assessment).

2. http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Fresh%20Deciduous%20Fruit%20Annual_Vienna_EU-27_10-28-2011.pdf

3. Die Schwarze Liste der Pestizide II, Greenpeace Germany 2010.

4. www.jarc.fr

5. Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures

32 (60%) pesticides found in the apple orchard samples are on the Exclusion Blacklist and further 5 (9%) on the aggregated Blacklist. 13 substances are on the Greylist, while a further 3 of the substances found are not listed in either the Grey or Black lists because they were thought not to be used anymore worldwide. This toxicity assessment is summarized in Fig. 3.

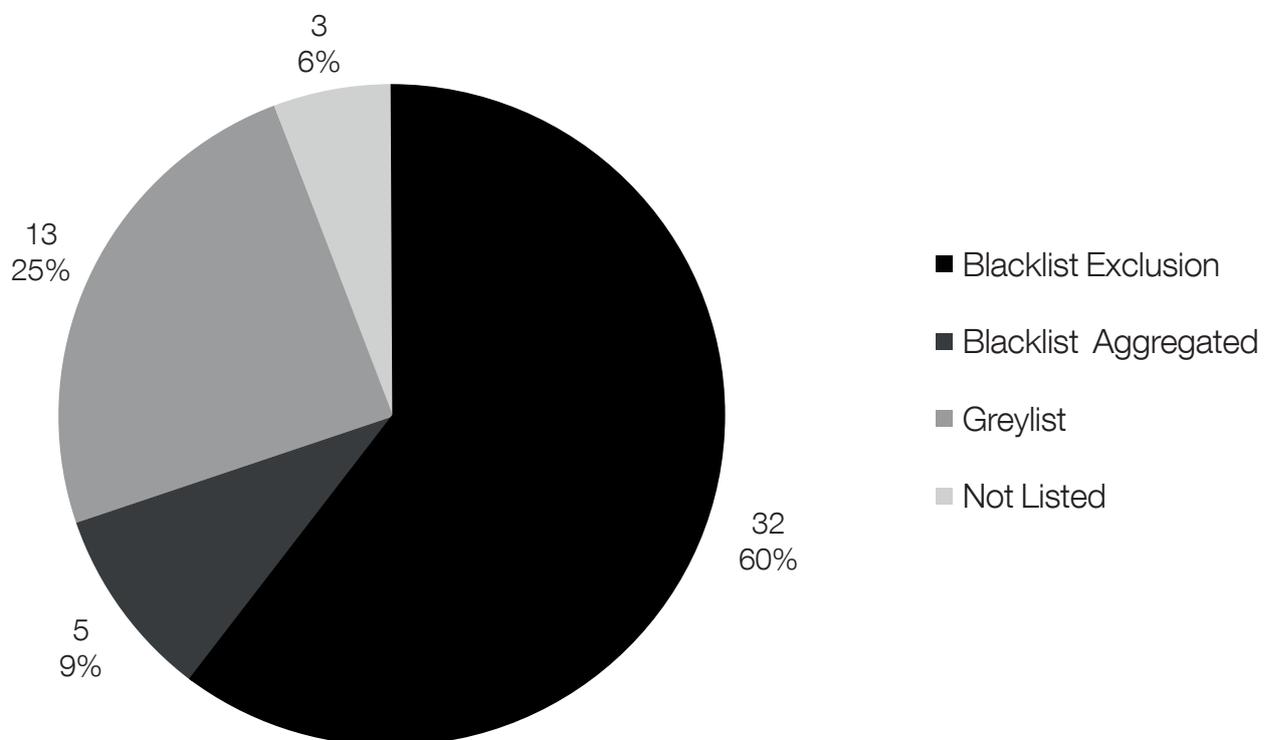


Fig. 3. Toxicity assessment of the 53 pesticides found in water and soil samples from apple orchards according to the Greenpeace Pesticide Blacklist Study¹

Environmental Assessment

In a wildlife specific assessment, the effects of the 53 substances found were evaluated according to the German TLI pesticide meta-database⁶. This database is comprised of similar categories to the Greenpeace Blacklist but with more species-specific data. According to the toxicological properties of the individual substance, it is assigned up to 10 points in 5 tiers (1; 3; 5; 8, 10) in one or more of 15 categories.

Toxicity to aquatic organisms

In relation to acute aquatic toxicity towards algae, fish and water fleas (*Daphnia spp*) in the context of the TLI database outlined above, of the 38 pesticides found in the water samples, nine of them exhibit at least one count of the highest toxicity (10 points); among these are two which merit the highest toxicity count for fish, water fleas and algae. These are diflufenican and trifloxystrobin (Table 7).

6. <http://www.pestizidexperte.de/tli.php>; TLI = Toxic Load Indicator

Table 7: Highest aquatic toxic values of the pesticides found in the water samples (from TLI pesticide database) Toxicity is scored out of 10 points on a 5-tiered scale.

Pesticide	Algae Toxicity	Fish & Water Flea Toxicity	No. of samples
Diflufenican	10	10	1
Pendimethalin	10	8	1
Chlorantraniliprole	5	10	14
Chlorpyrifos-ethyl	5	10	4
Chlorpyrifos-methyl	5	10	1
Oxadiazon	10	5	1
Pyraclostrobin	5	10	1
Pirimicarb	1	10	1
Trifloxystrobin	10	10	1

Toxicity to soil-dwelling organisms

The toxicity of pesticides to soil-dwelling organisms is not easy to evaluate since soil organism toxicity data are relatively scarce. Here, the acute earthworm toxicity from the TLI pesticide database is used as a comparator. According to these data, of the 37 pesticides found in the soil samples, carbendazim has the highest possible earthworm toxicity count (10 points). Nearly all the other pesticides found (34) have moderate or unknown earthworm toxicity (5 points).

Toxicity to bees

Eight of the pesticides found in the soil or water samples have a very high bee toxicity (10 out of 10 points) (Table 8).

Pesticides with Endocrine Disrupting Potential

The TLI database also lists endocrine disrupting chemicals (EDC) based on data from the European Commission (EC 2000, 2004, 2007) and on the criteria incorporated in the Pesticide Directive 1107/2009 (EC 2009).

Four of the pesticides found in the apple orchard samples achieve the highest possible rating for endocrine disrupting potential (10 points). These are: Atrazine, DDT, Deltamethrin and Linuron. Another seven pesticides found achieve second tier rating as follows:

2,4-D, Carbendazim, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, Iprodione, Triadimenol (8 points)

Table 8. Highest bee toxic values (10 points out of 10 points) of the pesticides found in soil and water samples (from TLI pesticide database)

Pesticide
Chlorpyrifos-ethyl
Chlorpyrifos-methyl
Deltamethrin
Dieldrin
Endrin
Etofenprox
Imidacloprid
Indoxacarb

Table 9: Pesticides in soil samples from apple orchards found with very high persistence (10 out of 10 points from the TLI pesticide database)

Substance	
Boscalid	Flusilazole
Chlorantraniliprole	Imidacloprid
Cyprodinil	Methoxyfenozide
DDT	Myclobutanil
Dieldrin	Oxadiazon
Difenoconazole	Penconazole
Diflufenican	Pirimicarb
Endrin	Tebuconazole
Fludioxonil	Tetraconazole
Fluquinconazole	Thiabendazole

Table 10: Pesticides found in soil samples from apple orchards with very high leaching potential (10 out of 10 points from the TLI pesticide database)

Pesticide
Boscalid
Chlorantraniliprole
Imidacloprid
Methoxyfenozide
Myclobutanil

Persistence in the Environment

An important property of pesticides and other chemicals is their persistence, i.e. how long the substance remains in the environment before breaking down. In the TLI database, persistence values are available based on soil half-life values. 20 of the pesticides found in the soil samples have the highest persistence counts (10 out of 10 points) (Table 9). A high environmental impact of a substance can be inferred for a specific substance if it exhibits a combination of high (aquatic) toxicity with high persistence. This combination of properties is shown by diflufenican (found in 1 water sample), chlorantraniliprole (14 samples), oxadiazon (1 sample) and pirimicarb (1 sample).

Leaching Potential

Another important property in determining the environmental impact of a pesticide is the leaching potential from soil. The less readily a substance binds to soil, the more easily it can be leached out of the soil into aquatic systems. 5 of the pesticides found in the orchard soil samples have a very high leaching potential count (10 out of 10 points) in the TLI pesticide database (Table 10).

Approval and authorization status of the detected pesticides in the EU

In the European Union, pesticide use is restricted to those which have been approved. Exceptionally, EU Member states can authorize the use of chemicals which are not approved in response to specific threats to crops and within a limited time frame (e.g. for 120 days).

Of the 53 pesticides found in the soil and water samples, 46 are approved within the EU⁸; the approval status for three of these (fenhexamid, isoproturon and thiabendazole) will end this year. Seven pesticides are not approved.

The most frequently found pesticides which are not approved were: DDT (as the summed metabolites DDE and DDD), found in 13 soil samples (26% of all soil samples), carbendazim (possibly formed as a metabolite of thiophanate-methyl) in four soil samples (8% of all soil samples) and five water samples (14% of all water samples), and endosulfan (as the highly persistent metabolite endosulfan sulphate) in three soil samples (6% of all soil samples) (Table 11).

The frequent detection of DDT (as DDD and DDE) in the soil samples is not surprising because of the high persistence of these metabolites, which can reflect DDT use several decades ago. Similar considerations apply to the detection of Endrin and Dieldrin, which are highly persistent organochlorines and whose detection also probably reflects historical use.

Carbendazim is authorized for use in Austria, Spain, Poland, Portugal, Romania and Great Britain⁷. However, it was also found in samples from in Belgium, Germany, Italy and Netherlands. This is probably due to the formation of carbendazim as a metabolite of the approved active ingredient thiophanate-methyl⁹.

Endosulfan is authorized for use in Spain⁸. It is unlikely that the three detections of endosulfan in Austria, Italy and Switzerland were, however, the result of illegal use. It was detected as the persistent metabolite endosulfan sulphate (see Annex B) implying that it was present due to historical use of the parent compound.

Table 11: Pesticides not approved in the EU found in soil and water samples

Pesticide	Found in soil samples		Countries in which found (no. of samples) [mg/kg]	Found in water samples		Countries in which found (no. of samples) [µg/l]
	n	%		n	%	
Atrazine	0	0		1	3	Switzerland (1) [0.059]
Carbendazim	4	8	Belgium (1) [0.11], Germany (2) [0.072-0.13], Italy (1) [0.57]	5	14	Italy (1) [0.19], Netherlands (1) [0.05], Poland (2) [0.14-0.34], Slovakia (1) [2.6]
DDT (as DDD and DDE)	13	26	France (2) [0.015-0.023], Germany (2) [0.083-0.184], Hungary (3) [0.015-0.11], Netherlands (4) [0.036-0.4], Poland (2) [0.019-0.092]	0	0	-
Dieldrin	1	2	Greece (1) [0.072]	0	0	-
Endosulfan (as Endosulfan sulphate)	3	6	Austria (1) [0.076], Italy (1) [0.03], Switzerland (1) [0.03]	0	0	-
Endrin	1	2	Austria (1) [0.04]	0	0	-
Flusilazol	2	4	Poland (2) [0.05-0.23]	0	0	-

7. EU Pesticide Database, http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=homepage&language=EN; Access on May, 5th, 2015

8. EU pesticide authorization status under http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.detail&language=EN&selectedID=1080

9. Regional temporary (e.g. 120 days) exceptions not considered

Legal Pesticide Limits in Waters in the EU

EU Water Framework Directive

With EU Directive 2000/60/EC, Environmental Quality Standards are defined for priority water contaminants¹⁰. Of these substances, three were found in the apple orchard water samples: atrazine, chlorpyrifos-ethyl and isoproturon. In the 6 samples in which these pesticides were found, the levels in 5 of them exceeded the quality standard limits, in one case exceeding the maximum EQS¹¹: This was the case for a single water sample from Italy containing chlorpyrifos-ethyl at more than 50 µg/l¹² (Table 12).

