

Eike-Hennig Vasel, Erwin Ladewig, Bernward Märländer

Auftreten von Blattkrankheiten und Schadinsekten sowie Fungizid- und Insektizidstrategien im Zuckerrübenanbau in Deutschland

Occurrence of foliar diseases and harmful insects as well as strategies of fungicide and insecticide use in sugar beet cultivation in Germany

37

Zusammenfassung

Das Auftreten von Blattkrankheiten und Schadinsekten sowie die Applikation von Fungiziden und Insektiziden in Zuckerrüben haben sich in den letzten Dekaden fortlaufend verändert. Dieser Artikel bezieht sich auf die Beschreibung und Analyse von Entwicklungen im Auftreten von Blattkrankheiten und Schadinsekten und deren Regulierung auf regionaler und nationaler Ebene in Deutschland. Hierfür wurden Daten aus der Umfrage Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau (1994–2010) und der NEPTUN-Erhebung Zuckerrüben (2005, 2007 und 2009) ausgewertet. Seit 1999 hat sich der Anteil mit Blattkrankheiten befallener Zuckerrüben von etwa 50% auf nahezu die gesamte Anbaufläche ausgebreitet. Die *Cercospora*-Blattflecken hatten 2009 mit über 70% befallener Anbaufläche den größten Anteil daran, gefolgt von Mehltau mit einem Anteil von etwa 20%. Andere Blattkrankheiten wiesen nur regional eine stärkere Bedeutung auf. In den letzten 20 Jahren konnte eine deutliche Zunahme bei der Applikation von Fungiziden von etwa 20% auf 80% der Anbaufläche beobachtet werden. Die Behandlungshäufigkeit nahm seit dieser Zeit auf bis zu drei Applikationen zu. Das Auftreten von Schadinsekten variierte stärker zwischen 30% und 70% der Anbaufläche, eine Regulierung erfolgte jedoch häufig nur auf etwa 20% der Anbaufläche. Jahre mit starkem Befall, wie 1994, 2008 und 2009, bildeten hierbei eine Ausnahme. In der Regel verursachte das Auftreten von Blattläusen die Applikation von Insektiziden. Die Anzahl eingesetzter Fungizide und Insektizide lag häufig nahe 1,0. Während

der Behandlungsindex und die Behandlungshäufigkeit seit 2005 bei Fungiziden zwischen 0,5 und 0,9 und bei Insektiziden zwischen 0,1 und 0,2 lag, variierte der Behandlungsindex je Applikation in beiden Wirkstoffbereiche nur geringfügig im Bereich um 1,0. Anhand von Beispielregionen im Norden, Westen und Süden wurde das spezifische Auftreten von Blattkrankheiten und Schadinsekten mit der jeweiligen Fungizid- und Insektizidstrategie verglichen. Die regionalen Strategien unterschieden sich im Jahr 2009 hauptsächlich im Applikationstermin und der Behandlungshäufigkeit, die bei Fungiziden zwischen 0,9 im Norden und 2,2 im Süden und bei Insektiziden zwischen 0,0 im Süden und 0,5 im Norden variierte. Der Behandlungsindex je Applikation lag in allen Regionen und beiden Wirkstoffbereichen nahe 1,0. Dies und die Unterschiede im Applikationstermin verdeutlichen die hohe Bedeutung von Resistenzvermeidungsstrategien und die Implementierung von Bekämpfungsschwellensystemen im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes im Zuckerrübenanbau.

Stichwörter: Behandlungsindex, NEPTUN-Erhebung, Umfrage Produktionstechnik, integrierter Pflanzenschutz, Nationaler Aktionsplan

Abstract

Occurrence of foliar diseases and harmful insects as well as fungicide and insecticide use in sugar beet fields varied in the last decades. This study characterised and

Institut

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, Deutschland

Kontaktanschrift

Prof. Dr. Bernward Märländer, Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, 37079 Göttingen, Deutschland, E-Mail: maerlaender@ifz-goettingen.de

Zur Veröffentlichung angenommen

30. November 2012

analysed changes in the occurrence of harmful organisms and in fungicide and insecticide strategies on regional and national scale in Germany based on data of the Sugar Beet Cultivation-survey (1994–2010) and NEPTUN-survey – Sugar beet (2005, 2007 and 2009). On national scale, the occurrence of foliar diseases spread since 1999 from 50% to nearly the total sugar beet acreage (Fig. 1). Most important foliar diseases in 2009 were cercospora leaf spots and powdery mildew with 70% and 20%, respectively (Tab. 4), whereas other foliar diseases occurred rather on regional scale. Across last 20 years, fungicide use increased from approximately 20% to 80% of the sugar beet acreage and treatment frequency increased up to three applications (Tab. 1). The occurrence of insects varied between 30% and 70% of the acreage, but was controlled often on less than 20% (Fig. 2). In years with a high insect infestation, like 1994, 2008 and 2009, control of insects increased, too. Generally, aphids were the main drivers in insecticide applications (Tab. 5). The number of fungicides and insecticides used per treatment varied close to 1.0 (Tab. 1). Treatment index and treatment frequency varied since 2005 between 0.5 to 0.9 and 0.1 to 0.2 for fungicides and insecticides, respectively. However, treatment index per treatment of fungicides and insecticides was close to 1.0 (Fig. 3). In fields of exemplary regions in the north, west and south, the occurrence of harmful organisms were specified and compared with the used fungicide and insecticide strategies. In 2009, strategies differed in application time and treatment frequency, varying from 0.9 in the North to 2.2 in the South and 0.0 in the South to 0.5 in the North for fungicides and insecticides, respectively (Tab. 4 and 5). Treatment index per treatment was close to 1.0. This and the differences in application time clarify the importance of resistance management and threshold systems in line with the integrated pest management in sugar beet cultivation.

Key words: Treatment index, NEPTUN-survey, Sugar Beet Cultivation-survey, integrated pest management, national action plan

1 Einleitung

Der frühe Anbau von Rüben zur Zuckerproduktion wird auf das Jahr 1784 datiert (KOLBE, 1985). Zuckerrüben gehören damit zu den jüngeren Kulturgewächsen mit bedeutsamem Anbauumfang. Es etablierten sich jedoch frühzeitig Krankheiten und Schädlinge im Anbau. Bereits 1799 wies ACHARD (1803) auf Schädlingsbefall mit Reitwürmern/Maulwurfsgrillen hin. Allgemein wiesen Bodenschädlinge zu jener Zeit das größte Schadvermögen auf. Vor allem Drahtwürmer, Engerlinge, Erdraupen und Maulwurfsgrillen verursachten große Schäden und konnten nur durch Handarbeit bekämpft werden. Das Auftreten des Moosknopfkäfers als Schädling in Zuckerrüben wurde erstmals 1831 durch MACQUART (1831) und der Rübenfliege 1847 durch CURTIS (1847) beschrieben. Bereits 1859 wurden die Rüben-Nematoden als Verursacher der Rübenmüdigkeit entdeckt (SCHACHT, 1859). Auf diese wird im Folgenden auf Grund der ausschließlich biologischen Regulierung nicht weiter eingegangen. Ein kulturübergreifendes, starkes Auftreten von Blattläusen 1911 forcierte die Suche nach neuen Möglichkeiten der aktiven Regulierung von Schaderregern. In dieser Zeit wurde erstmalig der Einsatz verschiedener chemischer Detergenzien zur gezielten Regulierung der Blattläuse beschrieben. Neben dem Einsatz von Schmierseifenlösung (STÖRMER und MORGENTHALER, 1911) wurde Tabakseifenbrühe appliziert (SCHANDER, 1912). Insektizide mit ausreichend sicherer Wirkung waren jedoch erst ab 1945 verfügbar. Die Applikation von Phosphorsäureestern ermöglichte ab 1948 eine deutlich bessere Regulierung der verschiedenen Schadinsekten

Tab. 1. Applikationen von Fungiziden und Insektiziden im Zuckerrübenanbau in Deutschland. NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009, n = 3082

Application of fungicides and insecticides in sugar beet cultivation in Germany. NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009, n = 3082

