Gesunde Pflanzen
DOI 10.1007/s10343-017-0389-5

ÜBERSICHTSBEITRAG

Erhebungen zur Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln in Zuckerrüben

Dietmar Roßberg[1] · Nelia Aeckerle[2] · Nicol Stockfisch[2]

Eingegangen: 16. März 2017 / Angenommen: 20. März 2017
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Zusammenfassung Frei verfügbare Informationen zur tatsächlichen Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel (PSM) in der Landwirtschaft werden für eine Reihe von wissenschaftlichen Fragestellungen wie auch für die politische Argumentation dringend benötigt. Deshalb werden seit dem Jahr 2000 regelmäßig Erhebungen zur Anwendung chemischer PSM in den wichtigsten landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen Deutschlands durchgeführt (NEPTUN-Erhebungen). Diese werden seit 2011 unter veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen als PAPA-Erhebungen fortgesetzt. PAPA steht für *Pa*nel *P*flanzenschutzmittel-*A*nwendungen. Das heißt, es wurden kulturspezifische Netze von Erhebungsbetrieben geschaffen, in denen jährlich die PSM-Anwendungsdaten detailliert erfasst und in anonymisierter Form an das Julius Kühn-Institut (JKI) weitergeleitet werden.

Alle Erhebungen und Auswertungen beziehen sich auf die Bundesrepublik Deutschland. Die Verteilung der Panel-Betriebe erfolgt proportional zur Verteilung der Anbauflächen pro Kultur.

Die Ergebnisse der PAPA-Erhebungen zeigen, dass sich die Pflanzenschutzintensität in Zuckerrüben in den letzten Jahren im Vergleich zum Zeitraum 2005 bis 2010 leicht erhöht hat. Die Ursachen dafür sind vielfältig. In den letzten Jahren treten schwer bekämpfbare Unkräuter auf einem größeren Flächenanteil auf. Zugleich lässt sich häufiger beobachten, dass das frühe Auftreten von Blattkrankheiten (ca. Anfang Juli) verbunden mit einem warmen, feuchten Witterungsverlauf in den darauffolgenden Wochen dazu führt, dass sich der Haupterreger der Blattfleckenkrankheit bei Zuckerrüben (*Cercospora beticola*) in vielen Regionen schnell ausbreiten und anhaltend entwickeln kann und damit zusätzliche Fungizid-Anwendungen erforderlich sind. Das verstärkte Auftreten von Läusen in einzelnen Jahren prägt den Insektizideinsatz deutlich. Weitere Effekte auf den Kennwert Behandlungsindex ergeben sich aus Veränderungen in der Zulassung von PSM.

Schlüsselwörter Pflanzenschutz · Statistische Erhebung · Behandlungsindex · PAPA · Zuckerrüben

Die gewonnenen Daten und die darauf basierenden Analysen bilden eine wertvolle Grundlage nicht nur für weitere wissenschaftliche Auswertungen, sondern vor allem auch für die Politikberatung und die Formulierung gesellschaftlicher Zielstellungen bzgl. eines umweltverträglichen und nachhaltigen Pflanzenschutzes.

✉ Dietmar Roßberg
dietmar.rossberg@julius-kuehn.de

[1] Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, Deutschland

[2] Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen, Deutschland

Survey on Application of Chemical Pesticides in Sugar Beet

Abstract Freely available information on the actual use of chemical plant protection products (PPPs) in agriculture is highly necessary for a number of scientific questions and political discussions. Therefore, since 2000, regular surveys on the use of PPPs have been carried out for the most important agricultural and horticultural crops in Germany (NEPTUN projects). In 2011, they were adjusted to legal framework changes. Since then they are known as PAPA surveys with "PAPA" being an abbreviation for *Pa*nel *P*esticide *A*pplications. For each crop a network of farms

Published online: 27 March 2017

was built up. In each network, the PPP application data are collected annually, anonymized and forwarded to the Julius Kühn-Institute (JKI).

All surveys and analyses based on the panel refer to the Federal Republic of Germany. The participating farms are distributed throughout Germany proportionally to the production area per crop.

In sugar beet cultivation the results of PAPA surveys show that the plant protection intensity has increased slightly in recent years comparing the PAPA results with the years 2005 to 2010. There are diverse reasons for this development. Difficult-to-control weeds occurred on an increasing acreage in recent years. At the same time, an early appearance of foliar diseases (approximately beginning of July) combined with warm and humid weather during the following weeks leads to the development of the main pathogen causing leaf spot diseases in sugar beet (*Cercospora beticola*) in many regions. A continuing development of leaf spots increases the need for repeated fungicide applications. A high infestation with aphids was the dominating reason for increased insecticide applications in some years. Additional influences on the treatment index are due to changes in the authorization of PPPs.

Keywords Plant protection · Statistical survey · Treatment index · PAPA · Sugar beet

Einleitung

Frei verfügbare Informationen zur tatsächlichen Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel (PSM) in der Landwirtschaft werden für eine Reihe von wissenschaftlichen Fragestellungen wie auch für die politische Argumentation dringend benötigt. Für die Bereitstellung solcher Daten ist das Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI) zuständig (Pflanzenschutzgesetz 2012, § 21). Ziel der entsprechenden statistischen Erhebungen war und ist es, neben der Erfüllung der Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 1185/2009 (2009) über Statistiken zu Pestiziden (Pflanzenschutzmittel-Statistikverordnung) auch den Informationsansprüchen des Nationalen Aktionsplanes zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) zu genügen.