Table 12: Pesticides detected in water samples from apple orchards listed as priority water contaminants (EC 2008/105). Exceedances of Average (red), Maximum (orange) quality standard

Pesticide	No. of samples detected in	Countries in which found (no. of samples) [µg/l]	Environment quality standard (average/max) in µg/l
Atrazine	1	Switzerland (1) [0.059]	0.6 / 2.0
Chlorpyrifos-ethyl	4	Austria (1) [0.15] Italy (2) [0.16; >50] Poland (1) [0.1]	0.03 / 1.0
Isoproturon	1	Belgium (1) [0.95]	0.3 / 1.0

10. DIRECTIVE 2013/39/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy

11. The Water Framework directive defines a maximum value and a lower, annual average limit

12. Exceeding the maximum detectable value of the laboratory

Mixture effects

Pesticides do not normally occur in the environment as isolated single substances, but commonly as mixtures. The presence of mixtures of pesticides in the samples is strikingly illustrated by this study, with up to 13 pesticides found in a single soil sample (Fig. 1) and 12 in a single water sample (Fig. 2). Accordingly, both terrestrial and aquatic habitats could be contaminated by several substances either simultaneously or, more likely, over a short time frame with successive applications of different pesticides.

A previous Greenpeace study has reviewed some of the scientific literature on the combined effects of pesticide mixtures on humans and natural systems¹³. For natural systems, additive ($1 + 1 = 2$) and synergistic effects ($1 + 1 \geq 2$) were reported for certain pesticides. Among these, the following underlined substances were found in the apple orchard samples:

- The acaricides tau-Fluvalinate and coumaphos used in beehives showed an increase in toxicity to bees when the bees had previously been contaminated with the other pesticide.
- The toxicity to earthworms of cypermethrin and chlorpyrifos-ethyl was much higher for the mixture of both as compared to the single substances, even for chronic effects.
- A mixture of insecticides (containing endosulfan and chlorpyrifos (-ethyl)) killed 99% of one frog species, but not a different species
- Chlorothalonil and atrazine showed synergistic impairment of reproduction in water fleas.
- Exposure to a mixture of imidacloprid and thiacloprid resulted in a synergistic impact on the number of neonate (newborn) water fleas, while showing an additive effect for the body length.
- Addition of atrazine (10 µg/l) increased the toxicity of terbufos to water fleas in comparison with the individual administration of terbufos.

Combined exposures of pesticides can have unexpected effects compared to the effects of exposure to single active ingredients. Effects of combinations of pesticides may be additive, or in some cases they may be greater than additive. Testing of pesticides during the authorization process, however, is always performed with the single substance. Formal methods for evaluating mixture effects are under discussion within Europe, but a timeline for legislation has not yet been set. In any case, the evaluation of the toxicity of mixtures is technically a challenging task. Considering the maximum of 13 pesticides found in one soil sample, then taking just 5 at a time leads to a total of 1,287 combinations of pesticides which would need to be individually assessed. Taking two individual pesticides at a time leads to 78 combinations which need to be considered.

13. Mehrfachbelastungen durch Pestizide auf Mensch und Umwelt, Study for Greenpeace Germany, Hamburg 2012.

05

Annex

Analytical Methodologies

Annex A

Pesticides in water/ GC

An internal standard was added to 200 ml of the water sample and filtered through a SPE cartridge, in order to adsorb the pesticides onto the cartridge. Immediately, the cartridge was washed three times with 300 µl acetone. After drying the solution, the residue was absorbed in 300 µl acetone and the internal standard for PCBs was added directly. The quantification resulted from recovery over two limits of quantification (0.1 – 1 µg/l). All solutions were measured by GC-MS and FPD.

Instrument: GC AGILENT 7890
column: 15 m FS-Kapillare HP-5MS /Ø 0.250 mm

Pesticides in water/ LC

2 ml of the water sample was filtered using a membrane filter. An internal standard and 50 µl methanol were added to 850 µl of the filtrate. The quantification resulted from recovery over two limits of quantification (0.1 – 1 µg/l). All solutions were measured by LC-MS/MS (ESI-Modus).

Instrument: AB Sciex 5000 Tandem Mass spectrometer
column: Synergi 4 µm Fusion-RP 80A, 100 x 2.0 mm

Acid pesticides in water/LC

2 ml of the water sample were filtered using a membrane filter. An internal standard and 50 µl methanol were added to 850 µl of the filtrate. The quantification resulted from recovery over two limits of quantification (0.1 – 1 µg/l). All solutions were measured by HPLC-MS/MS (ESI-Modus).

Instrument: AB Sciex 5000 Tandem Mass spectrometer
column: Gemini C6-Pehnyl 3 µm, 50 x 2.0 mm

Pesticides in soil/ GC

10 ml ethylacetate were added to 5 g of a dry, homogenized soil sample. For extraction, the sample was mixed for 30 minutes. After centrifugation for 2 minutes, the internal standard and the PCB standard were added directly to 1 ml of the clear extract.

Instrument: GC AGILENT 7890
column: 15 m FS-Kapillare HP-5MS /Ø 0,250 mm

Pesticides in soil/ LC

20 ml ethylacetate and an internal standard were added to 5 g of a dry, homogenized soil sample. For extraction, the sample was mixed for 60 minutes. 200 µl of the overlap were dried completely and 1 ml of methanol/water (1:1) were added. The quantification was calculated from the recovery achieved of the internal standard.

Instrument: AB Sciex 5000 Tandem Mass spectrometer
column: Synergi 4 µm Fusion-RP 80A, 100 x 2.0 mm

Acid pesticides in soil/LC

5 g of a dry, homogenized soil sample were mixed with internal standard, 20 ml acetone and 500 µl concentrated hydrochloric acid. After mixing for 60 minutes and centrifugation for 2 minutes, 2 ml of the liquid extract were dried completely by using nitrogen. Afterwards, 500 µl methanol and 500 ml water were added to the residue which was measured by LC-MS/MS.

Instrument: AB Sciex 5000 Tandem Mass spectrometer
column: Gemini C6-Pehnyl 3 µm, 50 x 2.0 mm

Annex B

Pesticides summed from the applied product and/or metabolites as described by the IUPAC Pesticide Properties Database (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/index.htm>)

Carbendazim: reported as carbendazim, although it is a possible metabolite of both benomyl and thiophanate-methyl

DDT: sum of the metabolites DDD, p, p'- and DDE, p, p'-

Endosulfan: reported as the metabolite endosulfan sulfate

Pirimicarb: reported as the sum of pirimicarb, and the metabolites pirimicarb-desamido-desmethyl, pirimicarb-desmethyl and pirimicarb-desmethyl-formamido.

Terbutylazine: reported as the sum of terbutylazine, and the metabolites terbutylazine-2-hydroxy and terbutylazine-desethyl

References

EC (2000): Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption – preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting. European Commission, Delft.

EC (2004): Commission Staff Working Document SEC (2004) 1372 on implementation of the „Community Strategy for Endocrine Disrupters – a range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife“ (COM (1999) 706). Europäische Kommission, Brüssel.

EC (2007): Commission Staff Working Document on the implementation of the „Community Strategy for Endocrine Disrupters – a range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife“ (COM (1999) 706), (COM (2001) 262) and (SEC (2004) 1372), (SEC(2007)1635). European Commission (EC), Brussels, 30.11.2007.

EC (2009): Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC



Wie ökologische Lösungen wachsen können

Ökologische Schädlingsbekämpfung
und alternative Methoden zur Kontrolle
der wichtigsten Apfelschädlinge
und -krankheiten

Inhalt

01 Einleitung	36
02 Smart Breeding zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit: Markergestützte Selektion (MAS)	38
03 Für die ökologische Landwirtschaft geeignete Techniken zum Schutz von Apfelbaum und Apfelernte	
1 Bodengesundheit, Düngung und landwirtschaftliche Praxis	41
2 Bodenwassermanagement zur Unterstützung nützlicher Insekten	41
3 Ein stabiles Agrarökosystem zur Förderung natürlicher Feinde	41
4 Die Rolle der Überwachung bei der Schädlingsregulierung	42
5 Biologische Regulierung von Insektenschädlingen	42
6 Mischkultur und Wirtspflanzen für nützliche Räuber	42
7 Pheromone und Botenstoffe	43
8 Infektionserreger für Insekten	44
9 Kaolin	44
10 Kompost- und Pflanzenextrakte	44
04 Die Sicht des Bio-Apfelbauern	47
Literaturverzeichnis	56





01

Einleitung

Äpfel können von den verschiedensten Schädlingen und Krankheiten befallen werden. Viele für den Obstbau relevante Schadinsekten und durch Pilze und Bakterien hervorgerufene Krankheiten sowie weitere Substanzen, die zum Verderb von Lagerobst führen, wurden bereits ermittelt und beschrieben (FSA 2006; Peck & Merwin 2009). Äpfel sind sowohl in Europa als auch weltweit ein wichtiges Anbauprodukt. Sie werden in Form von Frischobst, Fruchtfleisch und Konzentrat gehandelt. Die EU trägt etwa ein Sechstel zur weltweiten Apfelproduktion bei (US Apple Association 2011), der Anteil der globalen Apfelexporte liegt hier bei etwas mehr als 40 % (Zahlen von 2012, WAPA 2015). Besonders wichtige Produzenten sind Polen, Italien, Frankreich, Deutschland, Ungarn und Spanien (FSA 2006).

Angesichts der Vielfalt an Schädlingen, Krankheiten und Verderbsorganismen, von denen Äpfel und andere Obstsorten befallen werden können, ist der Einsatz von Pestiziden recht weit verbreitet und durchaus intensiv (vgl. Eurostat 2007). Dies belegen auch die Ergebnisse von Boden- und Wasserproben, die zu Beginn der Blütephase auf (oder im Falle von Wasserproben in unmittelbarer Nähe von) Apfelplantagen genommen wurden und im ersten Teil dieses Dokuments beschrieben sind. Berichten zufolge werden auf Apfelbäumen entsprechend den Schädlingen und Krankheiten, von denen diese Sorten besonders befallen werden, hohe Mengen an Insektiziden und Pestiziden angewendet (Eurostat 2007). Folglich haben sich die Bedenken von Verbrauchern in Bezug auf Pestizidrückstände, die in marktüblichen Produkten vorkommen können, insbesondere auch auf Äpfel konzentriert. Die jüngsten Ergebnisse (2013) laufender EU-weiter Überblicksüberwachungen vermarkteter Äpfel zeigten 55 verschiedene Pestizide in 1.610 Apfelproben. Zwei Drittel dieser Proben wiesen nachweisbare Rückstände von einem oder mehreren Pestiziden auf. Multiple Rückstände wurden in 46 % der Proben festgestellt und in 6 % der Proben fand man sechs oder mehr Rückstände. In 1 % der untersuchten Proben wurde der Rückstandshöchstgehalt (RHG) für mindestens eines von neun Pestiziden überschritten (EFSA 2015).

Neben der Wirkung des umfangreichen Pestizideinsatzes auf Apfelplantagen am Verkaufsort sind auch die Auswirkungen am Ort der Verwendung in Betracht zu ziehen. Die Pestizidresistenz des Apfelwicklers, einem weltweit verbreiteten Schädling, wurde mehrfach auf den intensiven Einsatz von Pestiziden mit ähnlicher letaler Wirkungsweise zurückgeführt (vgl. Dunley & Welter 2000; Voudouris et al. 2011). Entgegen aller Vermutungen bereiten Obstbaumspeinnmilben meist erst Probleme, nachdem Obstplantagen mit Pestiziden behandelt wurden. Dies ist einerseits auf die Unterdrückung ihrer natürlichen Feinde zurückzuführen, andererseits scheinen einige Pestizide aufgrund mehrerer Mechanismen sogar förderlich auf Milbenpopulationen zu wirken, insbesondere wenn das Aufsprühen unter warmen Witterungsbedingungen erfolgt (Godfrey 2011).