Jahr	Applikation	Fungizide			Insektizide	
		1.	2.	3.	1.	2.
2005	Datum (Ø)	8. Aug.	25. Aug.	–	13. Jun.	1. Jul.
	Anzahl PSM (Ø)	1,1	1,0	–	1,1	1,4
	Behandelte Schläge	52%	5%	0%	8%	2%
2007	Datum (Ø)	24. Jul.	15. Aug.	31. Aug.	10. Jun.	4. Aug.
	Anzahl PSM (Ø)	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0
	Behandelte Schläge	70%	32%	5%	10%	1%
2009	Datum (Ø)	25. Jul.	11. Aug.	21. Aug.	20. Jun.	2. Jul.
	Anzahl PSM (Ø)	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1
	Behandelte Schläge	73%	15%	2%	12%	1%

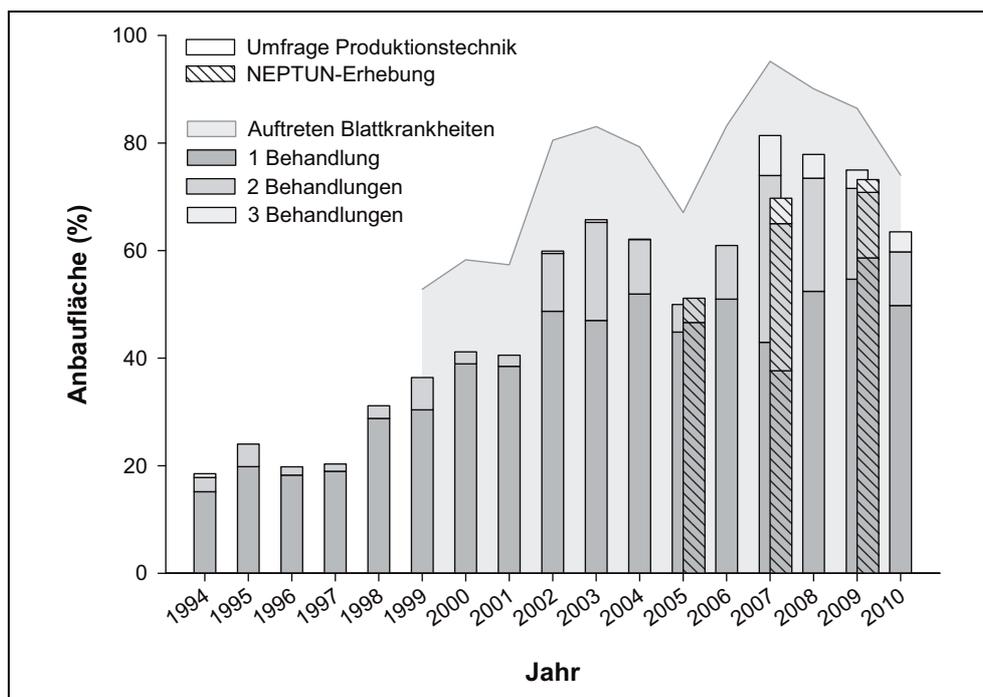


Abb. 1. Anbaufläche mit Blattkrankheiten in Zuckerrüben und deren Bekämpfung mit Fungiziden in Deutschland. Umfrage Produktionstechnik 1994–2010 und NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009.

Acreage with foliar diseases in sugar beet cultivation and its regulation with fungicides in Germany. Sugar Beet Cultivation-survey 1994–2010 and NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009.

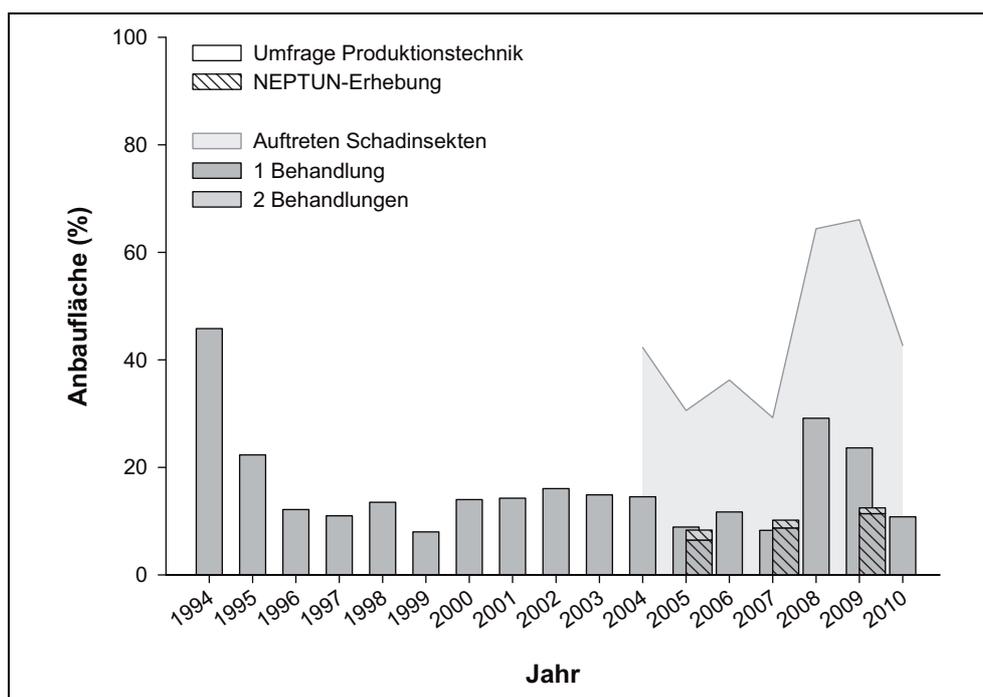


Abb. 2. Anbaufläche mit Auftreten von Schadinsekten in Zuckerrüben und deren Bekämpfung mit Insektiziden in Deutschland. Umfrage Produktionstechnik 1994–2010 und NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009.

Acreage with harmful insects in sugar beet cultivation and its regulation with insecticides in Germany. Sugar Beet Cultivation-survey 1994–2010 and NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009.

(SCHRADER, 1956). Rübenblattwanzen verursachten 1949 die starke Verbreitung der Kräuselkrankheit, die durch eine mehrfache insektizide Rand- oder Ganzflächenbehandlung eingedämmt wurde (KOLBE, 1985). Durch die Vektoren grüne Pfirsichblattlaus und schwarze Rübenblattlaus kam es ab 1947 verstärkt zu der Übertragung von Vergilbungskrankheiten. Eine erfolgreiche Vektorenbekämpfung gelang jedoch erst ab 1952 mit der Einführung der Organophosphate, der ersten systemischen Insektizide.

Mit der Einführung von genetisch monogermen und pilliertem Saatgut erfolgte eine insektizide und fungizide Saatgutbehandlung. Die Wirkstoffe Thiram und Carbofuran sorgten für einen ausreichenden Schutz gegen Wurzelbranderreger und Schadinsekten, die sonst nicht sicher reguliert werden konnten (KOLBE, 1985). Dadurch waren flächige Mehrfachbehandlungen mit Insektiziden in der Jugendentwicklung überflüssig geworden und werden auch im heutigen Rübenanbau selten appliziert (ROSSBERG et al., 2010).

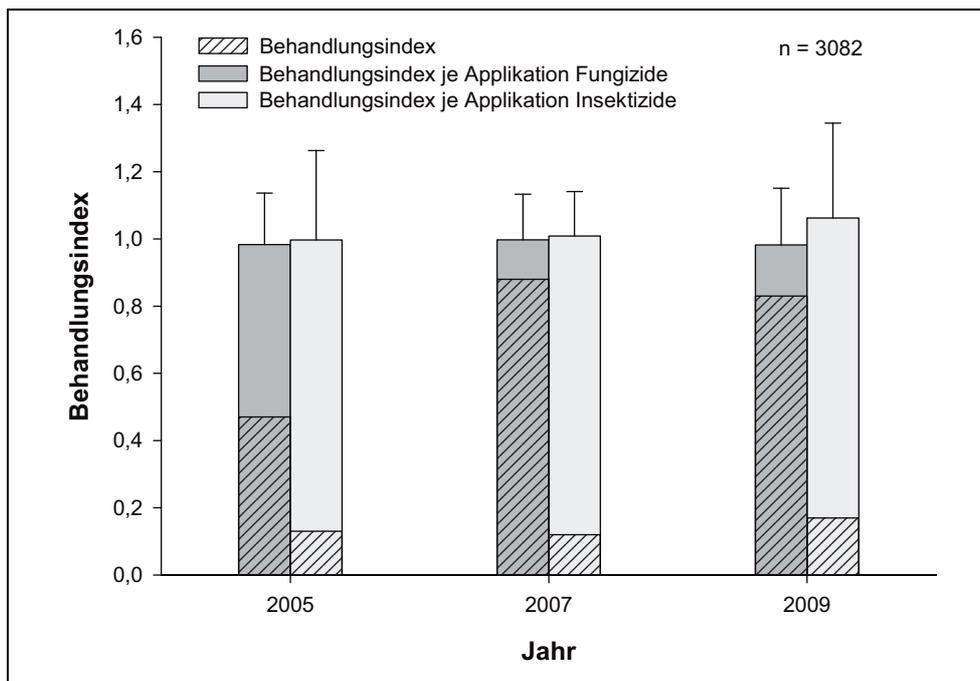


Abb. 3. Behandlungsindex und Behandlungsindex je Applikation von Fungiziden und Insektiziden im Zuckerrübenanbau in Deutschland. NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009.