Im Falle der Kultur Zuckerrüben erfolgten solche Erhebungen von Anfang an gemeinsam mit dem Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen (IfZ). Aufgrund der engen Kooperation des Instituts mit den Bereichen Zuckerrübenanbau und -verarbeitung und der damit bestehenden intensiven Zusammenarbeit mit den Landwirten lag es nahe, diese ausgezeichneten Rahmenbedingungen für die Sammlung der PSM-Anwendungsdaten zu nutzen. Darüber hinaus hat das IfZ selbst ein großes Interesse an Daten zu Pflanzenschutzanwendungen im praktischen Anbau, um diese im Rahmen der Forschungstätigkeiten zu nutzen.

Seit 2010 werden die Erhebungen unter dem Namen PAPA (*Pa*nel *P*flanzenschutzmittel-*A*nwendungen) jährlich durchgeführt. Davor gab es diese Erhebungen unter dem Namen NEPTUN bereits in zweijährigem Abstand mit deutlich größerem Umfang, d. h. größerer Anzahl befragter Betriebe und Felder (vgl. Roßberg 2006; Roßberg et al. 2008, 2010).

Methodik

Entsprechend einer Vereinbarung zwischen IfZ und JKI akquiriert das IfZ Daten zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln aus mehr als 300 landwirtschaftlichen Betrieben und leitet diese Daten in anonymisierter Form an das JKI weiter. Die Erhebungsbetriebe gehören zu dem jährlich wechselnden Panel für die Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau (Stockfisch et al. 2013).

Regionale Gliederung

Da die Pflanzenschutzmittel-Statistikverordnung nur nationale Aussagen verlangt, wird die Bundesrepublik Deutschland als einzige Erhebungsregion betrachtet. Aus arbeitsorganisatorischen und aus Kostengründen wurde darauf verzichtet, von vornherein weitergehende, auf kleinere Gebiete bezogene Aussagen anzustreben. Dennoch hat das IfZ bei der Einrichtung seines Panels auf eine angemessene räumliche Verteilung der Erhebungsbetriebe geachtet. Man kann vereinfacht sagen, dass die Verteilung der Panel-Betriebe der Verteilung der Anbauflächen von Zuckerrüben in der Bundesrepublik folgt (Abb. 1). Regionale Besonderheiten wie Unterschiede in der Anbaudichte und der Betriebsgrößen wurden berücksichtigt.

Zu erhebende Daten

Bei den PAPA-Erhebungen werden die Daten zu allen relevanten Pflanzenschutzmaßnahmen erfasst. Alle Daten sind schlagspezifisch zu dokumentieren. Im Falle der Kultur Zuckerrüben wird jeweils der größte Schlag pro Erhebungsbetrieb ausgewählt. Folgende Angaben werden zu jeder einzelnen Pflanzenschutzmaßnahme gefordert:

- Datum der Anwendung
- vollständiger Name des PSM
- Aufwandmenge des PSM
- Maßeinheit für die Aufwandmenge
- behandelte Fläche [ha]

Bei Tankmischungen sind die obigen Angaben für jeden einzelnen Tankmischungspartner erforderlich.