Zu diesen potenziellen Problemen summieren sich zudem umfassendere mögliche Auswirkungen, die nicht zuletzt die menschliche Gesundheit betreffen. Landwirte und Erzeuger wurden in wissenschaftlichen Veröffentlichungen als Gruppen benannt, die aufgrund ihres direkten und wiederholten Einsatzes von verschiedensten Pestiziden und dem Kontakt damit besonders anfällig sind (Allsopp et al. 2015).

Was sind Pestizide?

Ein «Pestizid» ist im Wortsinn der Akt des Auslöschens einer Störung oder Seuche. Unter chemisch-synthetischen Pestiziden versteht man Substanzen oder Gemische, die zur Bekämpfung von Schädlingen eingesetzt werden, darunter Insekten, Pilze, Schimmelpilze und Unkrautarten. Die Substanzen sind auch unter der Bezeichnung «Pflanzenschutzmittel» bekannt. Häufig werden sie nach dem jeweiligen Zielschädling kategorisiert:

Insektizide: zur Insektenbekämpfung

Herbizide: zur Unkrautbekämpfung

Fungizide: zur Pilzbekämpfung

Zusammengenommen decken diese Gruppen eine sehr grosse Anzahl einzelner aktiver Inhaltsstoffe, Rezepturen und Markennamen ab. Ferner werden Pestizide anhand ihrer chemischen Klasse kategorisiert – z.B. Organophosphate (OP-Pestizide), Chlororganika (chlororganische Pestizide), Carbamate oder Neonicotinoide.

Eine übermäßige Pestizidabhängigkeit zieht unweigerlich wirtschaftliche Schäden nach sich. Die Aushöhlung der natürlichen Schädlingsregulierung wiederum beeinträchtigt Prozesse, die allein für das Gebiet der USA mit einem Wert von 4,49 Mrd. USD (4,2 Mrd. EUR) beziffert wurden (Losey & Vaughan 2006). Zieht man darüber hinaus weitere externalisierte Kosten in Betracht, vervielfachen sich die wirtschaftlichen Kosten. In den USA belaufen sich die wirtschaftlichen Einbußen, die auf den Einsatz von Pestiziden zurückzuführen sind, Schätzungen zufolge jährlich auf: 1,1 Milliarden USD (1 Milliarde EUR) für die öffentliche Gesundheit; 1,5 Milliarden USD (1,4 Milliarden EUR) für Pestizidresistenz; 1,4 Milliarden USD (1,3 Milliarden EUR) für pestizidbedingte Ernteverluste, 2,2 Milliarden USD (2 Milliarden EUR) für pestizidbedingte Vogelverluste und 2,0 Milliarden USD (1,8 Milliarden EUR) für Grundwasserbelastung (Pimentel & Burgess 2014).

Entgegen dieser Fakten wird jedoch in einigen akademischen Kreisen vehement die Ansicht verteidigt, Pestizide seien für den zukünftigen Erfolg der modernen Landwirtschaft unerlässlich (vgl. z. B. Weller et al. 2014), und fast scheint es, als würden zahlreiche Obstbauern diese Wahrnehmung teilen. Mit diesem Report, der sich auf die verfügbare Literatur stützt, soll gezeigt werden, dass bereits heute eine große Vielfalt an potenziellen Lösungen zur Regulierung von Schädlingen und Krankheiten im Apfelanbau existiert, die keinen Einsatz von Pestiziden erfordern. Mit der Bereitstellung dieser Informationen und dem Aufzeigen des Potenzials, das der Einsatz pestizidfreier Methoden für den Apfelanbau birgt, ist die Hoffnung verbunden, dass dieser Report dazu dient, diesen landwirtschaftlichen Sektor zu einer Umstellung auf ökologische Anbaumethoden zu bewegen. Eine solche Umstellung erfordert die potenzielle Anwendung einer vielfältigen Kombination von Techniken und Verfahren. Dazu zählen Methoden der Agrobiodiversität zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge und Krankheiten, Werkzeuge des ökologischen Pflanzenmanagements zur Bekämpfung von Schädlingsbefall und Infektionen in Apfelplantagen sowie Züchtungsmethoden zur Selektion krankheitsresistenter Sorten auf der Grundlage moderner biotechnologischer Verfahren.

02

Smart Breeding zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit: Markergestützte Selektion (MAS)

Viele beliebte kommerzielle Apfelsorten (wie Braeburn, Fuji, Gala, Pacific Rose, Pink Lady usw.) sind für den Apfelschorf verursachenden Schlauchpilz *Venturia inaequalis* anfällig. Zu weiteren wichtigen Krankheiten kommerzieller Apfelsorten zählen der durch den Pilz *Podosphaera leucotricha* verursachte Apfelmehltau sowie der durch das Bakterium *Erwinia amylovora* verursachte Feuerbrand. Zudem können auch bei der Apfellagerung Krankheiten auftreten. Damit pestizidfreie Apfelpflanzungen Wirklichkeit werden können, brauchen wir Apfelsorten, die gegen Krankheiten resistent sind, Verbrauchervorlieben hinsichtlich Geschmack und Beschaffenheit erfüllen und mehrere Monate lagerfähig sind.

Bis ein Apfelbaum die Fruchtphase erreicht, dauert es je nach verwendetem Wurzelstock drei bis acht Jahre. Folglich können traditionelle Züchtungsmethoden der Selektion bestimmter Merkmale wie Krankheitsresistenz langsam und damit kostenintensiv sein. Zudem werden viele Merkmale von mehreren Genen kontrolliert (Kumar et al. 2012), sodass die Züchtung von Sorten mit spezifischen Merkmalen äußerst komplex ist. In den vergangenen 10 bis 15 Jahren jedoch hat die Apfelzüchtung eine wahre Revolution erlebt (Troggio et al. 2012). Der wichtigste Fortschritt bestand in der Identifikation „molekularer Marker“ im Erbgut (der DNA) von Äpfeln, die mit bestimmten Merkmalen im Zusammenhang stehen. Die Ermittlung solcher Merkmale, beispielsweise von Krankheitsresistenz, wurde durch die Sequenzierung und Veröffentlichung des Apfelerbguts im Jahr 2010 ermöglicht. Durch die Identifikation dieser Marker können Apfelzüchter den herkömmlichen Züchtungsprozess unter Einsatz von Techniken der markergestützten Selektion (*Marker Assisted Selection*, MAS) beschleunigen.

Die markergestützte Selektion (MAS) ist ein äußerst nützlicher Züchtungsansatz, der die beschleunigte Züchtung neuer Sorten einer Vielzahl von Nutzpflanzen ermöglicht. Krankheitsresistente Sorten können so schneller und kostengünstiger auf den Markt gebracht werden (Vogel 2014). Die MAS ist auch als markergestützte Züchtung bekannt, moderne MAS-Methoden werden als „genomische Selektion“ bezeichnet. Alle beruhen auf dem gleichen Prinzip: Mithilfe molekularer Marker werden Bereiche des Erbguts, die Gene von Interesse enthalten, über den konventionellen Züchtungsprozess hinweg verfolgt. Damit können Züchter einfacher Nachkommen ermitteln, die mit hoher Wahrscheinlichkeit über die gewünschte Krankheitsresistenz verfügen. Entscheidend ist auch, dass Züchter dank MAS einfacher Nachkommen ermitteln können, die kein mit unerwünschten Merkmalen wie geringen Erträgen verbundenes genetisches Material in sich tragen (als *Linkage Drag* bezeichnet). Daher leistet die MAS einen wichtigen Beitrag zur Züchtung neuer Pflanzensorten mit gewünschten Merkmalen, wozu häufig die Merkmale wilder verwandter Pflanzen oder traditioneller Sorten genutzt werden (Vogel 2014). Die MAS stellt keinen Ersatz für traditionelle, konventionelle Züchtungstechniken dar, kann jedoch dazu beitragen, diese effizienter zu gestalten. Sie wird zur Selektion von Nachkommen mit spezifischen natürlichen Genen eingesetzt, die mit dem gewünschten Merkmal gekoppelt sind. Dazu bedarf es keinem Transfer einer Gensequenz wie bei den Verfahren der Gentechnik und die Pflanze weist im Ergebnis keine gentechnische Veränderung auf.

Die Veröffentlichung der DNA-Sequenz des Apfelerbguts (Velasco et al. 2010) hat den Einsatz von MAS in der Apfelzüchtung enorm vorangetrieben:

„Zahlreiche Gene in Verbindung mit Krankheitsresistenz, Aroma und Geschmack, Pflanzenentwicklung und Reaktion auf die Umwelt wurden identifiziert und auf den Chromosomen kartiert. [...] Diese Marker werden derzeit in modernen Züchtungsprogrammen und komparativen genetischen Studien genutzt, die die Sortenentwicklung vorantreiben sollten. Die verankerte Sequenz des Apfelerbguts wird ein Werkzeug sein, das eine neue Ära für die Züchtung dieser Kulturpflanze einläutet.“ (Velasco et al. 2010)

Weil diese Sequenz öffentlich verfügbar ist, können molekulare Marker spezifischer Merkmale über das gesamte Apfelerbgut hinweg leichter identifiziert werden. Oft ist die Ermittlung von Markern ein zeitaufwändiger Schritt, der das Tempo der MAS verlangsamt. Die Veröffentlichung des Erbguts verspricht folglich eine deutliche Beschleunigung des Prozesses der Züchtung neuer Apfelsorten mit krankheitsresistenten Merkmalen, die sich für einen pestizidfreien Anbau als geeignet erweisen könnten.

Eine große Anzahl wichtiger mit Krankheitsresistenz verbundener Gene wurden nunmehr im Apfelerbgut kartiert, darunter auch für Apfelschorf, Echten Mehltau und Feuerbrand (Kumar et al. 2012). Zudem konnten ebenfalls Gene identifiziert werden, die für die Resistenz gegen Insektenbefall, darunter durch die Apfelblutlaus (*Eriosoma lanigerum*), einen bedeutenden Apfelbaumschädling, verantwortlich sind (Kumar et al. 2012). Durch die Verfolgung verschiedener molekularer Marker kann die MAS die Kombination mehrerer verschiedener Resistenzgene für eine einzelne Krankheit ermöglichen (ein als „Gen-Pyramidisierung“ bezeichneter Prozess). Dadurch lassen sich oft dauerhafte Resistenzeigenschaften entwickeln. Mithilfe multipler Gene kann häufig eine Krankheitsresistenz über einen längeren Zeitraum erreicht werden, als durch ein einziges Gen möglich ist (Kellerhals et al. 2014).

Gene, die für eine Resistenz gegen Feuerbrand verantwortlich sind, wurden sowohl in *Malus*-Wildarten als auch in alten Anbausorten gefunden. Mithilfe von MAS lassen sich diese Gene durch Züchtung potenziell in kommerzielle Sorten integrieren, ohne dass unerwünschte Merkmale, die Verzehrqualität oder Apfelgröße beeinträchtigen könnten, übertragen werden (Kellerhals et al. 2014). Gegen Feuerbrand und Apfelschorf resistente Apfelsorten werden mithilfe von MAS entwickelt, um die Pyramidisierung multipler Resistenzgene zu unterstützen. Diese ermöglichen potenziell eine anhaltende Resistenz gegen diese Krankheiten.

Zudem kann die MAS die Züchtung von Apfelsorten mit Resistenzen gegenüber multiplen Krankheiten unterstützen (vgl. z. B. Kumar et al. 2012; Kellerhals et al. 2014). So konnten mithilfe von MAS gegen Feuerbrand, Apfelschorf und Echten Mehltau resistente Nachkommen ermittelt werden (Baumgartner et al. 2010). Solche Nachkommen lassen sich für die weitere Züchtung nutzen, um Sorten zu entwickeln, die gegen multiple Krankheiten resistent bzw. tolerant sind.