Treatment index and treatment index per treatment of fungicides and insecticides in sugar beet cultivation in Germany. NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009.

Blattkrankheiten traten häufig im späteren Verlauf der Rübenentwicklung auf. Als Blattkrankheiten wurden im beginnenden 19. Jahrhundert erstmals die Blattdürre (KOPPY, 1810) und der Rübenrost (KÜHN, 1858) aufgeführt. Die Cercospora-Blattfleckenkrankheit wurde erstmals 1815 beschrieben (KOLBE, 1985) und ist bis heute die wirtschaftlich bedeutendste Blattkrankheit in Zuckerrüben. Das Auftreten von falschem Mehltau wurde erstmals 1859 durch SCHACHT (1859) und die Ramularia-Blattfleckenkrankheit ab 1897 beschrieben, jedoch gab es für Blattkrankheiten keine Regulierungsmöglichkeiten. In der Mitte des 20. Jahrhunderts kommt es zum vermehrten Auftreten von echtem Mehltau. Durch die zunehmende Verbreitung von Cercospora-Blattflecken nahm in den letzten 30 Jahren der Einsatz von Fungiziden stetig zu (HILLE, 1988; ROSSBERG et al., 2010; BUHRE et al., 2011b). Im Vergleich zwischen den Wirkstoffbereichen weist der Herbizideinsatz die höchste Intensität auf, gefolgt von Fungiziden und Insektiziden (ROSSBERG et al., 2010).

Zunehmendes Interesse am Pflanzenschutzmitteleinsatz seitens der Gesellschaft führte zur Einführung von Aktionsplänen mit den Zielen der Steigerung von Transparenz und Reduktion der potentiellen Risiken des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Deutschland (BMVEL, 2004; BMELV, 2008). Unterstützt durch die EU-Richtlinie 2009/128/EG (ANONYMOUS, 2009) werden zukünftig alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet, ebenfalls Aktionspläne zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu erstellen. Neben der Bewertung der Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes können anhand der erhobenen Daten Pflanzenschutzmittelstrategien abgeleitet werden. Dadurch wird es erstmalig möglich, das Auftreten von Krankheiten und Schaderregern in Bezug zu den jeweiligen Pflanzenschutzstrategien flächendeckend zu dokumentieren und zu interpretieren.

Ziel dieser Arbeit war daher eine Analyse (i) des Auftretens von Blattkrankheiten und Schadinsekten im Zuckerrübenanbau in Deutschland und (ii) von Fungizid- und Insektizidstrategien auf nationaler und regionaler Ebene zu deren Regulierung. Dafür wurden zwei Datensätze genutzt. Die Expertenschätzung „Umfrage Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 1994–2010“ lieferte Kennzahlen zum Auftreten und der Regulierung von Schaderregern auf Ebene der Einzugsgebiete der Zuckerfabriken (BUHRE et al., 2011a). Die „NEPTUN-Erhebungen – Zuckerrübe“ 2005, 2007 und 2009 stellten schlagspezifische Informationen auf regionaler Ebene für ganz Deutschland bereit (ROSSBERG et al., 2010). Zusätzlich sollten Strategien zum integrierten Pflanzenschutz im Kontext des Nationalen Aktionsplanes zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) aufgezeigt werden.

2 Material und Methoden

Datenerfassung

Das Auftreten von Blattkrankheiten und Schadinsekten sowie deren Bekämpfung wurde aus Daten der Umfrage Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau des Instituts für Zuckerrübenforschung, Göttingen, erfasst. Diese Umfrage wurde jährlich seit 1994 auf Ebene der Zuckerrüben-einzugsgebiete in Deutschland durchgeführt und lieferte Informationen zu Vorfrüchten, Aussaat, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz, Auftreten von Blattkrankheiten und Schaderregern und zur Ernte von Zuckerrüben. Die Ergebnisse der Umfrage basierten zum Teil auf Schätzungen der Anbauberater der Zuckerfabriken und weiteren Experten. Aggregiert und über die Anbaufläche je Zuckerfabrik gewichtet konnten Ergebnisse für den gesamten Zuckerrübenanbau Deutschlands abgebildet werden. De-

tailliertere Informationen zur Umfrage Produktionstechnik liefern MERKES et al. (1996 und 2001) und BUHRE et al. (2011a).

Aus der NEPTUN-Erhebung Zuckerrüben (Netzwerk zur Ermittlung der Pflanzenschutzmittelanwendung in unterschiedlichen, landwirtschaftlich relevanten Naturräumen Deutschlands) wurden Informationen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz auf Betriebsebene erfasst. Diese Erhebung wurde in den Jahren 2005, 2007 und 2009 vom Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Zuckerrübenforschung durchgeführt. Jährlich wurden etwa 500 Betriebe mit je etwa 1000 Schlägen erfasst. Die NEPTUN-Erhebung war in Erhebungsregionen Ackerbau (ERA) untergliedert, aus denen Daten von mindestens 30 Betrieben je ERA vorlagen. Es wurden die Parameter Behandlungszeitpunkt, eingesetzte Pflanzenschutzmittel, Aufwandmenge und behandelte Fläche je Schlag erfasst. Detailliertere Informationen liefern die jeweiligen NEPTUN-Berichte (ROSSBERG, 2006; ROSSBERG et al., 2008; ROSSBERG et al., 2010).

Datenauswertung

Das Auftreten von Blattkrankheiten wurde seit 1999 und deren Bekämpfung seit 1994 aus Daten der Umfrage Produktionstechnik erfasst und für die Bekämpfung in 2005, 2007 und 2009 mit Daten aus der NEPTUN-Erhebung erweitert. Neben der insgesamt behandelten Fläche erfolgte eine weitere Unterteilung nach der Behandlungshäufigkeit.

Das Auftreten und die Bekämpfung von Schadinsekten wurde seit 2004 bzw. 1994 aus Daten der Umfrage Produktionstechnik erfasst und in 2005, 2007 und 2009 mit Daten aus der NEPTUN-Erhebung erweitert. Eine Unterteilung nach Behandlungshäufigkeit erfolgte nur aus den Daten der NEPTUN-Erhebung.

Die Applikationen von Fungiziden und Insektiziden wurden aus den Daten der NEPTUN-Erhebung abgeleitet. Auf Basis der Einzelschläge wurde das arithmetische Mittel des Behandlungstermins und der Anzahl eingesetzter Pflanzenschutzmittel je Applikation für die erste bis dritte Applikation gebildet.

Der Behandlungsindex (BI) von Fungiziden und Insektiziden wurde in der Periode von der Ernte der Vorfrucht bis zur Ernte der Zuckerrüben aus den Daten der NEPTUN-Erhebung berechnet (1). Er beschreibt die Intensität des Pestizideinsatzes als die Anzahl und Menge eingesetzter Pflanzenschutzmittel pro Flächeneinheit bezogen auf die zugelassene Aufwandmenge (ROSSBERG et al., 2002). Der Behandlungsindex stellte dabei das arithmetische Mittel der errechneten BI aller Schläge jedes Betriebes dar. Die Berechnung des „Behandlungsindex je Applikation“ hingegen berücksichtigte nur den Behandlungsindex der Schläge, auf denen tatsächlich Fungizide oder Insektizide eingesetzt wurden und führte somit zu höheren Werten.