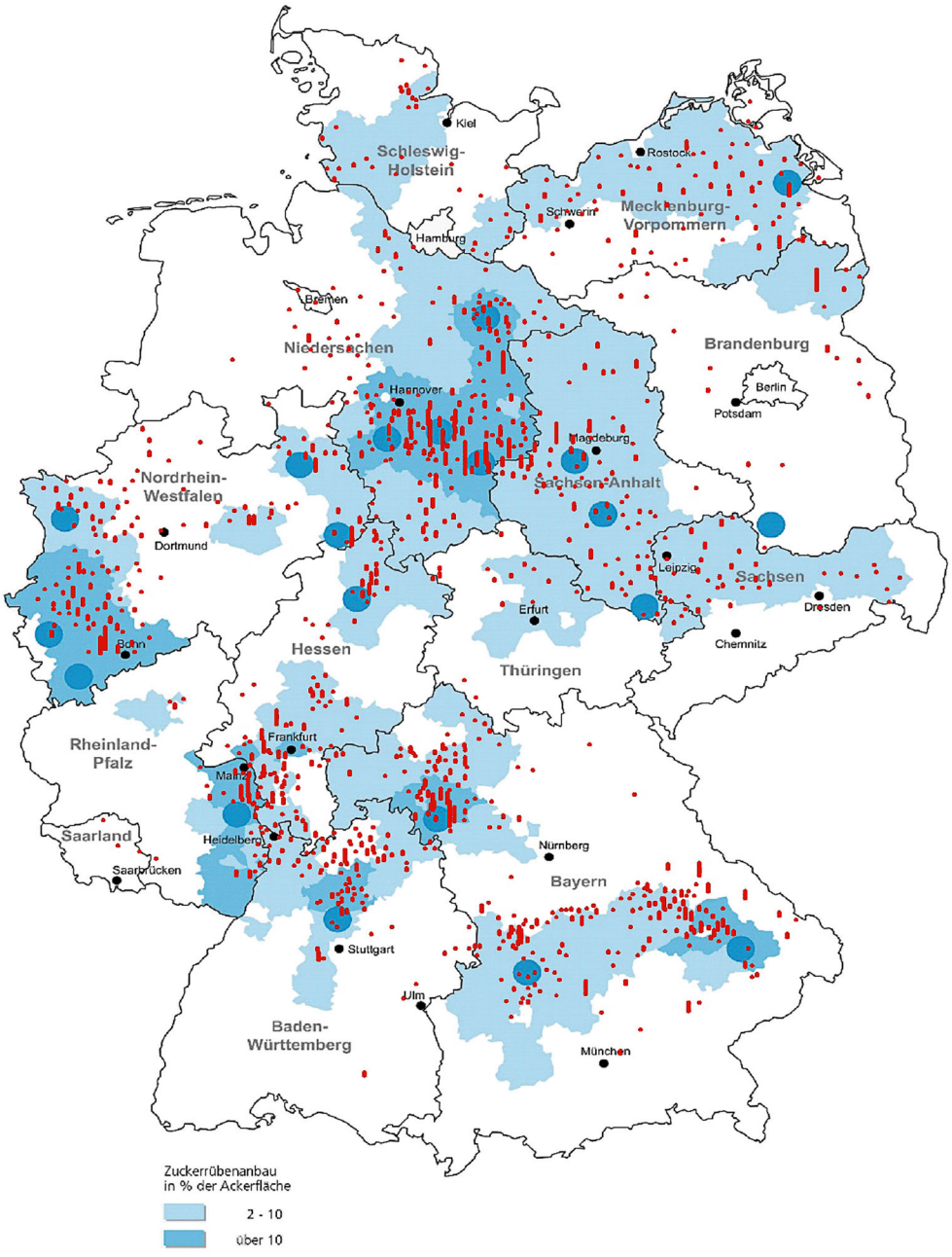


Abb. 1 Verteilung der PA-PA-Erhebungsbetriebe für 2010 bis 2015 (*rote Punkte* markieren die Lage der Betriebe [n = 2314], *blaue Flächen* die Zuckerrüben-Anbaugebiete und *blaue Punkte* die Zuckerfabriken [nach Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e. V./Verein der Zuckerindustrie e. V. 2017, verändert])

Erhebungszeitraum

Der Erhebungszeitraum beginnt unmittelbar nach der Ernte der Vorfrucht, je nach Jahr zwischen Ende Juli oder Anfang August. Alle PSM-Anwendungen vor der Zuckerrüben-Aussaat werden einbezogen. Die Datenerfassung endet mit der Ernte bzw. mit der letzten PSM-Anwendung vor der Ernte der Zuckerrüben. Damit umfasst der Erhebungszeitraum bei Zuckerrüben mehr als ein Jahr, in der Regel 14 Monate.

Datenerfassung

Die Dokumentation der Einzeldaten erfolgt immer durch den Landwirt und/oder die im Betrieb dafür verantwortliche(n) Person(en). Diese Daten werden anschließend durch regionale Verantwortliche aus Anbauverbänden und Mitarbeitern der Zuckerfabriken gesammelt und an das Institut für Zuckerrübenforschung übermittelt. Dort erfolgt eine sehr arbeitsintensive Verifizierung der erfassten Daten, um eventuelle Widersprüche, Fehler oder Mängel in den Daten zu erkennen. Die entsprechenden Entscheidungen bzgl. der Korrektur solcher „Auffälligkeiten“ werden ausschließlich per Einzelfallprüfung nach entsprechender Nachfrage bei

Tab. 1 Stichprobenumfänge bei PAPA-Zuckerrüben 2010–2015

Jahr	Anzahl Erhebungsbetriebe = Anzahl Spritzfolgen[a]	Anzahl Datentupel
2010	393	4364
2011	394	4622
2012	398	4724
2013	393	4385
2014	399	4627
2015	334	3849

[a]Bei Zuckerrüben wurden grundsätzlich nur die Daten eines Schlages pro Betrieb erfasst. Deswegen sind die Anzahl Erhebungsbetriebe und die Anzahl Spritzfolgen in allen Jahren gleich

den Erhebungsbetrieben getroffen. Die verifizierten Daten werden anschließend in anonymisierter Form als ACCESS-Datei an das JKI weitergeleitet.

Datenanalyse

Zur Beschreibung des quantitativen Umfangs der Anwendung von chemischen PSM werden die zwei Kennziffern Behandlungshäufigkeit (BH) und Behandlungsindex (BI) berechnet. Zusätzlich wird ein Ranking bzgl. der eingesetzten Wirkstoffe für die Wirkstoffbereiche Herbizide, Fungizide und Insektizide ermittelt.

Eine detaillierte Definition von BH, BI und Wirkstoffranking findet sich bei Roßberg (2013) oder im Internet unter http://papa.julius-kuehn.de.

Seit 2011 werden im Rahmen der Pflanzenschutzmittel-Statistikverordnung auch noch zwei weitere Kennziffern (Behandlungsfläche und ausgebrachte Mengen; jeweils pro Wirkstoff) ermittelt.