Während sich einige der resistenten Apfelsorten noch in der Entwicklung befinden, sind andere krankheitsresistente Sorten bereits erhältlich (Brown & Maloney 2013; Agroscope 2015). Es wird erwartet, dass in den nächsten Jahren weitere Apfelsorten freigegeben werden, deren Krankheitsresistenz von längerer Dauer ist und die gegen multiple Krankheiten resistent sind. Dennoch muss sich die MAS noch weiteren Herausforderungen stellen, etwa der Ermittlung der bestmöglichen Markerkombination zur Pyramidisierung von Krankheitsresistenz. Die MAS und die daraus hervorgehenden resistenten Sorten können nicht als einfaches Wundermittel betrachtet werden. Selbst wenn sich ein Baum als resistent gegenüber einem oder mehreren Schädlingen erweist, wird er wohl kaum gegen alle resistent sein (Hinman & Ames 2013). Folglich müssen krankheitsresistente Sorten nach ökologischen Kriterien angebaut werden, die dazu beitragen, die Häufigkeit und Schwere von Schädlingsbefall und Krankheitsausbrüchen zu reduzieren und Bedingungen zu vermeiden, unter denen diese leicht auftreten.



03

Für die ökologische Landwirtschaft geeignete Techniken zum Schutz von Apfelbaum und Apfelernte

Bodengesundheit, Düngung und landwirtschaftliche Praxis

Im Apfelanbau lassen sich zahlreiche Aspekte mithilfe bestimmter Vorgehensweisen beeinflussen, die dazu beitragen, dem Befall von Schädlingen und dem Ausbruch von Krankheiten vorzubeugen oder im Falle ihres Auftretens dagegen vorzugehen. Dementsprechend müssen Anbaustrategien gut durchdacht sein und die gesamten Anbauzyklen und die damit verbundene Bodenbewirtschaftung berücksichtigen. Apfelsorten sind für Krankheiten unterschiedlich anfällig, doch auch Baumschnittpraktiken und Düngemittelanwendungen können den Ausbruch von Krankheiten beeinflussen. In einem optimierten Anbausystem wird die Anwendung weiterer innovativer Bewirtschaftungstechniken begünstigt, die in einem nicht optimierten System weniger effektiv wären. Dies dürfte insbesondere dann zutreffen, wenn die Bewirtschaftung nach ökologischen oder bio-landwirtschaftlichen Kriterien ohne chemischen Input erfolgt (vgl. Trapman & Jansonius 2008). Folglich verdienen Baumschnittpraktiken, der Einsatz von Düngemitteln, die Bodenbewirtschaftung und die Verwendung von Deckfrüchten besondere Aufmerksamkeit.

Bodenwassermanagement zur Unterstützung nützlicher Insekten

Es wurde nachgewiesen, dass Bodenwassermanagement und die Verhinderung von Staunässe neben zahlreichen weiteren Faktoren die Populationen von Ohrwürmern in Obstplantagen begünstigen können (Helsen et al. 2004) und dass schlecht entwässerte Bereiche innerhalb einer Parzelle weniger dieser wichtigen Räuber von Apfelblutläusen (*E. lanigerum*) beherbergen (Helsen & Winkler 2007). Möglicherweise verhindert eine schlechte Entwässerung das Nisten und Ablegen der Eier im Boden (Helsen & Simonse 2006).

Ein stabiles Agrarökosystem zur Förderung natürlicher Feinde

Auch die Stabilität der Plantagenumwelt spielt bei der Unterstützung von Populationen natürlicher Feinde eine Rolle. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer einer Plantage kann sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken. In dieser Zeit unterliegt sie einer Bewirtschaftung, die sich durch minimale oder keine Bodenbearbeitung auszeichnet. Dieses stabile System wird unterbrochen, wenn Bäume gefällt und ersetzt werden oder wenn Pestizide intensiv zum Einsatz kommen, wie es in der industriellen Landwirtschaft über die gesamte Anbauperiode hinweg praktiziert wird. Zwar kann eine Rekolonisierung mit Nutzinsekten von außerhalb der Plantage erfolgen, dies kann jedoch viel Zeit in Anspruch nehmen, sodass sich Obstbauern unter Umständen gezwungen sehen, den Prozess zu beschleunigen, indem sie die Gegenspieler von Schädlingen einfangen und in Neuanpflanzungen aussetzen (Helsen & Winkler 2007). Auch die Bekämpfung der Obstbaumspinnmilbe wird durch eine stabile Umwelt begünstigt, in der sich Raubmilbenpopulationen entwickeln können. Berichten zufolge haben Bioapfelbauern in den USA nur selten Probleme mit Obstbaumspinnmilben, weil die von ihnen angewandten Methoden der Schädlingsregulierung für Raubmilben relativ ungiftig sind (Foster 2014).

Die Rolle der Überwachung bei der Schädlingsregulierung

Entscheidende Elemente bei der Bekämpfung der Obstbaumspinnmilbe und anderer Insektenschädlinge (Foster 2014) sind Beobachtung und Prognose anhand früherer Erfahrungen und dem Eintreten von Bedingungen, die einen Befall auf Plantagenniveau begünstigen (Hinman & Ames 2013). In der Schweiz wurde diese Philosophie in einer nationalen Agentur zu einem ausgeklügelten Prognosewerkzeug weiterentwickelt, das multiple Faktoren einbezieht. Anhand von Temperatur, Feuchtigkeit und dem prognostizierten Wetter sowie dem Lebenszyklus spezifischer Schädlingsorganismen wird das SOPRA-System (SOPRA: Schadorganismen-Prognose auf Apfel) für die zeitliche Bestimmung, Überwachung, Regulierung und Bekämpfung von Schädlingsbefall eingesetzt (Graf et al. 2003). Das System ist u. a. für folgende Arten verfügbar: Mehliges Apfelblattlaus, Apfelsägewespe, Kleiner Fruchtwickler und Apfelwickler. Ein ähnliches webbasiertes Modell wurde im US-Bundesstaat Washington für Obstbauern entwickelt (Jones et al. 2010).

Biologische Regulierung von Insektenschädlingen

Das Prinzip des Einsatzes natürlicher Feinde von Schadinsekten im Obstbau ist bereits weit entwickelt. Durch die Bereitstellung natürlicher Lebensräume oder Nahrungsquellen können natürliche Feinde gefördert werden. Ebenso können Populationen direkt auf der Plantage ausgebracht werden. In Großbritannien werden bereits zahlreiche Räuberorganismen eingesetzt, für weitere Entwicklungen besteht Potenzial (Mason et al. 2009). Die Blutlaus-Zehrwespe (*Aphelinus mali*) ist eine von mehreren parasitischen Wespen, die seit Anfang der 1920er-Jahre auf neuseeländischen Obstplantagen zur Blattlausbekämpfung eingeführt wurden. Sie wurde dort rasch heimisch (Walker 1989). *Anystis baccarum* ist eine Raubmilbe, die sich von der Obstbaumspinnmilbe und der Apfelrostmilbe ernähren kann. Die Überwinterung der Eier beider Beutearten unterstützen den Räuber während der Winterperiode (Mason et al. 2009). *Anthocoris nemorum*, eine Blumenwanze, ist ein sehr wichtiger Räuber, der als Imago überwintert und wieder in Erscheinung tritt, sobald günstige Wetterbedingungen eintreten und Beuteorganismen verfügbar werden (Mason et al. 2009). *Platygaster demades* ist ein Eiparasitoid der Apfelmücke und kann bei der Bekämpfung dieses Schädlings große Wirkung zeigen (Sandanayaka & Charles, 2006).

Mischkultur und Wirtspflanzen für nützliche Räuber

In einer Mischkultur werden Begleitpflanzen mit nützlichen oder abweisenden Eigenschaften neben Apfelbäumen kultiviert. Auf der Plantage können stickstoffbindende Pflanzen angepflanzt werden, während einer Reihe anderer Pflanzen die Fähigkeit zugeschrieben wird, Schädlinge und Infektionskrankheiten abzuwehren. Doch wurden solche Techniken bisher relativ wenig untersucht (Mayer 2010). Eine andere Herangehensweise ist die sorgfältige Kontrolle des Wachstums von Pflanzen, die als alternative Wirtspflanzen für Schädlinge agieren können (Solomon et al. 1999), während wieder andere Pflanzungen die Entwicklung von Nutzinsektenpopulationen begünstigen können (Vogt & Wiegel 1999).

Eine weitere Methode impliziert den Einsatz von Agroforsttechniken, wie das Beispiel des Wakelyns Agroforestry Project in Suffolk, Großbritannien, verdeutlicht (EURAF 2015). Hier wurden Obstbäume und Bäume zur Holzgewinnung gepflanzt sowie Getreidesorten im Fruchtwechselanbau mit Kartoffeln, Kürbis und Weidegräsern kultiviert. Die Verteilung der Apfelbäume zwischen den sieben anderen angepflanzten Baumarten wirkte sich positiv auf die Schädlings- und Krankheitspegel aus. Es wird vermutet, dass dies auf ihre entsprechende räumliche Verteilungsmuster im Zusammenspiel mit der Wirkung der zusätzlich angepflanzten Baumarten als „Krankheitspuffer“ zurückzuführen ist. Auch hinsichtlich der Ausbreitung von Krankheiten in den angebauten Ackerkulturen ließen sich positive Auswirkungen feststellen.



Eine weitere Methode, die Aufmerksamkeit erregte und möglicherweise dort von Vorteil sein kann, wo Äpfel in Agrarforstsystemen angebaut werden, impliziert die Förderung von Vögeln als Schädlingsfeinden. Eine holländische Studie ergab, dass die Bereitstellung von Nistkästen und Nahrungsquellen für Vögel in mehreren Obstplantagen dazu beitrug, in jenen Obstplantagen, in denen mit integriertem Pflanzenschutz (IPM) gearbeitet wurde, Raupenschädlinge zu unterdrücken. In Plantagen, die nach ökologischen Anbaukriterien bewirtschaftet wurden, ließ sich dieser Zusammenhang jedoch nicht feststellen (Mols & Visser 2007).

Pheromone und Botenstoffe

Insektenpheromone (und andere Lockbotenstoffe) lassen sich auf verschiedene Art und Weise zur Überwachung und Regulierung diverser Apfelschädlinge einsetzen (vgl. PAN-UK 2007). Mit Pestiziden behandelte Pheromonfallen werden bereits dazu eingesetzt, verschiedenste Schädlinge anzulocken und zu töten (vgl. El-Sayed et al. 2009). Andere wie beispielsweise die zur Bekämpfung des Apfelwicklers eingesetzten Fallen hingegen nutzen Sexualpheromone, um ausgewachsene männliche – oder auch männliche und weibliche Apfelwickler gemeinsam – anzulocken und massenhaft einzufangen (El-Sayed et al. 2006). Wenn Fallen zur Überwachung der Populationsdichte eingesetzt werden, können sie dabei helfen, den richtigen Zeitpunkt für die Ausbringung von Pestiziden zu ermitteln, einschließlich jener, die mit ökologischen Anbautechniken kompatibel sind. Die großangelegte Verteilung von Pheromonen zur Störung der Paarung von Apfelwicklern ist eine relativ neue Regulierungstaktik, die auf einigen Apfelplantagen gute Erfolge versprechen kann (Barrett et al. undatiert). Bei dieser Technik werden Pheromone recht großzügig verteilt, damit weibliche Apfelwickler von den Männchen nicht mehr gefunden werden und folglich keine Fortpflanzung stattfinden kann (Bessin 2010). Zudem gibt es Belege dafür, dass Chemikalien, die zum Anlocken des Apfelwicklers eingesetzt werden, auch Apfelbaum-Glasflügler effektiv anziehen können (Tóth et al. 2011). Außerdem könnten verschiedene chemische Lockstoffe dazu ausgewählt werden, räuberische oder parasitische Insekten in die Nähe von Agrarflächen zu locken (vgl. Wright et al. 2013).