Behandlungsindex = (1)

$$\sum \left(\frac{\text{Aufwandmenge}}{\text{zugelassene Aufwandmengen}} \times \frac{\text{behandelte Fläche}}{\text{gesamte Fläche}} \right)$$

Die Behandlungshäufigkeit (BH) ist durch die Anzahl durchgeführter Applikationen auf einem Schlag definiert (2), wobei teilflächenspezifische Applikationen durch Nutzung eines Flächenkoeffizienten berücksichtigt werden.

Behandlungshäufigkeit = (2)

$$\sum (\text{Anzahl Behandlungen} \times \frac{\text{behandelte Fläche}}{\text{gesamte Fläche}})$$

Die Aufwandmengen der Applikationen von Fungiziden und Insektiziden der Daten der NEPTUN-Erhebungen wurden in vier verschiedene Klassen der Dosisreduktion > 75%, 50–75%, 25–50% und < 25% im Vergleich zur zugelassenen Aufwandmenge eingeteilt. Die Aufwandmengen wurden schlag-, produkt- und terminspezifisch erfasst. Es wurden insgesamt 3082 Applikationen mit unterschiedlichen Dosierungen ausgewertet, 2699 für den Wirkstoffbereich der Fungizide und 383 für Insektizide.

Die reinen Mittelkosten für die Applikationen von Fungiziden und Insektiziden wurden schlagspezifisch anhand der NEPTUN-Erhebung in €/ha berechnet. Für die Kostenberechnung wurden die jeweiligen Preise aus Pflanzenschutzmittelpreislisten der Erhebungsjahre angesetzt.

Für die Korrelation zwischen dem Aussaatzeitpunkt der Zuckerrüben und den Behandlungsindizes der Applikationen von Fungiziden und Insektiziden wurden nur Schläge aus der NEPTUN-Erhebung berücksichtigt, auf denen Applikationen durchgeführt wurden. Für Fungizide ergaben sich 2101 Kombinationen von Aussaatdatum und Behandlungsindex, für Insektizide 335 Kombinationen.

Eine regionale Auswertung für 2009 wurde anhand von 3 Beispielregionen durchgeführt. Die Beispielregion 1 entsprach dabei der ERA 1001 Region Schleswig-Holstein/nördliches Niedersachsen, Beispielregion 2 der ERA 1009 Niederrheinische Bucht/Köln-Aachener Bucht und Beispielregion 3 der ERA 1017 Niederbayerisches Hügelland. Die Zuordnung der Daten der Umfrage Produktionstechnik erfolgte auf Ebene der Einzugsgebiete von Zuckerfabriken, die den Beispielregionen im Zuschnitt im Wesentlichen entsprachen.

3 Ergebnisse

Blattkrankheiten traten 1999 auf etwa 50% der Anbaufläche auf und weiteten sich mit stärkeren Schwankungen bis 2010 auf > 70% aus (Abb. 1). Die Bekämpfung der Blattkrankheiten wurde 1994 bis 1997 auf etwa 20% der Anbaufläche durchgeführt. Von 1998 bis 2010 stieg die Bekämpfung auf > 60% der Anbaufläche parallel zur befallenen Anbaufläche an. Seit 2002 hat der Anteil von Zweitbehandlungen und seit 2007 der Anteil von Drittbehandlungen deutlich zugenommen. Es zeigten sich nur geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Datenquellen.

Das Auftreten von Schadinsekten schwankte von 2004 bis 2010 zwischen 30% und 70% der Anbaufläche (Abb. 2). 1994 erfolgte auf über 40% der Anbaufläche eine Bekämpfung

fung von Schadinsekten, danach bis 2003 in der Regel auf weniger als 20%. Die Bekämpfung von Schadinsekten erfolgte von 2004 bis 2010 parallel zum Auftreten auf etwa 10% bis maximal 30% der Anbaufläche. Im Jahr 2009 konnte eine leichte Diskrepanz von etwa 10% zwischen den beiden Datenquellen festgestellt werden.

Die erste Applikation von Fungiziden erfolgte im Mittel zwischen dem 24. Juli und dem 8. August, die zweite zwischen dem 11. August und dem 25. August, und die dritte zwischen dem 21. August und dem 31. August (Tab. 1). In 2005 erfolgten maximal zwei Applikationen, 2007 und 2009 maximal 3, jedoch auf nur 5% bzw. 2% der Schläge. In allen Jahren wurden mit der ersten Applikation im Mittel 1,1 Fungizide ausgebracht, spätere Applikationen erfolgten mit 1,0 Fungiziden. Von 2005 bis 2009 stieg der Anteil behandelter Schläge von 52% auf 73%.

Die erste Applikation mit Insektiziden erfolgte im Mittel zwischen dem 10. Juni und 20. Juni, die zweite zwischen dem 1. Juli und dem 4. August. Es wurden maximal zwei Applikationen auf $\leq 2\%$ der Schläge durchgeführt. In allen Jahren und Applikationen wurden im Mittel 1,1 bis 1,4 Insektizide ohne Tendenz einer Zuordnung eingesetzt. Von 2005 bis 2009 stieg der Anteil behandelter Schläge von 8% auf 12%.

Der Behandlungsindex von Fungiziden betrug 2005 etwa 0,5, 2007 etwa 0,9 und 2009 etwa 0,8 (Abb. 3). Der durchschnittliche Behandlungsindex je Applikation lag bei je etwa 1,0 mit einer Standardabweichung von etwa 0,1 bis 0,2. Der Behandlungsindex von Insektiziden betrug 2005 und 2007 etwa 0,1 und 2009 etwa 0,2. Der durchschnittliche Behandlungsindex je Applikation lag bei je etwa 1,0 mit einer Standardabweichung von etwa 0,1 bis 0,3.

Eine Dosisreduktion $< 25\%$ von Fungiziden und Insektiziden erfolgte im Mittel der Jahre in mehr als 85% der Applikationen (Tab. 2). Eine Dosisreduktion zwischen 25–50% und 50–75% erfolgte in etwa 3% bis 11% der Applikationen, und eine Dosisreduktion $> 75\%$ in durchschnittlich 1% bis 3% der Applikationen, häufig mit sig-

nifikanten Unterschieden innerhalb der Klassen. Der Anteil der Applikationen mit einer Dosisreduktion $< 25\%$ war im Mittel der Jahre für Fungizide und Insektizide signifikant höher als die Applikationen der übrigen Klassen.

Die durchschnittlichen Mittelkosten für Fungizide betragen 2005 etwa 35 €/ha, 2007 48 €/ha und 2009 39 €/ha und für den Insektizideinsatz 12 €/ha, 10 €/ha und 10 €/ha (Abb. 4). Die Streuung der Kosten bewegte sich für Fungizide zwischen 10 €/ha und 125 €/ha und für Insektizide zwischen 1 €/ha und 40 €/ha.

Das Bestimmtheitsmaß und die Steigung der Geraden für die Korrelation zwischen dem Aussaatzeitpunkt und der Höhe des Behandlungsindex waren sehr gering und nur das r^2 in 2005 für Fungizide signifikant (Tab. 3).