Quantitative Angaben zum Umfang der Datenerhebungen 2010–2015

Tab. 1 gibt einen Überblick über den Stichprobenumfang in den einzelnen Jahren. Aufgeführt sind die Anzahl der Erhebungsbetriebe bzw. der unterschiedlichen Spritzfolgen in allen Erhebungsbetrieben und die Anzahl aller dokumentierten Maßnahmen (=Anzahl Datentupel). Mit dem Begriff „Datentupel“ sollen hier alle Angaben, die zur Charakterisierung der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels dienen, also Termin + Mittelname + Aufwandmenge + behandelte Fläche, zusammengefasst werden.

Ergebnisse

Behandlungshäufigkeiten und Behandlungsindizes

Tab. 2 gibt einen Überblick über alle für Deutschland berechneten Behandlungshäufigkeiten. Die Behandlungshäufigkeit liegt im Zuckerrübenanbau insgesamt zwischen 4,1 und 5,2 und wird dominiert von den Herbiziden mit Behandlungshäufigkeiten zwischen 3,5 und 3,9.

In Tab. 2 ist die Kennziffer Behandlungshäufigkeit auch Wirkstoffbereich-unabhängig (Spalte: „insgesamt“; steht für „alle Mittel“) angegeben. Dabei wird deutlich, dass die Summe der drei Wirkstoffbereich-bezogenen Anwendungshäufigkeiten häufig größer ist als die Zahl in der Spalte für „insgesamt“. Dieser Effekt wird durch das folgende fiktive Beispiel veranschaulicht. Ein Landwirt bringt eine Tankmischung bestehend aus zwei Herbiziden und einem Insektizid aus. Dann gilt für diese Maßnahme:

a) Maßnahmen-Koeffizient (insgesamt) = 1 (Wirkstoffbereich-unabhängig)
b) Maßnahmen-Koeffizient (Herbizide) = 1
c) Maßnahmen-Koeffizient (Fungizide) = 0
d) Maßnahmen-Koeffizient (Insektizide) = 1

Summe von b) bis d) = 2

Tab. 3 gibt einen Überblick über alle für Deutschland berechneten Behandlungsindizes. Der Behandlungsindex (Tab. 3) wird beeinflusst von der Anzahl der Anwendungen, der ausgebrachten Menge des PSM im Verhältnis zur zugelassenen Menge und dem Anteil der behandelten Flächen in allen Erhebungsbetrieben. Der höchste Wert für den Behandlungsindex insgesamt tritt, wie bei der

Tab. 2 Berechnete Behandlungshäufigkeiten für PAPA-Zuckerrüben 2010–2015 (ergänzt mit Ergebnissen aus früheren Erhebungen)

Jahr	Insgesamt	Fungizide	Herbizide	Insektizide	Molluskizide
2005 [a]	4,07	0,47	3,50	0,13	0,05
2007 [a]	4,84	0,88	3,92	0,12	0,02
2009 [a]	4,68	0,84	3,76	0,16	0,02
2010	4,67	0,89	3,74	0,12	0,03
2011	4,93	0,93	3,90	0,15	0,02
2012	5,23	1,11	3,93	0,26	0,02
2013	4,81	0,99	3,75	0,17	0,02
2014	5,02	1,05	3,92	0,11	0,03
2015	5,00	0,86	3,81	0,38	0,03

[a] Ergebnisse aus früheren NEPTUN-Erhebungen (Roßberg et al. 2010)

Tab. 3 Berechnete Behandlungsindizes für PAPA-Zuckerrüben 2010–2015(ergänzt mit Ergebnissen aus früheren Erhebungen)

Jahr	Insgesamt	Fungizide	Herbizide	Insektizide	Molluskizide
2005 [a]	2,70	0,47	2,06	0,13	0,04
2007 [a]	3,36	0,88	2,34	0,12	0,02
2009 [a]	3,27	0,83	2,26	0,17	0,01
2010	3,45	0,89	2,42	0,12	0,02
2011	3,72	0,93	2,61	0,17	0,01
2012	4,17	1,10	2,75	0,31	0,01
2013	3,82	0,99	2,64	0,17	0,02
2014	4,00	1,07	2,79	0,11	0,03
2015	4,01	0,86	2,66	0,47	0,03

[a] Ergebnisse aus früheren NEPTUN-Erhebungen (Roßberg et al. 2010)

Tab. 4 PAPA-Zuckerrübe 2015: Wirkstoff-Ranking Herbizide

Wirkstoffname	Anteil am Wirkstoffbereich (bezogen auf BI-Werte) in %	Anteil aller Erhebungsbetriebe in %
Ethofumesat	16,34	99,70
Phenmedipham	15,74	100,00
Metamitron	15,30	100,00
Desmedipham	13,73	92,51
Lenacil	10,55	75,45
Quinmerac	7,60	58,38
Triflusulfuron	5,32	56,29
Glyphosat	3,46	24,25
Dimethenamid-P	3,01	23,35
Chloridazon	2,36	22,46
Clopyralid	2,27	22,16
+6 weitere Wirkstoffe	–	–

nur Wirkstoffe mit einem Anteil an der Wirkstoffgruppe ≥2 % aufgelistet

Behandlungshäufigkeit, im Jahr 2012 auf. Den höchsten Behandlungsindex für Fungizide gab es ebenfalls 2012, während der Behandlungsindex für Insektizide 2015 deutlich höher war als in allen anderen Jahren.