Infektionserreger für Insekten

Insekten sind für Infektionen anfällig, die von einer Vielfalt pathogener Organismen verursacht werden können, darunter Viren, Bakterien und Pilzen. Speziell das Granulosevirus wurde als kommerzielle Behandlungsmethode entwickelt, die auf die Larve des Apfelwicklers im frühen Stadium wirkt (Mahr et al. 2008). Die Sporen des Bakteriums *Bacillus thuringiensis* haben sich bei der Bekämpfung einiger Insektenschädlinge als effektiv erwiesen, zeigen aber beim Apfelwickler weniger Wirkung (Hinman & Ames 2011).¹

Kaolin

Die zunächst Ende der 1990er-Jahre entwickelte Methode zur Schädlingsregulierung durch Aufsprühen von Kaolinpartikeln wird mittlerweile in den USA umfangreich eingesetzt. Das Spray hinterlässt eine Art pulverigen Belag auf den Bäumen, die als Schutzschicht gegen Insektenschädlinge wirkt und zudem bei Kontakt Irritationen verursachen kann. Außerdem werden Obstbäume als Wirtspflanzen für Insektenschädlinge schwerer erkennbar. Das Aufsprühen beginnt nach dem Abfallen der Blütenblätter und wird über einen Zeitraum von acht Wochen fortgesetzt, um den Apfelwickler abzuwehren. Die Behandlung kann auch länger fortgeführt werden, um weiteren Schädlingen wie der Apfelfruchtfliege beizukommen. Solange die Bäume mit der Schicht überzogen sind, sind die Schäden durch Schädlinge erheblich reduziert, allerdings beeinträchtigen Wind und Regen mit der Zeit die Integrität und damit die Effektivität der Kaolinschicht (Hinman & Ames 2011; Caldwell et al. 2013). Systeme auf der Grundlage dieser Technologie der Beschichtung mit Kaolinpartikeln gelten in den USA als die derzeit für Bio-Apfelbauern (und andere Obstbauern) verfügbare Methode, die einer breit gefächerten Insektenschädlingsregulierung am nächsten kommt (Hinman & Ames 2013). Während sie der Pesticides Properties Database (Datenbank zu Pestizideigenschaften) zufolge in den USA bereits breite Anwendung findet, scheint sie in Europa derzeit erst in Belgien, Frankreich und Griechenland eingesetzt zu werden (vgl. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/2410.htm>). Sie ist für den Einsatz gegen den Birnenschädling *Psylla pyricola* und mehrere Obstbäume befallende Blattlausarten registriert (EC 2011).

Kompost- und Pflanzenextrakte

Der Einsatz wässriger Kompostextrakte zur Verhinderung von Pflanzenkrankheiten wurde ebenfalls in den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten erforscht, nachdem man entdeckt hatte, dass Champost-Extrakt besonders effektiv gegen Pflanzenkrankheiten wirkt (Yohalem et al. 1994). Später zeigte sich, dass es zudem gegen den Apfelschorferreger Wirkung zeigt (Yohalem et al. 1996). Auch für verschiedene andere Kulturpflanzen wurde seine Schutzwirkung untersucht (Sagar et al. 2009). Weitere ähnliche Extrakte aus der Grünabfallkompostierung erwiesen sich ebenfalls zur Hemmung der Pilzerreger von Apfelschorf und Falschem Mehltau als nützlich (Larbi et al. 2006). Die Wirkstoffe solcher Extrakte könnten in der Lage sein, Autoklavierungsprozesse zu überstehen, wie die in Japan nachgewiesene Unterdrückung eines pathogenen Pilzes durch ein Extrakt aus autoklaviertem Pilzkompost zeigte (Parada et al. 2011). Aus dem Niembaum (*Azadirachta indica*) extrahiertes Öl sowie Ackerschachtelhalm-Extrakt (*Equisetum arvense*) wurden ebenfalls bereits zur Schädlingsregulierung auf Apfelplantagen eingesetzt (PAN-Europe 2007), der Einsatz von *Quassia amara*-Extrakt erwies sich Berichten zufolge für die Bekämpfung der Apfelsägewespe als nützlich (Psota et al. 2010). Diese Methoden wurden neben einer Vielzahl weiterer potenzieller Techniken, von denen in der Literatur berichtet wird, für den Einsatz im ökologischen Anbau als tauglich befunden (vgl. Caldwell et al. 2013).

1. Sowohl die Sporen, als auch die kristallinen Proteine des Bakteriums *Bacillus thuringiensis* sind in der ökologischen Landwirtschaft erlaubt und sind anders und viel spezifischer in ihrer Toxizität als das Bt-Protein, welches von gentechnisch veränderten Pflanzen produziert wird.





04

Die Sicht des Bio-Apfelbauern

Die Anwendung verschiedener pestizidfreier Systeme im Apfelanbau lässt sich auf praktischer Ebene illustrieren. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Schädlinge und Krankheiten für Äpfel zusammen mit Angaben zu den verfügbaren pestizidfreien Methoden zu ihrer Regulierung und Bekämpfung aufgelistet. In ökologischen/biologischen Apfelanbausystemen verlässt man sich zunehmend auf Kulturmaßnahmen. Damit können größere Anstrengungen verbunden sein, da zahlreiche Schädlinge einen gezielten Ansatz erfordern. Insbesondere die Regulierung von Pilzkrankheiten allein durch Kulturmaßnahmen kann sich als schwierig erweisen. Möglicherweise müssen bio-zertifizierte Behandlungen zum Einsatz kommen, um eine effektive Regulierung der Pilze und einiger Insektenschädlinge aufrechterhalten zu können.

Die Erfahrungen von Danny Billens, einem seit 30 Jahren praktizierenden Apfelbauern aus Oetingen in Pajottenland, einer sanften Hügellandschaft im belgischen Flandern, scheinen recht typisch zu sein. Er hat gezeigt, dass Äpfel auch bei nur minimaler Anwendung bio-zertifizierter Pestizide sehr gut gedeihen können. Mit seiner Anbau- und Marketingstrategie verfolgt er einen äußerst pragmatischen Ansatz. Kurzum, er hat gezeigt, dass der Apfelanbau auch ohne den intensiven Einsatz chemischer Pestizide praktiziert werden kann. Weil Billens weiß, dass die meisten Organismen auf seinen Apfelplantagen nützlich sind, bevorzugt er eine äußerst fokussierte Schädlingsbekämpfung. Sein Erfolg basiert vor allem darauf, dass er einen holistischen Ökosystem-Ansatz verfolgt, weshalb seine Plantage Schädlingen und Krankheiten gegenüber widerstandsfähiger ist.

„Das ist keine leichte Aufgabe, aber ganz sicher kann ich die gleichen Gewinne erzielen, wie es beim Apfelanbau mit Pestizideinsatz möglich wäre.“

Danny Billens hat die Erfahrung gemacht, dass der Markt für Bioprodukte enorm ist:

„Da herrscht fast immer ein Mangel. Es ist schwierig, das ganze Jahr über für Nachschub zu sorgen.“

Bio-Apfelbauern profitieren bei einem Anstieg der gesamten Apfelproduktion, weil es keinen Wettbewerb gibt. Flämische und holländische Apfelbauern befinden sich in einem regen Informationsaustausch. Damit ist der Bio-Obstanbau ein äußerst innovativer Sektor, in dem eine breite Palette an alternativen Pestiziden, Verfahren und Methoden zur Schädlings- und Krankheitsregulierung zum Einsatz kommt, berichtet Billens. Er selbst setzt häufig Nesselextrakt gegen Blattläuse sowie ein aus Ackerschachtelhalm hergestelltes Extrakt ein. Als biologisch wirtschaftender Apfelbauer möchte er so wenige Organismen und Tiere wie nur möglich beeinträchtigen und ist sich der Tatsache bewusst, dass eine breit angelegte chemische Behandlung auch nützliche natürliche Insektenräuber eliminiert.

Selbst bio-zertifizierte Pestizide können sich bei zu häufigem oder unangemessenem Einsatz nachteilig auf die Umwelt auswirken. Ein wichtiges Beispiel dafür ist Kupfersulfat, das gegen Mehltau, hauptsächlich jedoch gegen Schorf, die Apfelkrankheit, die am meisten Schaden verursacht, eingesetzt wird. Auch Billens setzt Kupfersulfat ein, allerdings nur im Frühling, um die Bäume vor Krankheiten zu schützen, und in einer Dosis, die um ein Zehnfaches unter der auf der Verpackung angegebenen Empfehlung liegt.

„Konventionell wirtschaftende Apfelbauern wenden normalerweise 3-5 kg pro Hektar an, wie auf der Verpackung angegeben. Wir verwenden höchstens 500 g pro Hektar.“

Billens' Erfahrung nach gibt es zu Kupfersulfat kaum Alternativen. In Belgien ist Schwefelpuder in Kombination mit Calciumoxid, auch als Branntkalk bekannt, zugelassen. Billens bezeichnet das als „Kalifornischen Brei“. Früher stellte er ihn selbst her, heute ist er jedoch als Fertigprodukt auf dem Markt erhältlich. Billens ist überzeugt:

„Es handelt sich um ein sauberes Produkt, weil es zu Kalk zerfällt und damit gleichzeitig ein Düngemittel ist.“

Diese Substanz darf zwischen Mitte März und Mitte Juni angewendet werden, was ausreicht, um Schorf und Mehltau unter Kontrolle zu halten.

Widerstandsfähige Äpfel

Während Äpfel verschiedene Resistenzen aufweisen und neue Techniken dazu beitragen können, schneller resistente Äpfel zu entwickeln, ist Billens der Ansicht, dass neue Sorten auf dem Markt auf Hindernisse stoßen werden. Zwar wäre eine resistente Sorte geradezu ideal,

„Großhändler und Supermärkte hingegen wollen nur die üblichen Sorten.“

In den Niederlanden beispielsweise bevorzugen die Einzelhändler Elstar, in Belgien Jonagold. Die Märkte, auf die sich Biobauern stützen – Bauernmärkte und die Lieferung an Privathaushalte –, bieten hingegen mehr Möglichkeiten für die Vermarktung anderer Apfelsorten.

„Seit Jahren wird mit robusteren Sorten experimentiert. Und manchmal findet sich da eine gute. Eine wirklich leckere Sorte, die viel weniger anfällig ist.“

Trotz der Möglichkeit der Entwicklung einer dauerhaften Resistenz kann eine solche möglicherweise nicht unendlich andauern. Wachsamkeit ist stets gefordert, und zur Prognostizierung von Krankheitsausbrüchen müssen die bestmöglichen Methoden zum Einsatz kommen. Billens ist der Ansicht, dass

„Keime, insbesondere Pilze, mutieren und früher oder später die Resistenz durchbrechen.“

Ein solcher Durchbruch macht sich von einem Tag auf den nächsten bemerkbar.

„Plötzlich ist die Plantage voller Mehltau. Oder voller Schorf.“

Darum hat er seine eigene Wetterstation eingerichtet, denn anhand von Witterungsbedingungen lassen sich Schädlings- und Krankheitsprobleme häufig gut voraussagen.

„Damit kann ich messen, ob ein großer Befall bevorsteht, und so rechtzeitig Maßnahmen ergreifen.“

Marienkäfer, die kleinen Helfer auf der Bio-Apfelplantage

Billens könnte eine Substanz namens Spinosad gegen die Larven des Apfelwicklers einsetzen, seiner Ansicht nach ist deren Wirkungsweise jedoch zu weit gefasst, da sie auch nützliche Organismen schädigt:

„Spinosad tötet auch Marienkäfer und Ohrwürmer, sodass ich diese Substanz nur im äußersten Notfall anwenden würde.“

Auch Spruzit, ein nicht-synthetisches Insektizid auf Phyretrumbasis, stünde ihm zur Verfügung, doch auch dieses Mittel hat ähnlich negative Auswirkungen. Aus diesem Grund setzt er es nur im Vorfrühling zum Schutz der Apfelblüten vor Raupenschäden ein, wenn noch keine Ohrwürmer und Marienkäfer da sind. Er bevorzugt den Einsatz eines bakteriellen Toxins wie Bt (*B. thuringiensis*), da dieses gezielter wirkt, oder eines krankheitsverursachenden Virus. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass sie Sonnenlicht nicht vertragen.