Blattkrankheiten traten durchschnittlich auf etwa 86% der Schläge auf (Tab. 4). In den Beispielregionen traten sie auf nahezu der gesamten Anbaufläche auf. Cercospora-Blattflecken war mit durchschnittlich 71% in allen Einzugsgebieten die verbreitetste Blattkrankheit, gefolgt von Mehltau mit 18%, Rost mit 4% und Ramularia-Blattflecken mit 3%. Auch in den Beispielregionen bestätigte sich diese Reihenfolge, jedoch wiesen 41% der Anbaufläche in Beispielregion 1 Rostbefall auf und 100% in Beispielregion 3 Cercospora-Blattflecken. Im Mittel wurden auf 75% aller Schläge Fungizide appliziert. Dies ergab eine durchschnittliche Behandlungshäufigkeit von etwa 0,8. In den Beispielregionen variierte der Anteil behandelter Schläge zwischen 88% und 99%, mit einer Behandlungshäufigkeit zwischen 0,9 und 2,2. Im Mittel erfolgten die Applikationen zwischen dem 25. Juli und dem 21. August. Nur in Beispielregion 3 wurden die erste Applikation früher und die dritte Applikation später durchgeführt. In der Regel wurden 1,1 Pflanzenschutzmittel je Applikation eingesetzt. In den Beispielregionen wurden überwiegend 1,0 Pflanzenschutzmittel appliziert, mit Ausnahme von Beispielregion 2, in der zur ersten Applikation 1,2 Pflanzenschutzmittel eingesetzt wurden. Der Behandlungsindex betrug im Mittel 0,83 und variierte zwischen den Beispielregionen von 0,94 bis 2,20. Der

Tab. 2. Dosisreduktion im Vergleich zur zugelassenen Aufwandmenge von Pflanzenschutzmitteln für die Applikation von Fungiziden und Insektiziden im Zuckerrübenanbau in Deutschland. Groß- und Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen den Klassen der Dosisreduktion, NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009, n = 3082 Applikationen, $p \leq 0,05$

Dosage reduction compared to authorised application rate of fungicides and insecticides in sugar beet cultivation in Germany. Capital and lower case letters indicates significant differences within and between the classes of dosage reduction, respectively, NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009, n = 3082 applications, $p \leq 0.05$

Klassen der Dosisreduktion	Fungizide (% der Applikationen)				Insektizide (% der Applikationen)			
	2005	2007	2009	Ø	2005	2007	2009	Ø
> 75%	0,7 ^B	0,4 ^C	1,4 ^A	1,1 ^b	3,0 ^B	2,9 ^B	1,2 ^C	2,7 ^b
zwischen 50–75%	7,0 ^A	7,2 ^A	7,7 ^A	7,4 ^b	2,9 ^B	4,6 ^B	10,6 ^A	8,0 ^b
zwischen 25–50%	3,7 ^C	6,3 ^A	5,0 ^B	5,3 ^b	8,9 ^A	3,8 ^B	2,5 ^C	6,5 ^b
< 25%	88,6 ^A	86,0 ^A	85,8 ^A	86,7 ^a	85,2 ^A	88,5 ^A	85,7 ^A	86,4 ^a
Σ	100	100	100		100	100	100	

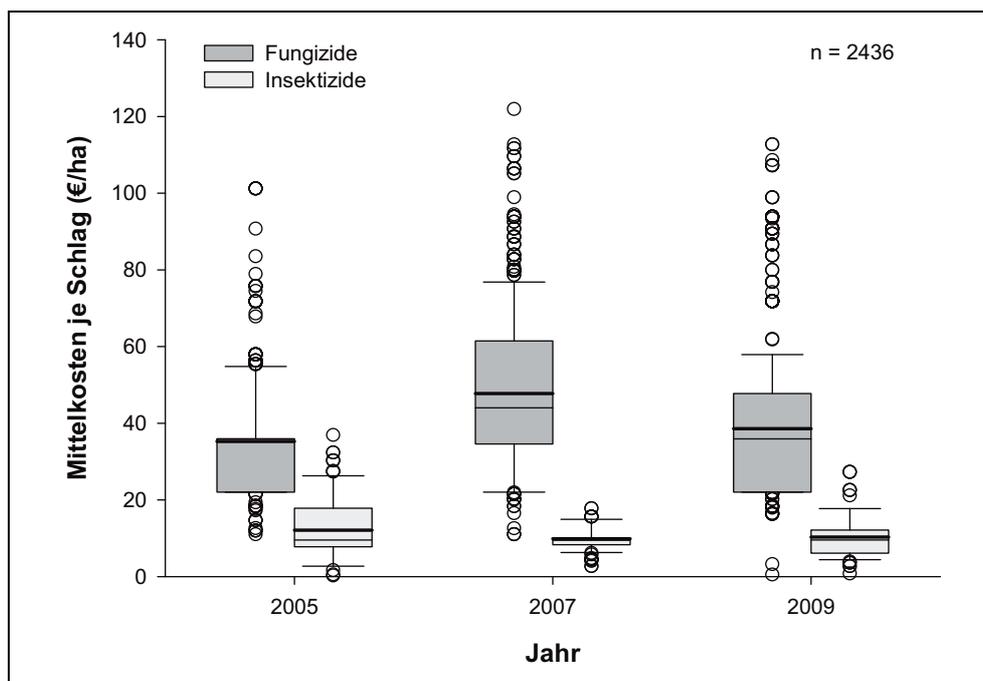


Abb. 4. Mittelkosten je Schlag für die Applikation von Fungiziden und Insektiziden im Zuckerrübenanbau in Deutschland. NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009. Costs of pesticide per field for fungicide and insecticides in sugar beet cultivation in Germany. NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009.

Tab. 3. Korrelation zwischen Aussaatzeitpunkt und Behandlungsindex von Fungiziden und Insektiziden im Zuckerrübenanbau in Deutschland. NEPTUN-Erhebung 2005, 2007 und 2009, Bestimmtheitsmaß (r^2), Steigung (a), $n = 2436$, $p \leq 0,05$
Correlation between sowing time and treatment index of fungicides and insecticides in sugar beet cultivation in Germany. NEPTUN-survey 2005, 2007 and 2009, coefficient of determination (r^2), gradient (a), $n = 2436$, $p \leq 0.05$

	Fungizide			Insektizide		
	2005	2007	2009	2005	2007	2009
r^2	0,018**	0,000 n.s.	0,001 n.s.	0,005 n.s.	0,005 n.s.	0,008 n.s.
a	0,005	0,001	0,004	0,002	0,005	0,006

Behandlungsindex je Applikation hingegen betrug im Mittel aller Schläge und in den Beispielregionen etwa 1,0. Die Mittelkosten für Fungizide beliefen sich durchschnittlich auf etwa 39 €/ha, und variierten zwischen den Beispielregionen von 27 bis 68 €/ha. Eine Dosisreduktion < 25% von Fungiziden erfolgte 2009 im Mittel aller Schläge in mehr als 85% der Applikationen und variierte zwischen den Beispielregionen von 80% bis 99%. Eine Dosisreduktion zwischen 25–50% im Mittel aller Schläge erfolgte in etwa 5% und zwischen 50–75% in etwa 8% der Applikationen. In den Beispielregionen traten diese Dosisreduktionen zwischen 0% und 17% auf. Höhere Dosisreduktionen wurden im Mittel aller Schläge für etwa 1% der Applikationen festgestellt, erfolgten jedoch nicht in den Beispielregionen.

Schadinsekten traten durchschnittlich auf etwa 66% der Schläge auf (Tab. 5). In den Beispielregionen variierte ihr Auftreten von 35% bis 90% der Anbaufläche. Die Blattläuse waren mit durchschnittlich 47% in allen Einzugsgebieten am weitesten verbreitet, gefolgt von der Gammaeule mit 10%, Moosknopfkäfer mit 5% und der Rübenfliege mit 4%. In den Beispielregionen bestätigte

sich diese Reihenfolge für die Blattläuse und Gammaeule, jedoch trat der Moosknopfkäfer nicht und die Rübenfliege in Beispielregion 1 und 2 auf 12% bzw. 7% auf. Im Mittel wurden auf 22% bis 24% aller Schläge Insektizide appliziert. Dies ergab eine durchschnittliche Behandlungshäufigkeit von etwa 0,2. In den Beispielregionen variierte der Anteil behandelter Schläge zwischen 10% und 36%, mit einer Behandlungshäufigkeit zwischen 0,0 und 0,5. Im Mittel erfolgten die Applikationen zwischen dem 20. Juni und dem 2. Juli. In Beispielregion 1 wurde die erste Applikation bereits am 2. Juni durchgeführt. In Beispielregion 2 erfolgte die erste Applikation am 18. Juli, eine zweite Applikation wurde nicht durchgeführt. In Beispielregion 3 wurden keine Insektizide appliziert. In der Regel wurden 1,2 Pflanzenschutzmittel je Applikation eingesetzt. In den Beispielregionen wurden überwiegend 1,0 bis 1,1 Pflanzenschutzmittel appliziert. Der Behandlungsindex betrug im Mittel 0,17 und variierte zwischen den Beispielregionen von 0,14 bis 0,57. Der Behandlungsindex je Applikation hingegen betrug im Mittel aller Schläge und in den Beispielregionen etwa 1,0. Die Mittelkosten für Insektizide beliefen sich durchschnittlich auf etwa 10 €/ha,