Während die Unkrautkontrolle auf allen Zuckerrübenflächen im konventionellen Anbau mit Herbiziden durchgeführt wird, kommen Fungizide nur auf 67 % (Jahr 2015) bis 74 % (Jahre 2012 und 2013) der Flächen zum Einsatz (Daten nicht dargestellt). Noch wesentlich geringer ist der Anteil Flächen, der mit Insektiziden oder Molluskiziden behandelt werden. Zu ergänzen ist, dass Saatgutbehandlungen mit insektiziden und fungiziden Wirkstoffen für den Behandlungsindex per Definition nicht berücksichtigt werden.

Ein Vergleich der Zahlen aus Tab. 2 und 3 zeigt, dass die ermittelten Werte bei Herbiziden für den Behandlungsindex niedriger sind als die Werte für die Behandlungshäufigkeit. Das ist ein deutliches Indiz dafür, dass die Unkrautbekämpfung mit mehreren, aufeinanderfolgenden Behandlungen erfolgt („Splitting-Verfahren"), bei denen im Abstand einiger Tage jeweils nur ein Teil der Aufwandmenge ausgebracht wird. Da diese Vorgehensweise seit Jahrzehnten Standard im Zuckerrübenanbau ist, wird das Splitting der Herbizidanwendung inzwischen bei der Zulassung berücksichtigt. Teilweise sind dabei die Aufwandmengen für einzelne Anwendungs-Zeitpunkte vorgegeben. Einige PSM sind mit unterschiedlichen Anzahlen an Anwendungen und Aufwandmengen zugelassen. Um die Auswirkungen der verschiedenen Anwendungsweisen und Zulassungssituationen möglichst auszuschließen, wird bei der Berechnung der Kennziffer „Behandlungsindex Herbizide" als „Regel-Aufwandmenge" die Summe der für mehrere Anwendungstermine zugelassenen Aufwandmengen verwendet (Roßberg et al. 2008).

Rangfolgen von Wirkstoffen

Bei der Berechnung der Wirkstoff-Rangfolgen wird zunächst für jeden einzelnen Wirkstoff pro Wirkstoffbereich (Herbizide, Fungizide, Insektizide) sein prozentualer Anteil am Gesamt-Behandlungsindex des Wirkstoffbereiches ermittelt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind ausschlaggebend für das dargestellte Ranking. Um die Bedeutung der angegebenen Wirkstoffe bzgl. ihrer „Anwendungs-Präferenz" darzustellen, wird außerdem die Kenngröße „Anwendung in Prozent aller Erhebungsbetriebe" ermittelt.

Tab. 4 zeigt am Beispiel „Herbizide 2015" die Darstellung der berechneten Rangfolgen. Deutlich wird, dass einige herbizide Wirkstoffe auf nahezu allen Flächen im Zuckerrübenanbau zum Einsatz kommen und somit essentieller Bestandteil der Kontrolle einer üblichen Verunkrautung in Zuckerrüben sind. Andere Wirkstoffe werden zur Kontrolle spezieller Verunkrautungen eingesetzt und daher nur in einem Teil der Betriebe angewendet (vgl. Abb. 2). Über die Jahre zeigt sich eine ausgeprägte Kontinuität im verwendeten Wirkstoffspektrum.

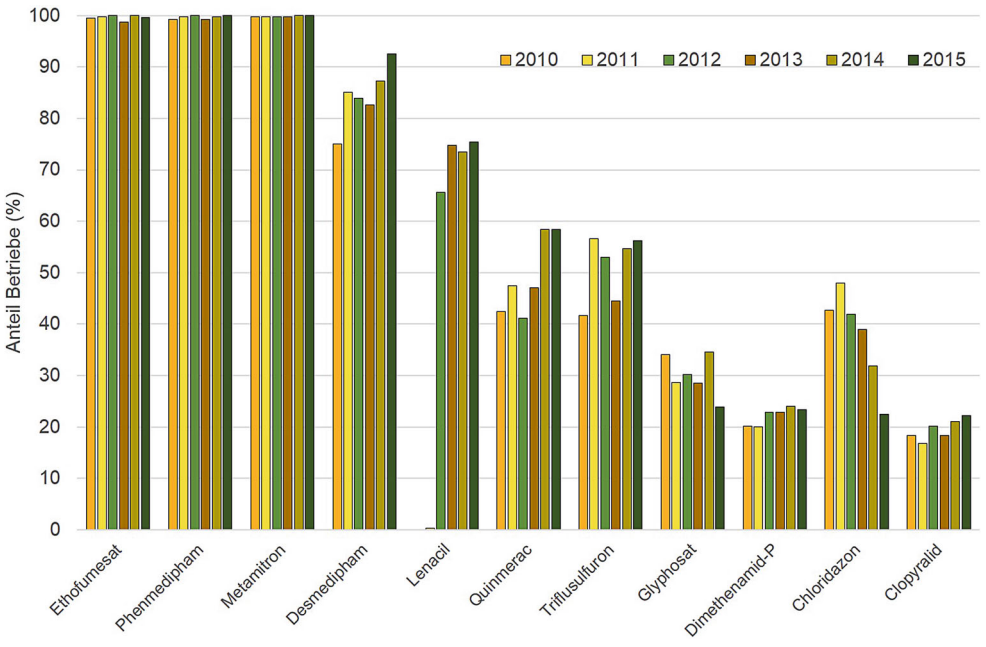


Abb. 2 Anteil der Schläge, auf denen der jeweilige herbizide Wirkstoff eingesetzt wurde (PA-PA-Zuckerrüben 2010–2015, dargestellt für die häufigsten Wirkstoffe)

Für eine komplette Darstellung der Wirkstoffrankings aus den sechs Jahren wird wiederum auf die Internetseite http://papa.julius-kuehn.de verwiesen.