„Diese Ressourcen sind besser geworden, allerdings muss man die Anwendung aller 7 bis 10 Tage wiederholen.“

Duftstoffe zur Verwirrung von Schadinsekten

Eine neue, effektive Behandlungsmethode für den Apfelwickler besteht im Einsatz von Pheromonen zur Verwirrung oder Konfusion von Schadinsekten. Der Duftstoff, der männliche Insekten anzieht, wird auf der ganzen Plantage verteilt, sodass die Männchen die Weibchen nicht finden und sich nicht mit ihnen paaren können.

„Das funktioniert gut, allerdings besonders auf großen Plantagen“,

erklärt der Apfelbauer, aber selbst in großen Parzellen müssen die Randbereiche seiner Erfahrung nach dennoch beispielsweise mit Bakterienpräparaten behandelt werden. Natürliche Feinde von Schädlingen, beispielsweise parasitische Wespen, Ohrwürmer und Marienkäfer sind auf einer nach biologischen Kriterien bewirtschafteten Plantage von überragender Bedeutung.

Niembraum gegen Mehliges Apfelblattlaus

Über das Jahr verteilt lassen sich immer wieder zahlreiche grüne Blattläuse auf den Bäumen finden. Anders als viele andere Blattlausarten sind diese nahezu harmlos und richten nur geringfügige kosmetische Schäden an:

„Man sieht lediglich ab und an ein paar gewellte Blätter.“

Billens ist sogar froh über die grünen Blattläuse auf seiner Plantage, weil sie den natürlichen Feinden zur Nahrung dienen. Gibt es viele grüne Blattläuse, so gibt es auch viele Ohrwürmer und Marienkäfer, die wiederum die Mehliges Apfelblattlaus unter Kontrolle halten.

Die Mehliges Apfelblattlaus kann sich zu einem ernsthaften Problem entwickeln, da sie bewirkt, dass sich Blätter einrollen und Äpfel klein bleiben. Wird die Mehliges Apfelblattlaus problematisch, nutzt der Apfelbauer NeemAzal, einen aus dem Niembraum (*Azadirachta indica*) gewonnenen Wirkstoff. Dieser wirkt recht effektiv, allerdings nur, wenn er im richtigen Moment angewendet wird.

Strohrefugien für Ohrwürmer

Billens setzt Strohrefugien nur ein, wenn erforderlich, und dies auch nur zu Beginn der Saison. Früher, als seine Bio-Plantage noch im Aufbau begriffen war, lockte er Ohrwürmer an, indem er leere Gefäße mit Stroh befüllte und so Schutzorte schuf, in denen sich Ohrwürmer verstecken konnten:

„Der Vorteil ist, dass man diese Gefäße mit den Ohrwürmern bewegen kann. Werden die Ohrwürmer an einer bestimmten Stelle gebraucht, hängt man das Gefäß einfach dorthin.“

Vor vielen Jahren testete Billens auch Strohsäckchen mit Wespen und Florfliegen, dies funktionierte jedoch nicht so gut, da diese zumeist davongeflogen sind. Heute leben sie einfach mit auf der Plantage und ihre Populationen entwickeln sich von selbst.

Unkräuter und Wühlmäuse

Auf Billens' Plantage wachsen auch Blumen, die Nutzinsektenpopulationen zur Ernährung dienen. In den Randbereichen sät er Saatgutmischungen für Weidegräser aus und zwischen den Bäumen lässt er Löwenzahn, Gänseblümchen, Butterblumen und andere Kräuter blühen.

„Florfliegen brauchen zum Überleben Pollen. Also müssen wir sicherstellen, dass sie Blüten vorfinden.“

Unkräuter stellen für Billens kaum ein Problem dar. Eine Ausnahme bilden Wurzelunkräuter wie Nesseln, Disteln und Sauerampfer, die er mit einer Schaufel entfernt. Mit einer Hacke hält er die Baumgrenze frei. Das ist arbeitsintensiv, seiner Ansicht nach jedoch die beste Lösung. Früher versuchte er es mit unkrautunterdrückenden Schichten, indem er beispielsweise um die Baumstämme herum Mulch ausbrachte, doch Wühlmäuse, die schwere Schäden verursachen, weil sie die Rinde von Obstbäumen fressen, versteckten sich häufig darunter und entkamen so ihren natürlichen Feinden. Billens belässt die kleineren blühenden Unkräuter zwischen den Baumreihen und mäht nur streifenweise. Die jeweils abwechselnden Streifen werden nicht gemäht, bevor sie nicht erneut in Blüte stehen.

Weniger Produktivität bei höherem Einkommen

Die Aufrechterhaltung der Vielfalt auf einer Plantage ist für ein ausgewogenes Ökosystem und damit auch für eine gesunde Population natürlicher Schädlingsfeinde entscheidend. Die Konkurrenz durch Unkräuter ist etwas, das ein Bio-Unternehmer gelegentlich gegen die Anforderung, ein vielfältiges, ausgewogenes Ökosystem aufrechtzuerhalten, abwägen muss. Zudem muss sich der Obstbauer mit dem zufriedengeben, was die Plantage produziert, und darf den Bäumen nicht zu viel abverlangen.

„Wenn die Preise sinken, neigt man manchmal dazu, zu viel von einer Plantage einzufordern.“

Durch mehr Dünger beispielsweise lassen sich zwar mehr Äpfel pro Hektar produzieren, doch auch Probleme wie Obstbaumkrebs, Lagerkrankheiten oder Blattläuse können damit begünstigt werden:

„Und aus einer Sache ergibt sich die nächste.“

Billens erklärt, dass es notwendig ist, die Kontrolle über Produktion und Verkauf so weit wie möglich auf betrieblicher Ebene zu behalten. Diese Strategie hat ihn dazu veranlasst, in seinem Betrieb selbst Apfelsaft herzustellen, um seiner Produktion einen Mehrwert hinzuzufügen, indem er auch qualitativ weniger hochwertige Äpfel einer Verwendung zuführt. Supermärkte verkaufen keine Äpfel geringerer Qualität.

„In der Saison kann ich diese Äpfel für 0,70 € pro Kilo an alternative Märkte verkaufen. Das entspricht dem halben Preis der Äpfel erster Klasse, für mich ist es aber immer noch ein guter Preis.“

Vor 30 Jahren war Billens der erste Apfelbauer in Flandern, der professionell Bio-Äpfel anbaute. Heute betreibt er eine Apfelplantage von 6,5 Hektar und baut auf einem Hektar Birnen und auf einem halben Hektar Pflaumen und Kirschen an. Sein Bioladen ist gewachsen: Hier werden Bioprodukte aller Art angeboten, zudem betreibt seine Tochter eine hauseigene Bäckerei. Außerdem vertreibt Billens sein Obst auf einem Markt für Bioprodukte und nach dem Biokistensystem.

Billens hat gezeigt, dass Bio-Apfelbauern zwar vielleicht weniger Kilo pro Hektar produzieren, doch gleichzeitig von den guten Preisen profitieren, die ihre Produkte auf dem Markt erzielen. Zudem sorgen die geringeren Kosten für Düngemittel und insbesondere für Pestizide dafür, dass die wirtschaftliche Gleichung aufgeht. Mit etwas geschicktem Unternehmerteil kann eine relativ kleine, nach bio-landwirtschaftlichen/ökologischen Prinzipien bewirtschaftete Plantage folglich für ein gutes Einkommen sorgen.

Tabelle 1: Liste von Schädlingen und Krankheiten, die Apfelbäume befallen können, zusammen mit einer Liste pestizidfreier Interventionsmöglichkeiten zur Regulierung oder Bekämpfung des Schädlings/der Krankheit. Liste der Krankheiten nach FSA (2006). Maßnahmen größtenteils wiedergegeben von DEFRA/HDC (2015). Die Anwendung bio-zertifizierter Pestizide ist unter gewissen Umständen möglich, aber nicht in dieser Liste erfasst. Zur Beschreibung von Maßnahmen für Gartenobst, Beschreibungen und Bildern von Schädlingen und Krankheiten siehe auch Brun & Bush (2013).

Obstschädling/ Obstkrankheit	Bezeichnung der Spezies	Verursachte Schäden	Alternativen zu chemisch-synthetischen Pestiziden
Apfelwickler	<i>Cydia pomonella</i>	Fruchtschädigung	Pheromonfallen, Verwirrmethode, Partikelschicht
Apfelsägewespe	<i>Hoplocampa testudinea</i>	Raupen bohren sich in die Frucht	<i>Quassia-Extrakt</i> Biologische Regulierung mithilfe der Parasitoide <i>Lathrolestes ensator</i> und <i>Aptesis nigrocincta</i> (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-sawfly.asp)
Kleiner Frostspanner	<i>Operophtera brumata</i>	Schädigt Laub und Knospen, gebildete Früchte fallen verfrüht ab oder reifen mit korkenähnlichen Narben	<i>Bacillus thuringiensis</i> ; Kulturmaßnahmen, u. a. Isolation von oder Behandlung von natürlichen, als Wirtspflanzen agierenden Waldbäumen (vgl. http://apples.hdc.org.uk/winter-moth-additional-information.asp#link6)
Mehlige Apfelblattlaus	<i>Dysaphis plantaginea</i>	Schäden an Blättern und Früchten, verfrühte Reifung	Physisches Entfernen; Fördern von Schwebfliegen, Ohrwürmern, Florfliegen, Marienkäfern. Derrispulver (vgl. http://apples.hdc.org.uk/rosy-apple-aphid.asp)
Blastobasis decolorella	<i>Blastobasis decolorella</i>	Schädigung reifender Früchte um den Stiel herum oder zwischen einander berührenden Früchten, verursacht Schäden, allerdings regional begrenzt. Kann in ökologischen Kulturen schwere Schäden verursachen.	Kulturmaßnahmen: Ausdünnung auf einzelne Früchte per Hand. Abtötung der Larven bei Ernte. Begrenzte Effektivität von <i>Bacillus thuringiensis</i> . Förderung von Ohrwürmern als mögliche Gegenspieler.
Apfelblütenstecher	<i>Anthonomus pomorum</i>	Schädigung und Verlust von Blütenknospen. Bedeutender Schädling auf ökologisch bewirtschafteten Obstplantagen	Gutes Baummanagement und Düngepraktiken; Parasitische Wespen als natürliche Feinde, <i>Scambus pomorum</i> ; <i>Syrrhizius delusorius</i> durch Verzicht auf Insektizide gefördert (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-blossom-weevil.asp)

Obstbaumspinnmilbe	<i>Panonychus ulmi</i>	Blattgrünverlust, vorzeitiger Blattfall, geringere Erträge	Regulierung durch Raubmilbe <i>Typhlodromus pyri</i> , Kulturmaßnahmen, u. a. Sorgfalt bei Neuanpflanzungen und Vermeidung des Anbaus auf freiliegendem Boden (vgl. http://apples.hdc.org.uk/fruit-tree-red-spider-mite.asp)
Lygocoris pabulinus	<i>Lygocoris pabulinus</i>	Schäden an Blättern und Früchten. Korkähnliche Flecken auf Früchten	Niemextrakt; Entfernung der Saugwurzeln des Wurzelwerks; Unkräuter unter dem Baum sollten entfernt werden, um Schädlingen keine Wirtspflanzen bereitzustellen (vgl. http://apples.hdc.org.uk/common-green-capsid.asp)
Apfelrostmilbe	<i>Aculus schlechtentali</i>	Verursacht bräunliche Färbung um den Fruchtstiel	Regulierung durch Raubmilbe <i>Typhlodromus pyri</i> , Kulturmaßnahmen, u. a. Sorgfalt bei Neuanpflanzungen und Vermeidung des Anbaus auf freiliegendem Boden (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-rust-mite.asp)
Archips podana	<i>Archips podana</i>	Raupen ernähren sich von Laub und Früchten. Bedeutender Schädling auf ökologisch bewirtschafteten Obstplantagen	<i>Bacillus thuringiensis</i> ; Baumschnitt- und Laubarbeiten; Förderung von Ohrwürmern und Blumenwanzen als Gegenspieler; parasitische Wespen für Eier, Larven und Puppen. Verwirrmethode (vgl. http://apples.hdc.org.uk/fruit-tree-tortrix-moth.asp)
Fruchtschalengewickler	<i>Adoxophyes orana</i>	Fruchtschädigung	Natürliche Feinde auf ökologisch bewirtschafteten Plantagen wichtig. <i>Bacillus thuringiensis</i> ; Baummanagement, Förderung von Ohrwürmern und anderen Gegenspielern; Einführung parasitischer Wespen; Virensprays; Verwirrmethode (vgl. http://apples.hdc.org.uk/summer-fruit-tortrix-moth.asp)
Rosige Apfel-faltenblattlaus	<i>Dysaphis devectora</i>	Blattkräuselung	Auf biologisch bewirtschafteten Plantagen toleriert. Förderung von parasitischen Wespen, Schwebfliegen, Ohrwürmern, Florfliegen; Pilzparasiten (vgl. http://apples.hdc.org.uk/rosy-leaf-curling-aphid.asp)
Apfelblutlaus	<i>Eriosoma lanigerum</i>	Schädigung von Bäumen	Kulturmaßnahmen: Förderung von Ohrwürmern, parasitischen Wespen; physische Zerstörung von Befall (vgl. http://apples.hdc.org.uk/woolly-aphid.asp)
Apfelgraslaus	<i>Rhopalosiphum insertum</i>	Leichte Blattkräuselung	Auf biologisch bewirtschafteten Plantagen toleriert. Kulturmaßnahmen: Förderung natürlicher Feinde durch Bereitstellung von Refugien und Anbau von Blütenpflanzen zu ihrer Ernährung (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-grass-aphid.asp)
Apfelgallmücke	<i>Dasineura mali</i>	Einrollen der Blätter	Baummanagement, natürliche Feinde, parasitische Wespen, Überwachung mithilfe von Pheromonfallen (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-leaf-midge.asp)