Tab. 4. Kennzahlen von Fungizidstrategien für Erhebungsregionen (ERA) und drei Beispielregionen in Deutschland. Umfrage Produktionstechnik 2009 und NEPTUN-Erhebung 2009, $p \leq 0,05$ Key figures of fungicide strategies on national and regional scale in Germany. Sugar Beet Cultivation-survey 2009 and NEPTUN-survey 2009, $p \leq 0.05$

	Deutschland Gesamt			Beispielregion ¹		
	Ø aller Schläge	ERA min ²	ERA max ²	1	2	3
Auftreten Blattkrankheiten³	86%	45%	100%	100%	96%	100%
<i>Cercospora</i> -Blattflecken	71%	20%	100%	67%	76%	100%
Mehltau	18%	0%	65%	22%	19%	–
Rost	4%	0%	37%	41%	2%	–
<i>Ramularia</i> -Blattflecken	3%	0%	10%	3%	3%	–
Bekämpfung Blattkrankheiten³	75%	25%	99%	88%	90%	99%
Behandlungshäufigkeit	0,8	0,2	2,2	0,9	1,0	2,2
Termin 1. Applikation	25. Jul.	27. Jun.	4. Aug.	24. Jul.	29. Jul.	16. Jul.
2. Applikation	11. Aug.	28. Jul.	25. Aug.	28. Jul.	25. Aug.	7. Aug.
3. Applikation	21. Aug.	5. Aug.	22. Aug.	–	–	22. Aug.
Anzahl PSM	1,1	1,0	1,3	1,0	1,2	1,0
1. Applikation	1,1	1,0	1,3	1,0	1,2	1,0
2. Applikation	1,0	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0
3. Applikation	1,0	1,0	1,0	–	–	1,0
Behandlungsindex	0,83	0,22	2,20	0,94	1,04	2,20
Behandlungsindex je Applikation	0,98	0,85	1,05	1,00	1,05	1,01
Mittelkosten (€/ha)	39	22	68	27	46	68
Dosisreduktion im Vergleich zur zugelassenen Aufwandmenge (Anteil an Applikationen)						
> 75%	1,4 ^b	2,7	15,8	0,0	0,0	0,0
zwischen 50–75%	7,7 ^b	2,5	24,7	7,1 ^A	2,5 ^B	0,0
zwischen 25–50%	5,0 ^b	0,8	16,9	3,6 ^A	16,9 ^A	0,8 ^A
< 25%	85,8 ^a	64,5	99,2	89,3 ^{AB}	80,5 ^B	99,2 ^A

¹ Beispielregion 1: Entspricht ERA 1001 Schleswig-Holstein/Nördliches Niedersachsen;

Beispielregion 2: Entspricht ERA 1009 Niederrheinische Bucht/Köln-Aachener Bucht;

Beispielregion 3: Entspricht ERA 1017 Niederbayerisches Hügelland

² bezogen auf 15 Erhebungsregionen mit Zuckerrübenanbau (ERA)³ bezogen auf Anbaufläche der Einzugsgebiete der Zuckerfabriken, die den Beispielregionen im Wesentlichen entsprechen

und variierten zwischen den Beispielregionen von 7 bis 14 €/ha. Eine Dosisreduktion < 25% von Insektizide erfolgte 2009 im Mittel aller Schläge in mehr als 85% der Applikationen und betrug in den Beispielregionen mit Ausnahme der Beispielregion 3 100%. Eine Dosisreduktion zwischen 25–50% im Mittel aller Schläge erfolgte in etwa 3% und zwischen 50–75% in etwa 11% der Applikationen. In den Beispielregionen traten diese Dosisreduktionen nicht auf. Höhere Dosisreduktionen wurden im Mittel aller Schläge für etwa 1% der Applikationen festgestellt, erfolgten jedoch nicht in den Beispielregionen.

4 Diskussion

Das differenzierte Auftreten von Blattkrankheiten und Schadinsekten erfordert spezifische Regulierungsmaßnah-

men durch Fungizide und Insektizide, die bisher nicht umfassend beschrieben worden sind, aber im Rahmen des Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) (BMELV, 2008) transparent dokumentiert werden müssen. Ziel dieser Arbeit war daher eine Analyse (i) des Auftretens von Blattkrankheiten und Schadinsekten im Zuckerrübenanbau in Deutschland und (ii) von Fungizid- und Insektizidstrategien auf nationaler und regionaler Ebene zu deren Regulierung. Dafür wurden Daten aus zwei verschiedenen Ansätzen genutzt. Die Expertenschätzung „Umfrage Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 1994–2010“ lieferte Kennzahlen zum Auftreten und der Regulierung von Schaderregern auf Ebene der Zuckerrüben-einzugsgebiete (BUHRE et al., 2011a). Die „NEPTUN-Erhebungen – Zuckerrübe“ 2005, 2007 und 2009 stellten schlagspezifische Informationen auf regionaler Ebene für

Tab. 5. Kennzahlen von Insektizidstrategien für Erhebungsregionen (ERA) und drei Beispielregionen in Deutschland. Umfrage Produktionstechnik 2009 und NEPTUN-Erhebung 2009, $p \leq 0,05$ Key figures of insecticide strategies on national and regional scale in Germany. Sugar Beet Cultivation-survey 2009 and NEPTUN-survey 2009, $p \leq 0.05$

	Deutschland Gesamt			Beispielregion ¹		
	Ø aller Schläge	ERA min ²	ERA max ²	1	2	3
Auftreten Schadinsekten³	66%	7%	100%	60–72%	56–90%	35–40%
<i>Blattlaus</i>	47%	5%	100%	60%	56%	35%
<i>Gammaeule</i>	10%	0%	100%	–	27%	5%
<i>Moosknopfkäfer</i>	5%	0%	43%	–	–	–
<i>Rübenfliege</i>	4%	0%	30%	12%	7%	–
Bekämpfung Schadinsekten³	22–24%	1–2%	70%	34–36%	12–18%	10%
Behandlungshäufigkeit	0,2	0,0	0,5	0,5	0,1	0,0
Termin 1. Applikation	20. Jun.	27. Mai.	18. Jul.	2. Jun.	18. Jul.	–
2. Applikation	2. Jul.	14. Mai.	29. Jul.	1. Jul.	–	–
Anzahl PSM	1,2	1,0	1,6	1,1	1,0	–
1. Applikation	1,2	1,0	1,6	1,2	1,0	–
2. Applikation	1,1	1,0	2,0	1,0	–	–
Behandlungsindex	0,17	0,00	0,57	0,57	0,14	–
Behandlungsindex je Applikation	1,06	0,91	1,22	1,13	1,00	–
Mittelkosten (€/ha)	10	0	14	14	7	–
Dosisreduktion im Vergleich zur zugelassenen Aufwandmenge (Anteil an Applikationen)						
> 75%	1,2 ^b	7,7	9,1	0,0	0,0	0,0
zwischen 50–75%	10,6 ^b	15,4	25,0	0,0	0,0	0,0
zwischen 25–50%	2,5 ^b	6,7	9,1	0,0	0,0	0,0
< 25%	85,7 ^a	63,6	100,0	100,0 ^A	100,0 ^A	0,0

¹ Beispielregion 1: Entspricht ERA 1001 Schleswig-Holstein/Nördliches Niedersachsen;

Beispielregion 2: Entspricht ERA 1009 Niederrheinische Bucht/Köln-Aachener Bucht;

Beispielregion 3: Entspricht ERA 1017 Niederbayerisches Hügelland

² bezogen auf 15 Erhebungsregionen mit Zuckerrübenanbau (ERA)³ bezogen auf Anbaufläche der Einzugsgebiete der Zuckerfabriken, die den Beispielregionen im Wesentlichen entsprechen

ganz Deutschland bereit (ROSSBERG et al., 2010). Zusätzlich sollten Strategien zum integrierten Pflanzenschutz im Kontext des NAP aufgezeigt werden. Zur Methodik und Bewertung siehe VASEL et al. (2012).