Wirkstoffmengen und Behandlungsflächen

Die Verordnung (EG) Nr. 1185/2009 über Statistiken zu Pestiziden (Pflanzenschutzmittel-Statistikverordnung) verlangt unter anderem auch, dass für jeden Wirkstoff, der in den ausgewählten Erhebungskulturen angewendet wird, die im jeweiligen Mitgliedsstaat ausgebrachte Gesamtmenge und Behandlungsfläche ermittelt wird.

Die Wirkstoff-Gesamtmengen sind in Kilogramm anzugeben; die mit dem Wirkstoff behandelte Fläche in Hektar.

Auf eine explizite Darstellung der berechneten Werte wird in dieser Veröffentlichung verzichtet und stattdessen erneut auf die Internetseite http://papa.julius-kuehn.de verwiesen. Dort finden sich auch Erläuterungen zur Interpretation der Ergebnisse für Wirkstoffmengen und Behandlungsflächen.

Diskussion

Die Pflanzenschutzintensität, wiedergegeben durch die Kennziffern Behandlungshäufigkeit und Behandlungsindex, variiert zwischen den verschiedenen Jahren innerhalb enger Grenzen. Grundsätzlich beeinflussen die Witterung während der Vegetationsperiode, aber auch das Wetter im Winter vor der Zuckerrübenaussaat, das Auftreten von Unkräutern, Pilzkrankheiten und tierischen Schädlingen. Auch die Gestaltung der Fruchtfolge einschließlich eines möglichen Anbaus von Zwischenfrüchten und die Bodenbearbeitung wirken sich auf die Entwicklung von Unkräutern, Krankheiten und Schadinsekten aus. Die Stärke des Auftretens der genannten Schaderreger und die Risikobereitschaft des Betriebsleiters bestimmen im Wesentlichen die Pflanzenschutzintensität. Die konsequente Umsetzung von Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes trägt dazu bei, dass die Pflanzenschutzmaßnahmen angepasst an Schaderregerauftreten und Standortbedingungen durchgeführt werden. Entscheidend für den Erfolg der Pflanzenschutzmaßnahmen sind Zeitpunkt, Mittelwahl und Qualität der Durchführung (Hanse et al. 2011).

Dominiert wird der Pflanzenschutz in Zuckerrüben durch die Herbizidanwendungen. Langjährige Expertenerhebungen zur Verbreitung von Unkräutern zeigen Veränderungen für die Jahre 1996 bis 2010. Deutliche Zunahmen traten auf bei den im Zuckerrübenanbau üblichen Unkräutern wie Gänsefuß- und Knöterichgewächsen (Buhre et al. 2011). Für die als schwer bekämpfbar eingeordneten Unkräuter wie Knöteriche arten, Bingelkraut und Raps wurde eine zunehmende Verbreitung auf bis zu 25 % der Anbaufläche in 2010 geschätzt (Vasel et al. 2012). Bei den nahezu flächendeckend für übliche Verunkrautungssituationen eingesetzten Wirkstoffen Ethofumesat, Phenmedipham und Metamitron zeigten sich bis zur aktuellen Erhebung keine Veränderungen. Eine regional unterschiedliche Verteilung schwer bekämpfbarer Unkrautarten spiegelte sich wider in dem begrenzten Anteil der Erhebungsbetriebe, die spezielle herbizide Wirkstoffe zur Kontrolle dieser Unkräuter einsetzte (Vasel et al. 2012).

Der höchste Behandlungsindex mit 4,17 ergab sich ebenso wie die höchste Behandlungshäufigkeit mit 5,23 für das