Apfelblattsauger	<i>Psylla mali</i>	Aussaugen des Saftes verursacht Knospensterben bei Blüte. Vor allem in älteren/ökologisch bewirtschafteten Plantagen problematisch.	Kulturmaßnahmen: Förderung von Raubwanzen, Reduzierung des Stickstoffstatus (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-sucker.asp)
Grüne Apfelblattlaus	<i>Aphis pomi</i>	Blattkräuselung/geringeres Wachstum	Auf biologisch bewirtschafteten Plantagen toleriert. Kulturmaßnahmen durch Bereitstellung von Nahrungspflanzen und Refugien für natürliche Feinde (http://apples.hdc.org.uk/green-apple-aphid.asp)
Apfellaubzikade	<i>Edwardsiana crataegi</i>	Fleckige Blätter	Kulturmaßnahmen, Isolation von Wildpflanzen, die Zikaden als Wirtspflanzen dienen, natürliche Feinde, parasitische Wespen (vgl. http://apples.hdc.org.uk/leafhoppers.asp)
Gemeine Kommaschildlaus	<i>Lepidosaphes ulmi</i>	Schwächung des Baums, scheidet Honigtau aus	Kulturmaßnahmen: Isolation von natürlichen Wirtspflanzen, natürliche Feinde, parasitische Wespen
Echter Mehltau	<i>Podosphaera leucotricha</i>	Geringere Fruchtgröße, Verlust von Blättern und Blüten	Kulturmaßnahmen: Entfernung erster befallener Stellen durch Zurückschneiden, mögliche zukünftige Regulierung durch Mykoparasiten (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Apple-Powdery-Mildew.asp)
Apfelschorf	<i>Venturia inaequalis</i>	Schädigung von Baum und Frucht. Wirtschaftlich bedeutendste Krankheit.	Schwerpunkt auf Nutzung schorfresistenter Sorten im ökologischen Anbau. Kulturmaßnahmen: Entfernung von überwinterndem Schorf, Entfernung von Laubstreu; Baummanagement, Entfernung von Holzschorf (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Apple-Scab.asp)
Obstbaumkrebs	<i>Nectria galligena</i>	Wucherungen an Bäumen; Fruchtfäule	Kulturmaßnahmen, Entfernen von Wucherungen, Verbrennen von Schnittgut, Entfernen abgefallener Früchte, Vermeiden von Düngemitteln mit hohem Stickstoffgehalt. Mögliche zukünftige biologische Regulierung. (vgl. http://apples.hdc.org.uk/apple-canker.asp)
Kragen- und Wurzelhalsfäule	<i>Phytophthora cactosorum</i> & <i>P. syringae</i>	Erkrankungen von Pfropfreis bzw. Wurzelstock	Kulturmaßnahmen: Vermeiden nasser Standorte bei neuen Plantagen; gute Bodenentwässerung; sorgfältige Wurzelstockselektion; hohe Veredelungsstelle zur Vermeidung von Kragenfäule; sorgfältiges Anpflanzen (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Crown-Rot-and-Collar-Rot.asp)
Blütenmonilia	<i>Monilia laxa f. sp. mali</i>	Blütenverlust	Blütenentfernung

Rußflecken- und Fliegenschmutzkrankheit	<i>Gloeodes pomigena</i> & <i>Schizothyrium pomi</i>	Flecken an der Oberfläche bewirken schlechtere Einstufung der Früchte	Kulturmaßnahmen: Heckenschnitt; Baumschnitt und Unkrautregulierung für gute Luftführung (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Sooty-Blotch.asp)
Feuerbrand	<i>Erwinia amylovora</i>	Bakterieller Wirkstoff verursacht das Verwelken von Blüten und den Verlust von Sprösslingen bei einigen anfälligen Sorten	Kulturmaßnahmen: Entfernen/Rückschneiden nahegelegener Weißdorn- und anfälliger Zierpflanzen. Vermeiden spät- und nachblühender Sorten. Vermeiden exzessiver Bewässerung und exzessiver Stickstoffzusätze (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Fireblight.asp)
Violetter Knorpelschichtpilz	<i>Chondrostereum purpureum</i>	„Silberfärbung“ von Blättern, Sprossverlust	Verwenden von Wundverschlussmitteln auf größeren Wunden nach Baumschnitt/Umgestaltung, nicht unter nassen Witterungsbedingungen schneiden, befallenes Holz verbrennen (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Silver-Leaf.asp)
“Krankheit nach Umpflanzen”	<i>Pythium spp.</i>	Bäume zeigen nach Umpflanzen von altem Plantagenland aufgrund eines reduzierten Wurzelsystems wenig Kraft	Kulturmaßnahmen: Auswahl des Wurzelstocks, Neuanpflanzung in früheren Gassen, Auskleiden des Pflanzlochs (vgl. http://apples.hdc.org.uk/Apple-Replant-Disease.asp)



Literaturverzeichnis

- Agroscope (2015)** Apple breeding. <http://www.agroscope.admin.ch/zuechtung-spezialkulturen/05895/05898/index.html?lang=en>, Retrieved 28/05/2015
- Allsopp, M., Huxdorff, C., Johnston, P., Santillo, D. & Thompson, K. (2015)** Pesticides and our health: a growing concern, Greenpeace Research Laboratories, UK: 54pp. URL: <http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2015/05/Pesticides-and-our-Health.pdf>
- Barrett, B., Gleason, M., Helland, S., Babadoost, M. & Weinzierl, R. (undated)** Codling moth management in apple. USDACM Bulletin, Publ. US Department of Agriculture: 6pp. URL: <http://www.public.iastate.edu/~appleipm/appleIPMod/doc/USDACMBulletin.pdf>, Retrieved 02/05/2015
- Bessin, R. (2010)** Codling Moth. ENTFACT 203. Publ. University of Kentucky URL: <http://www2.ca.uky.edu/entomology/entfacts/entfactpdf/ef203.pdf>, Retrieved 02/06/2015
- Brun, C.A., & Bush, M.R. (2013)** Organic pest and disease management in home fruit trees and berry bushes. Report EM066E publ. Washington State University Extension Publ. WSU/USDA: 27pp. URL: <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/EM066E/EM066E.pdf>, Retrieved 05/06/2015
- Baumgartner, I., Franck, L., Silvestri, G., Patocchi, A., Duffy, B., Frey, J. & Kellerhals, M. (2010)** Advanced strategies for breeding fire blight resistant high quality apples. Proceedings of the 14th International Conference on Organic Fruit Growing 2010. URL: http://www.ecofruit.net/2010/4_RP_I_Baumgartner_L_Franck_G_Silvestri_et_al_S31bis37.pdf, Retrieved 29/05/2015
- Brown, S.K. & Maloney, K.E. (2013)** An update on apple cultivars, brands and club-marketing. New York State Horticultural Society, New York Fruit Quarterly: Spring 2013 <http://www.nyshs.org/fq.php> Retrieved 29/05.15, Retrieved 29/05/2015
- Caldwell, B., Sideman, E., Seaman, A., Shelton, A. & Smart, C. (2013)** Resource guide for organic insect and disease management. 2nd edn. Publ. New York State Agricultural Experiment Station (NYSAES): 210pp. URL: <http://web.pppmb.cals.cornell.edu/resourceguide/pdf/resource-guide-for-organic-insect-and-disease-management.pdf>, Retrieved 02/06/2015
- DEFRA/HDC (2015)** Apple best practice guide. Publ. UK Department of Environment, Food and Rural Affairs/ Horticultural Development Company URL: <http://apples.hdc.org.uk/>, Retrieved 05/06/2015
- Dunley, J.E., & Welter, S.C. (2000)** Correlated cross-resistance in azinphosmethyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 93(3): 955-962.
- EC (2011)** Final report on plant protection products. Expert group for technical advice on organic production (EGTOP) Publ. Directorate-General for Agriculture and Rural Development. EGTOP/3/2011. 30pp. URL: http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/expert-advice/documents/final-reports/final_report_egtop_on_plant_protection_products_en.pdf, Retrieved 05/06/2015
- EFSA (2015)** The 2013 European Union report on pesticide residues in food. Scientific report of EFSA. Publ. European Food Safety Authority, Parma, Italy: 169pp. URL: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/4038.pdf>, Retrieved 29/05/2015
- El-Sayed, A.M., Suckling, D.M., Byers, J.A., Jang, E.B. & Wearing, C.H. (2009)** Potential of "Lure and Kill" for long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology* 102: 1815-1835.
- El-Sayed, A.M., Suckling, D.M., Wearing, C.H., and Byers, J.A. (2006)**. Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology* 99: 1550-1564.
- EURAF (2015)** Featured Farm: Wakelyns Agroforestry- A diverse organic silvoarable system in the UK. European Agroforestry Association Newsletter No. 10 March 2015. URL: https://euraf.isa.utl.pt/newsletters/newsletter_10#p3, Retrieved 01/06/2015