Auftreten von Blattkrankheiten

Blattkrankheiten in Zuckerrüben haben sich seit den 1990er Jahren in Deutschland verstärkt ausgebreitet. Diese ehemals primär in Süddeutschland auftretenden Krankheiten sind nun bundesweit vorzufinden. Den größten Anteil hatten nach BUHRE et al. (2011b) die *Cercospora*-Blattflecken, *Cercospora beticola*, mit etwa 80% befallener Anbaufläche, die Verluste im bereinigten Zuckrertrag von 10% bis > 30% verursachen können (WOLF et al., 1995; KAISER et al., 2007). Weitere pilzliche Schaderreger, wie der echte Mehltau, *Erysiphe betae*, traten auf etwa 20% der Anbaufläche auf (BUHRE et al., 2011b), verursachen im Vergleich jedoch geringere Ertragsausfälle von bis zu 20% (BRENDLER et al., 2008). Rübenrost, *Uromyces*

betae und *Ramularia*-Blattflecken, *Ramularia beticola*, traten meistens auf < 10% der Anbaufläche auf (BUHRE et al., 2011b) und haben eine geringere wirtschaftliche Bedeutung (BRENDLER et al., 2008). Das Auftreten und die Epidemiologie von Blattkrankheiten werden nach RACCA et al. (2002) überwiegend durch die Witterung beeinflusst. Die Bodenbearbeitung eines Schläges hat für den Befall mit *Cercospora* hingegen keinen nachweisbaren Einfluss (PRINGAS und MÄRLÄNDER, 2004). Die entscheidenden Parameter, die die Infektionsrate der Blattkrankheiten beeinflussen, sind die Temperatur und die relative Luftfeuchte (RACCA et al., 2002). Nach GUMMERT et al. (2012) beschränken sich direkte Regulierungsmaßnahmen beim Auftreten und Erreichen der Bekämpfungsschwellen auf den Einsatz von Fungiziden. Durch Monitoring und die Anwendung des summarischen Bekämpfungsschwellensystems (LANG, 2005) kann dabei der Einsatz von Fungiziden auf das notwendige Maß reduziert werden (GUMMERT et al., 2012; VASEL et al., 2012). Die

Wahl von weniger anfälligen Sorten als vorbeugende Maßnahme kann jedoch zur Ertragssicherung in Befallsgebieten beitragen (GUMMERT et al., 2012). Dadurch besteht die Möglichkeit Applikationen einzusparen (KAISER et al., 2007), wie es im NAP gefordert wird (BMELV, 2008). Wegen der zunehmenden Bedeutung von Blattkrankheiten wurden seit 2001 die Wertprüfungen des Bundessortenamtes und seit 2003 die anschließenden Sortenversuche zweifaktoriell (Sorte, Fungizid) durchgeführt, welches eine gezielte Berücksichtigung blattgesünderer Sorten für die Sortenzulassung ermöglicht (MANTHEY und LADEWIG, 2009).

Die fungizide Saatgutbehandlung ist eine wichtige Maßnahme in der Saatgutproduktion, die vor allem Auflaufkrankheiten wie unter anderem Wurzelbrand, *Pythium ultimum*, sicher kontrolliert. Sie hat jedoch keine Auswirkung auf das Auftreten der oben aufgeführten Blattkrankheiten. Einer frühen Aussaat von Zuckerrüben stand daher im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes kein Mehraufwand im Bereich Fungizide und somit höherer Mittelkosten gegenüber.

Nationale Strategien zur Regulierung von Blattkrankheiten

Der Anteil an behandelten Schlägen bzw. behandelter Anbaufläche verblieb bisher in jedem Jahr unterhalb der befallenen Anbaufläche, welches für die erfolgreiche Nutzung von Bekämpfungsschwellensystemen und generell von Monitoringsystemen sprach. Dies verdeutlichte die sehr unterschiedlichen Befallsverläufe in den Jahren 2005, 2007 und 2009. Eine geringere Befallshäufigkeit in 2005 führte im Vergleich zu 2007 und 2009 zu einer geringeren Behandlungshäufigkeit und insgesamt zu späteren Applikationen, jedoch blieb die Anzahl eingesetzter Fungizide je Applikation mit 1,1 bzw. 1,0 vergleichbar. Da eine Vorzüglichkeit von unterschiedlichen Fungiziden bisher kaum nachweisbar war (WOLF und VERREET, 2001; MITTLER et al., 2002; MITTLER et al., 2004) wurden diese zum Teil gemischt, unter anderem auch, um überlagerte Produkte aufzubrauchen. Jahre mit hoher und früher Befallshäufigkeit wie 2007 und 2009 machten den Einsatz von Fungiziden eher und auf deutlich mehr Schlägen erforderlich. Dies wird bedingt durch die überwiegend protektiven und weniger kurativen Eigenschaften der zugelassenen Fungizide. Um in der Kultur einen ausreichenden Schutz in Jahren mit hohem Befall zu gewährleisten, wurde daher das Behandlungsintervall auf Grund des frühzeitigeren Erreichens der Schadschwellen verkürzt. Hohe Befallstärken, späte Erntetermine, sowie verspätete Erstapplikationen (MEER-ROHBECK, 2010) konnten daher auch zu Zweit- oder Drittapplikationen führen. Das Behandlungsmuster blieb mit einem Fungizid je Applikation jedoch ebenfalls identisch. Dies wurde generell durch den über die Jahre identischen Behandlungsindex je Applikation von im Mittel 1,0 verdeutlicht. Unterschiede im Behandlungsindex zwischen den Jahren ergaben sich somit überwiegend aus dem Anteil behandelter und unbehauelter Schläge. Im Gegensatz zum Herbizideinsatz (VASEL et al., 2012) wurden die Dosierungen von Fungiziden

eher selten reduziert. 85% der Applikationen wiesen Aufwandmengen auf, die weniger als 25% reduziert wurden. Dies entspricht den Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes für den Anbau von Zuckerrüben (GUMMERT et al., 2012). Im Rahmen des Resistenzmanagements wurden dadurch mögliche Resistenzen der Blattkrankheiten gegenüber den wenigen verfügbaren fungiziden Wirkstoffen vermindert und die Wirksamkeit längerfristig gesichert. Die Einsparung einer Applikation im Wirkstoffbereich der Fungizide führte somit zu ökologischen Vorteilen aber auch ökonomischen Einsparungen von etwa 36 €/ha.

Regionale Strategien zur Regulierung von Blattkrankheiten

Während in den südlichen Anbauregionen in 2009 überwiegend Cercospora-Blattflecken von großer Bedeutung waren, traten in den nördlicheren Anbauregionen Mehltau und Rost ebenfalls verstärkt auf. Innerhalb der nördlichen Beispielregion 1 Schleswig-Holstein/Nördliches Niedersachsen, die sich durch ein starkes Auftreten aller pilzlichen Blattkrankheiten auch in Mischinfektionen auszeichnete, wurden durchschnittlich nur 0,9 Applikationen durchgeführt. Ein ähnliches Bild zeigte sich für die westliche Beispielregion 2 Niederrheinische Bucht/Köln-Aachener Bucht mit einer Behandlungshäufigkeit von 1,0. In der südlichen Beispielregion 3 Niederbayerisches Hügelland wurden 2,2 Behandlungen durchgeführt, dort dominierten Cercospora-Blattflecken auf der gesamten Anbaufläche und traten etwa 2 Wochen eher auf als im Durchschnitt. Hohe Infektionsraten und das generell frühere Erreichen der Bekämpfungsschwellen verursachten dort die höchste Behandlungshäufigkeit bei gleicher Anzahl genutzter Fungizide je Applikation. Dies spiegelte die höhere Schadenswahrscheinlichkeit der Cercospora-Blattflecken wieder, wie es u. a. von WOLF et al. (1995) beschrieben wird. Innerhalb der Beispielregionen wurden wie auch im nationalen Durchschnitt die Aufwandmengen der Fungizide sehr wenig bis gar nicht reduziert. Insgesamt variierten die Behandlungsmuster trotz unterschiedlicher regionaler Gegebenheiten wie Schaderregertreten, Klima und Witterung nur hinsichtlich des Applikationstermins und der Behandlungshäufigkeit. Daraus ergaben sich in Summe unterschiedliche Mittelkosten von 22 €/ha bis 68 €/ha. Die an den Befall angepasste Regulierung der Blattkrankheiten verdeutlichte die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes und die Ausrichtung des Fungizideinsatzes anhand des notwendigen Maßes, wie es bereits WEIS (1999) postuliert hat.