Jahr 2012. In diesem Jahr waren die Kennwerte für die Herbizide zwar höher als in den meisten Jahren, aber nicht deutlich über dem Durchschnitt aller Jahre. Der auffallend hohe Behandlungsindex für alle Maßnahmen ist eher darin begründet, dass der Behandlungsindex für Insektizidanwendungen 2012 doppelt so hoch war wie in den meisten anderen Jahren und zugleich die Fungizidanwendungen ihre höchsten Werte aller bisherigen Jahre erreichten. Ursache für den Anstieg bei den Insektiziden war das regional frühe und ausgeprägte Auftreten von Läusen. Aus diesem Grund wurde 2012 ein Anteil von 20 % der Flächen mit Insektiziden behandelt, während es in den meisten anderen Jahren 10 bis 15 % waren. Eine frühzeitige Insektizidbehandlung im Mai und Juni wurde vermehrt auf Flächen mit niedrig dosiertem insektiziden Saatenschutz durchgeführt. Das frühe Auftreten von Blattkrankheiten Anfang Juli 2012 führte in Verbindung mit einem warmen, feuchten Witterungsverlauf in den folgenden Wochen dazu, dass sich der Haupterreger der Blattfleckenkrankheit bei Zuckerrüben, der Pilz *Cercospora beticola*, in vielen Regionen schnell ausbreiten und nachhaltig entwickeln konnte. In Jahren mit frühem Auftreten der Blattkrankheiten Anfang Juli und anhaltend günstiger Witterung für die Pilzentwicklung bis in den Herbst werden wiederholte Fungizidbehandlungen zum Schutz des Blattapparates von Zuckerrüben notwendig (Siekmann 2012). Die in einigen Regionen wiederholte Fungizidbehandlung sowie der Anteil von 74 % behandelter Flächen in den Erhebungsbetrieben erhöhten den durchschnittlichen Behandlungsindex für Fungizide 2012 auf 1,10 (vergl. Tab. 3). Behandlungshäufigkeit und Behandlungsindex sind bei Fungiziden nahezu identisch, was darauf zurückzuführen ist, dass bei Fungiziden in der Regel die zugelassene Aufwandmenge bei einer Behandlung appliziert wird. Diese Vorgehensweise ist zu befürworten vor dem Hintergrund, dass die Anzahl zugelassener fungizider Wirkstoffe mit verschiedenen Wirkorten bei Zuckerrüben begrenzt ist. Daher ist eine hohe Wirksamkeit der Anwendung, die durch die zugelassene Aufwandmenge gewährleistet sein sollte, eine wichtige Maßnahme zur Vorbeugung einer Resistenzbildung.

Auffallend hoch waren die Behandlungshäufigkeit und der Behandlungsindex für Insektizide 2015. In diesem Jahr wurden über 30 % der Flächen behandelt, da es in mehreren Regionen zu massivem Auftreten von Läusen kam, was auch die dominierende Stellung von Pirimicarb im Wirkstoffranking Insektizide im genannten Jahr erklärt (vergl. http://papa.julius-kuehn.de).

Insgesamt bestätigen die aktuellen Ergebnisse zu Fungizid- und Insektizidanwendungen die Untersuchungen von Vasel et al. (2013) zu Pflanzenschutzstrategien für das Jahr 2009. Mit einer regional differenzierteren Betrachtung des unterschiedlichen Auftretens von Krankheiten und Schädlingen ließen sich deutliche regionale Unterschiede in der Intensität von Fungizid- und Insektizidanwendungen aufzeigen.

Einen Einfluss auf die Entwicklung des Behandlungsindex über längere Zeiträume hat außerdem die Zulassungspraxis für PSM. Beispielsweise können PSM mit gegenüber den Vorjahren verminderter Aufwandmenge wiederzugelassen werden. So war das im Zuckerrübenanbau weit verbreitete Herbizid Betanal Expert bis 2012 mit 5,21 ha^{-1} Aufwandmenge zugelassen und ab 2013 mit der verminderten Aufwandmenge von 4,51 ha^{-1}. Durch die Wiederzulassung mit verminderter Aufwandmenge stieg der Behandlungsindex bei etwa gleichbleibender Menge an ausgebrachtem Wirkstoff je Behandlung für dieses Herbizid an. Solche Effekte lassen sich gerade bei Betrachtungen längerer Zeitreihen nicht ausschließen, aber leider in ihrer Gesamtheit auch nicht exakt quantifizieren. Sie sollten aber bei der Interpretation der Datenreihen nicht außer Acht gelassen werden.

Andere Effekte auf den Behandlungsindex können durch das Auslaufen von Zulassungen und Neuzulassungen von PSM resultieren. Neu zugelassene unterscheiden sich von bereits zugelassenen PSM in den enthaltenen Wirkstoffen mit unterschiedlicher Wirksamkeit, in der Kombination von mehreren Wirkstoffen und zusätzlich auch im Mengenverhältnis der enthaltenen Wirkstoffe. Alle diese Veränderungen können sich auf den Behandlungsindex auswirken, ohne dass damit Veränderungen der ausgebrachten Wirkstoffmengen ableitbar wären.

Zukünftig sind durch eine mögliche Ausbreitung schwer zu bekämpfender Unkräuter, hervorgerufen durch Veränderungen in der Fruchtfolge und beim Wetter, wesentliche Auswirkungen auf die Intensität der Herbizidanwendungen und auf die eingesetzten Wirkstoffe möglich. Eine höhere Intensität der Fungizidanwendungen würde notwendig, wenn ein frühes Auftreten von Schadpilzen kombiniert mit anhaltend warmer, feuchter Witterung eine schnelle und anhaltende Ausbreitung von Blattfleckenkrankheiten im Zuckerrübenanbau fördert. Die Intensität von Insektizidanwendungen wird vor allem bestimmt von den zukünftigen Möglichkeiten des insektiziden Saatenschutzes bei Zuckerrüben. Aktuell zeigt sich in Jahren mit hohem Schaderregeraufkommen, dass auf Zuckerrübenflächen mit niedriger Insektizidmenge in der Saatgutpille häufiger ein ganzflächiger Insektizideinsatz im Sommer durchgeführt wird als auf Flächen mit höherer insektizider Saatgutausstattung (Hauer et al. 2017).