-
- Eurostat (2007)** The use of plant protection products in the European Union, Data 1992-2003. Eurostat Statistical Books, Publ. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg: 222pp. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=KS-76-06-669&language=en> Retrieved 29/05/2015
- Foster, R.E. (2014)** Fruit insects; European red mite management. Purdue University Extension. Report E-258-W: 6pp. URL: <http://extension.entm.purdue.edu/publications/E-258.pdf>, Retrieved 01/06/2015
- FSA (2006)** Pesticide residue minimisation crop guide: Apples. Published: Food Standards Agency, UK: 54pp. URL: <http://www.food.gov.uk/sites/default/files/multimedia/pdfs/cropguideappledec06.pdf>, Retrieved 29/05/2015
- Godfrey, L.D. (2011)** Spider mites. Pest notes publication 7405. Publ. University of California Statewide Integrated Pest Management Program University of California, Davis, CA 95616: 4pp. URL: http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/bulletin_2007_30_04_abstracts.pdf, Retrieved 30/05/2015
- Graf, B., Hopli, H. & Hohn, H. (2003)** Optimising insect pest management in apple orchards with SOPRA, IOBC/WPRS Bulletin 26: 43-50.
- Helsen, H., Trapman, M., Polfliet, M. & Simonse, J. (2004)** Presence of the common earwig *Forficula auricularia* L. in apple orchards and its impact on the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). Proceedings of the International Workshop on Arthropod Pest Problems in Pome Fruit Production Lleida (Spain) 4 – 6 September, 2006. URL http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/bulletin_2007_30_04_abstracts.pdf Retrieved 01/06/2015
- Helsen H. & Simonse J. (2006)** Oorwormen helpen de fruitteler. *Fruitteelt* 96(16): 14-15.
- Helsen, H. & Winkler, K. (2007)** Oorwormen (Dermaptera) als belangrijke predatoren in boomgaarden, *Entomologische Berichten* 67(6): 275-277.
- Hinman, T. & Ames, G. (2011)** Apples: organic production guide. Publ. The National Sustainable Agriculture Information Service (ATTRA) Report IP020: 40pp. URL: <http://www.ucanr.org/sites/placernevadasmallfarms/files/112366.pdf>, Retrieved 03/06/2015
- Jones, V.P., Brunner, J.F., Grove, G.G., Petit, B., Tangren, G.V. & Jones, W.E. (2010)** A web based decision support system to enhance IPM programs in Washington tree fruit. *Pesticide Management Science* 66: 587-595 URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.1913/epdf>, Retrieved 01/06/2015
- Kellerhals, M., Baumgartner, I.O., Schütz, S. & Patocchi A. (2014)** Challenges in breeding high quality apples with durable disease resistance. Proceedings of the 16th International Conference on Organic Fruit Growing 2014. URL: http://www.ecofruit.net/2014/2RP_Kellerhals_breeding_p15-21.pdf, Retrieved 29/05/2015
- Kumar, S., Bink, M.C.A.M., Volz, R.K., Bus, V.G.M. & Chagné, D. (2012)** Towards genomic selection in apple (*Malus × domestica* Borkh.) breeding programmes: prospects, challenges and strategies. *Tree Genetics & Genomes* 8: 1-14.
- Larbi, M., Gobat, J.-M. & Fuchs, J.G. (2006)** Inhibition of the apple scab pathogen *Venturia inaequalis* and the grapevine downy mildew pathogen *Plasmopara viticola* by extracts of green waste compost. In: Kraft, Eckhard; Bidlingmaier, Werner; de Bartoldi, Marco; Diaz, Luis F. and Barth, Josef (Eds.) ORBIT 2006 : Biological Waste Management. From Local to Global; Proceedings of the International Conference ORBIT 2006. Verlag ORBIT e.V., Weimar, chapter Part 2: 529-537. URL: http://www.biophyt.ch/documents/ORBIT2006_%20Larbi_%20et_al.pdf, Retrieved 02/06/2015
- Losey, J.E. & Vaughan, M. (2006)** The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311–323.
- Mahr, D.L., Whitaker, P. & Ridgway, N. (2008)** Biological control of insects and mites: An introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management. Publ. University of Wisconsin Co-operative Extension Publishing, Madison WI: 110pp. URL: <http://learningstore.uwex.edu/Assets/pdfs/A3842.pdf>, Retrieved 02/05/2015

-
- Mason P.G., Gillespie D.R. & Vincent, C. (Eds.) (2009)** Proceedings of the Third International Symposium on Biological Control of Arthropods. Proceedings of the Third International Symposium on Biological Control of Arthropods. Christchurch, New Zealand, 8-13 February 2009, United States Department of Agriculture, Forest Service, Morgantown, WV, FHTET-2008-06: 636pp.
- Mayer, D. (2010)** The complete guide to companion planting, Atlantic Publishing Group, Inc. Ocala, Florida US.
- Mols, C.M.M. & Visser, M.E. (2007)** Great tits (*Parus major*) reduce caterpillar damage in commercial apple orchards. *PLoS ONE* 2(2): e202. doi:10.1371/journal.pone.0000202
- PAN-UK (2007)** Crop factsheet: apples- conventional, IPM and organic. *Pesticide News*. Publ. Pesticides Action Network-UK, June 2007: 18-21. URL: <http://www.pan-uk.org/pestnews/Issue/pn76/pn76%20p18-21.pdf>, Retrieved 02/06/2015
- PAN-Europe (2007)** State of the art Integrated Crop Management and organic systems in Europe with particular reference to pest management: Apple production. Publ. Pesticides Action Network Europe: 21pp. URL: http://www.pan-europe.info/Resources/Reports/Apple_production_review.pdf, Retrieved 09/06/2015
- Parada, R.Y., Murakami, S., Shimomura, N., Egusa, M. & Otani, H. (2011)** Autoclaved spent substrate of hatakeshimeji mushroom (*Lyophyllum decastes* Sing.) and its water extract protect cucumber from anthracnose. *Crop Protection* 30: 443-450
- Peck, G.M. & Merwin, I.A. (2009)** A growers guide to organic apples. NYS IPM Publication no. 223. Publ. New York State Department of Agriculture and Markets and the Department of Horticulture, Cornell University: 64pp. URL: http://nysipm.cornell.edu/organic_guide/apples.pdf Retrieved 05/06/2015
- Pimental, D. & Burgess, M. (2014)** Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Chapter 2 in: Pimental, D & Reshin, R [eds] *Integrated Pest Management*, Publ. Springer Science & Business Media, Dordrecht: 47-72.
- Psota, V., Ourednikova, J. & Falta, V. (2010)** Control of *Hoplocampa testudinea* using the extract from *Quassia amara* in organic apple growing. *Horticultural Science (Prague)* 37: 139-144. URL: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/29361.pdf>, Retrieved 04/06/2015
- Sagar, M.P., Ahlawat, O.P., Raj, D., Vijay, B. & Indurani, C. (2009)** Indigenous technical knowledge about the use of spent mushroom substrate. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 8: 242-248. URL: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/3962/1/IJTK%208%282%29%20242-248.pdf>, Retrieved 02/06/2015
- Sandanayaka, W.R.M. & Charles, J.G. (2006)** Host location and ovipositional behavior of *Platygaster demades* Walker (Hymenoptera: Platygasteridae) and egg parasitoid of apple and pear leaf curling midges. *Journal of Insect Behaviour* 19(1): 99-113.
- Solomon M., Fitzgerald J. & Jolly R. (1999)** Artificial refuges and flowering plants to enhance predator populations in orchards. *IOBC-WPRS Bulletin* 22: 31-37.
- Tóth, M., Landolt, P., Szarukán, I., Szólláth, I., Vitányi, I., Péntzes, B., Hári, K., Jósmai, J. K. & Sándor, K. (2012)** Female-targeted attractant containing pear ester for *Synanthedon myopaeformis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 142: 27-35.
- Trapman, M. & Jansonius, P.J. (2008)** Disease management in apple orchards is more than applying the right product at the correct time. Proceedings of the 13th International Conference on Organic Fruit Growing: 16-22. URL: <http://www.ecofruit.net/2008/016-022.pdf>, Retrieved 01/06/2015
- Troggio, M., Gleave, A., Salvi, S., Chagné, D., Cestaro, A., Kumar S., Crowhurst R.N. & Gardiner, S.E. (2012)** Apple, from genome to breeding. *Tree Genetics & Genomes* 8: 509-529.

-
- Vogel, B. (2014)** Smart breeding: the next generation. Publ. Greenpeace International, Amsterdam: 59pp. URL: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/agriculture/2014/468-SmartBreeding.pdf>, Retrieved 29/05/2015
- Vogt, H., & Weigel, A. (1999)** Is it possible to enhance the biological control of aphids in an apple orchards by flowering strips? Integrated Plant Protection in Orchards. IOBCWPRS Bulletin 22: 39-46.
- US Apple Association (2011)** Production and utilization analysis. Publ. US Apple Association, Vienna Virginia: 42pp. URL: <http://www.yvgsa.com/pdf/facts/USApple2011ProductionAnalysis.pdf>, Retrieved 09/06/2015
- Velasco, R., Zharkikh, A., Affourtit, J., Dhingra, A., Cestaro, A., Kalyanaraman, A. et al. (2010)** The genome of the domesticated apple (*Malus × domestica* Borkh.). Nature Genetics 42: 833-841.
- Voudouris, C.Ch., Sauphanor, B., Franck, P., Reyes, M., Mamuris, Z., Tsitsipis, J.A., Vontas, J. & Margaitopoulos, J.T. (2011)** Insecticide resistance status of the codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) from Greece. Pesticide Biochemistry and Physiology 100: 229-238.
- Walker, J. T. S. (1989)** *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), wooly apple aphid (Homoptera: Pemphigidae). Chapter 34. In: A Review of Biological Control of Invertebrate Pests and Weeds in New Zealand 1874-1987, (P. J. Cameron, R. L. Hill, J. Bain, and W. P. Thomas, Eds.): CAB International/DSIR Entomology Division. Technical Communication 10: 197-199.
- WAPA (2015)** World data report: apple and pear production by country and year. Publ. World Apple and Pear Association URL: http://www.wapa-association.org/docs/2014/World_apple__pear_exports_2003-2012.xls, Retrieved 29/05/2015
- Weller, S.C., Culbreath, A.K., Gianessi, L. & Godfrey, L.D. (2014)** The contributions of pesticides to pest management in meeting the global need for food production by 2050. CAST Issue Paper 55. Publ. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa November 2014: 28pp. URL: http://www.cast-science.org/file.cfm/media/products/digitalproducts/CAST_IP55_Contributions_of_Pesticid_4992B5674417F.pdf
- Wright, H.L., Ashpole, J.E., Dicks, L.V., Hutchison, J. & Sutherland, W.J. (2013)** Enhancing natural pest control as an ecosystem service: evidence for the effects of selected actions. NERC Knowledge Exchange Programme on Sustainable Food Production. Publ. University of Cambridge, Cambridge: 106pp. URL: <file:///C:/Users/grl/Downloads/Natural%20Pest%20Control%20Synopsis%202013%20-%20FINAL.pdf>, Retrieved 02/06/2015
- Yohalem, D.S., Harris, R.F. & Andrews, J.H. (1994)** Aqueous extracts of spent mushroom substrate for foliar disease control. Compost Science and Utilization 2: 67-74.
- Yohalem, D.S., Nordheim, E.V. & Andrews, J.H. (1996)**. The effects of spent mushroom compost on apple scab in the field. Phytopathology 86: 914-922.

Legal Disclaimer

Farming without pesticides relies on redesigning the farming system to incorporate biodiversity into the farm, in addition to applying a diversity of agronomical practices in order to prevent, rather than fight, pest damage. Greenpeace promotes pesticide-free farming, while recognising that, on occasions, farmers might need to apply some biopesticides or mineral compounds approved under organic farming (although with potentially some harm to the environment). While this is not ideal, we recognise farmers are often under high pressure to protect their crops. This underlines the urgent need for further research on improvement of ecological farming solutions.

**Greenpeace ist international,
überparteilich und völlig
unabhängig von Politik,
Parteien und Industrie. Mit
gewaltfreien Aktionen kämpft
Greenpeace für den Schutz
der Lebensgrundlagen.
Mehr als 590.00 Menschen
in Deutschland spenden
an Greenpeace und
gewährleisten damit unsere
tägliche Arbeit zum Schutz
der Umwelt.**

This report contains of two separate publications:

An Analysis of Pesticides in European Apple Orchards

Written by: Wolfgang Reuter, ForCare, Freiburg; Janet Cotter, Greenpeace International Science Unit, Exeter (GB)

Published in June 2015 by:

Greenpeace Research Laboratories

School of Biosciences

Innovation Centre Phase 2

Rennes Drive

University of Exeter

Exeter EX4 4RN

United Kingdom

For more information contact:

isunit@greenpeace.org

**Ecological Pest Management and Alternative Control
for the Most Important Diseases and Pests in Apples**

Written by: Paul Johnston, David Santillo, Marc van der Sterren, Herman van Bekkem

Edited by: Martin Baker

Published in June 2015 by:

Greenpeace Netherlands

NDSM-Plein 32

1033 WB Amsterdam

Cover photograph:

Cover 1: © Greenpeace / Chris Petts

Cover 2: © Greenpeace / Fred Dott

Back Cover: © Greenpeace / Fred Dott

Layout by: Lukas Schwabegger

Layoutanpassung für die deutsche Fassung:

Monika Sigmund

www.greenpeace.de/essen-ohne-pestizide

GREENPEACE