Für die wesentliche Zielgröße einer nachhaltigen Entwicklung des Pflanzenschutzes, der Risikominderung für Nicht-Zielorganismen und angrenzende Habitate, lassen sich mit Hilfe des Behandlungsindex oder der Behandlungshäufigkeit keine weiterführenden Aussagen ableiten. Hierzu sind Modellrechnungen nötig wie beispielsweise mit dem Risikobewertungsmodell SYNOPS, in dem Berechnungen zum Abbau der applizierten Wirkstoffe in

Verbindung mit Standortgegebenheiten und dem Wetterverlauf zu einer Abschätzung des potentiellen Umweltrisikos herangezogen werden (Gutsche und Strassemeyer 2007; Reineke et al. 2014; Strassemeyer et al. 2017).

Danksagung An dieser Stelle ist es den Autoren ein Bedürfnis, allen regionalen Panel-Mitarbeitern zu danken, ohne deren Mithilfe es unmöglich wäre, eine solche Erhebung durchzuführen, und für die diese Erhebungen einen erheblichen zusätzlichen Arbeitsaufwand mit sich bringen. Und schließlich ist auch den an der Erhebung beteiligten Landwirten zu danken, die ja auf freiwilliger Basis ihre Daten ihrer Betriebe bereitstellen. Unser Dank gilt weiterhin Dr. Cord Buhre, der die Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten langjährig begleitet hat.

Interessenkonflikt D. Roßberg, N. Aeckerle und N. Stockfisch geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

Buhre C, Fecke P, Nelles F, Schlinker G, Ladewig E (2011) Entwicklungen im Pflanzenschutz in Zuckerrüben aus der Umfrage Produktionstechnik im Vergleich zur Erhebung NEPTUN. Sugar Ind 136:742–749

Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz – PflSchG) Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2012, Teil 1, Nr. 7, S 148

Gutsche V, Strassemeyer J (2007) SYNOPS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. Nachr Dtsch Pflanzenschutzd 59:197–210

Hanse B, Schneider JHM, Termorshuizen AJ, Varrelmann M (2011) Pests and diseases contribute to sugar beet yield difference between top and average managed farms. Crop Prot 30:671–678

Hauer M, Hansen AL, Manderyck B, Olsson A, Raaijmakers E, Hanse B, Stockfisch N, Märländer B (2017) Neonicotinoids in sugar beet cultivation in Central and Northern Europe: efficacy and environmental impact of neonicotinoid seed treatments and alternative measures. Crop Prot 93:132–142. doi:10.1016/j.cropro.2016.11.034

Reineke H, Strassemeyer J, Stockfisch N, Märländer B (2014) Risiko des chemischen Pflanzenschutzes im Zuckerrübenanbau. J Kulturpflanze 66:153–168

Roßberg D (2006) NEPTUN 2005 – Zuckerrüben. Statistische Erhebung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis. Berichte aus der BBA, Heft 137.

Roßberg D (2013) Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011. J Kulturpflanzen 65:141–151

Roßberg D, Ladewig E, Lukashyk P (2008) NEPTUN 2007 – Zuckerrüben. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Heft 145.

Roßberg D, Vasel E-H, Ladewig E (2010) NEPTUN 2009 – Zuckerrübe. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Heft 152.

Siekmann A (2012) Blattkrankheiten: Eine erste Bilanz. DZZ 48(5):30

Stockfisch N, Gallasch M, Reineke H, Trimpler K, Mielke C, Reiners M, Risser P, Schmitz K, Märländer B (2013) Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten. Sugar Ind 138:656–663

Strassemeyer J, Daehmlow D, Dominic AR, Lorenz S, Golla B (2017) SYNOPS-WEB, an online tool for environmental risk assessment to evaluate pesticide strategies on field level. Crop Prot. doi:10.1016/j.cropro.2016.11.036

Vasel E-H, Ladewig E, Märländer B (2012) Weed composition and herbicide use strategies in sugar beet cultivation in Germany. J Kulturpflanzen 64:112–125

Vasel E-H, Ladewig E, Märländer B (2013) Auftreten von Krankheiten und Schadinsekten sowie Fungizid- und Insektizidstrategien im Zuckerrübenanbau in Deutschland. J Kulturpflanzen 65:37–49

Verordnung (EG) 1185/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über Statistiken zu Pestiziden. Amtsblatt der Europäischen Union L 324: 1–22

Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e. V., Verein der Zuckerindustrie e. V. (2017) Standorte des Zuckerrübenanbaus und der Zuckerfabriken. http://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/zahlen-und-fakten/zuckermarkt-deutschland/standorte.html. Zugegriffen: 10. Febr 17



Dietmar Roßberg studierte Mathematik an der Karl-Marx-Universität in Leipzig. Von 1980–1990 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Pflanzenschutzforschung der AdL (Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR). 1985 Promotion zum Dr. agr. an der AdL zum Thema „Entwicklung von Populationsmodellen für Schadinsekten und ihre Nutzung in der Schaderreger- und Bestandesüberwachung“. 1990/1991 Oberassistent an der Sektion Pflanzenproduktion der Humboldt-Universität in Berlin und seit 1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Biologischen Bundesanstalt (seit 2008: Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen) Seine Arbeitsgebiete: 1980–2000 Modellierung (Populations- und Epidemiemodelle für ausgewählte Schaderreger), Entwicklung von Entscheidungshilfen für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Seit 2001 Statistische Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen Deutschlands. 2007 Mitarbeit bei der Definition von Boden-Klima-Räumen.