Auftreten von Schadinsekten

Schadinsekten verursachen wirtschaftliche Einbußen in der Jugendentwicklung von Zuckerrüben (ANONYMOUS, 2012), das Auftreten unterliegt starken, jahresbedingten Schwankungen (BUHRE et al., 2011b), aus denen bisher kein Trend abgeleitet werden konnte. Am häufigsten können Blattläuse, *Aphis fabae* oder *Myzus persicae*, in Einzeljahren auf bis zu 45% der Anbaufläche vorkommen (BUHRE et al., 2011b). Diese können Ertragsverluste durch Saugschäden von bis zu 20% verursachen, aber auch als

Virusvektor die Viröse Vergilbung, *Beet mild yellowing virus* (BMYV), übertragen mit Ertragsverlusten von bis zu 27% (BRENDLER et al., 2008). In Einzeljahren wie 2010 erreichte das Auftreten der Gammaeule, *Autographa gamma*, eine Anbaufläche von etwa 50%, in der Regel traten diese jedoch auf weniger als 20% der Anbaufläche auf (BUHRE et al., 2011b). Gammaeulen können Ertragseinbußen durch Skelettierfraß in ähnlicher Höhe wie Hagelschlag von bis zu 33% verursachen (MITTLER et al., 2001; BRENDLER et al., 2008). Moosknopfkäfer, *Atomaria linearis*, und Rübenfliegen, *Pegomya betae*, traten eher selten auf, können jedoch im Einzelfall schwere, nicht genauer bezifferte Ertragsverluste verursachen.

Im Vergleich zur Bekämpfung von Unkräutern (VASEL et al., 2012) und Blattkrankheiten erfolgte die Bekämpfung von Schadinsekten nur auf einem geringen Teil der Anbaufläche von etwa 10% (ROSSBERG et al., 2010). Ein Überschreiten der artspezifischen Bekämpfungsschwellen trat im Vergleich zu den Fungiziden eher selten auf. Dies wird vor allem durch die insektizide Saatgutbehandlung erreicht, die Schäden durch beißende und saugende Insekten in der empfindlichen Jugendphase der Zuckerrüben stark reduziert. Eine Saatgutbehandlung mit Neonicotinoiden erfolgte auf 100% der konventionell wirtschaftenden Betriebe (ROSSBERG et al., 2010). Die insektizide Saatgutbehandlung ist eine effektive und nachhaltige Maßnahme zur Reduktion des Insektizideinsatzes, da nur etwa ein Zehntel der Aufwandmenge an Insektiziden im Vergleich zur flächigen Applikation benötigt wird (DEWAR und ASHER, 1994; GUMMERT et al., 2012). Trotz geringerer Aufwandmengen wird eine vergleichbare oder bessere Wirksamkeit gegenüber Schadinsekten erreicht, die zeitlich auf 6 bis 8, maximal 12 Wochen begrenzt ist (DEWAR et al., 1996; DEWAR et al., 2001; ANONYMOUS, 2012). Gleichzeitig werden Nichtziel-Organismen und die Umwelt geschont (SCHÄUFELE, 1989; DEWAR und ASHER, 1994).

Der flächige und kulturübergreifende Einsatz von Insektiziden führte zu einem stetigen Selektionsdruck hin zu resistenten Schaderregerpopulationen. Dies betraf vor allem die in vielen Kulturen auftretenden Blattläuse, insbesondere *Myzus persicae*, bei denen seit 2010 neben einer metabolischen Resistenz auch erstmals eine target-site-Resistenz gegenüber Neonicotinoiden beschrieben wurde (PUINEAU et al., 2010; BASS et al., 2011) und im Obstbau in Südfrankreich entdeckt wurde. Die Gefahr einer Resistenzentwicklung in Zuckerrüben ist hingegen als gering einzustufen, da die insektizide Saatgutbehandlung in Kombination mit flächiger Anwendung nach Schadschwellensystem im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes eine ausreichende Sicherheit gewährleistet. Darüber hinaus sind Resistenzen bei anderen Rübenschädlingen bisher nicht bekannt.

Später Blattlausbefall und Gammaeulen sind in der Regel nicht mehr durch die Saatgutbehandlung ausreichend regulierbar. In diesen Fällen werden flächige Applikationen nach Bekämpfungsschwellen angewendet (GUMMERT et al., 2012). Generell stehen den Landwirten

höhere und niedrigere Dosierungen bei der insektiziden Saatgutbehandlung zur Verfügung. Dabei beeinflusst die Höhe der insektiziden Wirkstoffkonzentration in der Pillenhüllmasse die Dauer der Wirkung. Saatgutbehandlungen mit niedrigen Wirkstoffgehalten können dort eingesetzt werden, wo die Erwartung für das bekämpfungswürdige Auftreten tierischer Schaderreger gering ist (ROSSBERG et al., 2010). Unabhängig von der Saattgutausrüstung konnte kein Zusammenhang zwischen Aussaatzeitpunkt und Höhe des Behandlungsindex festgestellt werden. Einer frühen Aussaat von Zuckerrüben stand daher im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes kein Mehraufwand im Bereich Insektizide und somit höherer Mittelkosten gegenüber.

Nationale Strategien zur Regulierung von Schadinsekten

Das Auftreten von Schadinsekten erfolgte im Durchschnitt der letzten Jahre auf etwa 50% der Anbaufläche, während etwa 10% bis 20% mit flächigen Applikationen reguliert wurden. Bei verstärktem Auftreten von Schadinsekten nach Ablauf der Wirksamkeit der Saatgutbehandlung wurden Insektizide flächig appliziert. Diese erfolgten 2005, 2007 und 2009 Mitte Juni mit einem Insektizid je Applikation. Zweitapplikationen waren nur auf 1% der Anbaufläche notwendig, der Applikationszeitpunkt variierte im Mittel zwischen Anfang Juli und August. Eine Regulierung anderer Schadinsekten außer Blattläusen auf einer Anbaufläche > 5% je Jahr erfolgte nur 1994 gegen Moosknopfkäfer und 2002 und 2003 gegen die Rübenfliege. Ein stärkeres Auftreten von Schaderregern, wie in den Jahren 2008 und 2009, verursachte nur vergleichsweise moderate Zunahmen der behandelten Anbaufläche. Vor allem späterer Befall benötigte häufig keine Applikation, da Schadensschwellen nur selten überschritten wurden. Generell ist die flächige Applikation von Insektiziden stark an den aktuellen Befall gebunden, da die Wirkungsdauer mit einigen Tagen bis zu wenigen Wochen sehr begrenzt ist.

Im Rahmen des Resistenzmanagements ist bei der Applikation von Insektiziden auf Grund der geringen Anzahl von Wirkstoffgruppen unbedingt auf einen gezielten Wirkstoffwechsel zu achten (ANONYMOUS, 2012). Trotz unterschiedlichem Befallsbeginn und Befallshäufigkeit zwischen den Jahren konnten identische Behandlungsmuster festgestellt werden. Im Mittel der Jahre wurde ein Behandlungsindex je Applikation von etwa 1,0 ermittelt. Die sehr geringen Unterschiede im Behandlungsindex zwischen den Jahren ergaben sich somit wie bei den Fungiziden aus dem Anteil behandelter und unbehandelter Schläge. Vergleich man die heutigen Behandlungsmuster der Insektizide mit denen aus den 1980er Jahren, so fiel unter anderem eine deutlich geringere Behandlungshäufigkeit von etwa 0,2 im Gegensatz zu etwa 1,6 (HILLE, 1988; ROSSBERG et al., 2010) und vor allem eine deutliche Reduktion der potentiell akuten Risiken von etwa 90% auf (REINEKE und STRASSEMAYER, 2008). Insektizide wurden heute ähnlich selten in ihrer Aufwandmenge reduziert wie Fungizide. Trotz vergleichsweise niedriger Mit-

telkosten von etwa 10 €/ha wurden Insektizide nur sehr selten und damit gezielt eingesetzt.

Regionale Strategien zur Regulierung von Schadinsekten

Das Auftreten und die Regulierung von Schaderregern variierte regions- und jahresspezifisch (ROSSBERG et al., 2010; BUHRE et al., 2011b). Generell trat bekämpfungswürdiges Auftreten von Schadinsekten vermehrt in Norddeutschland auf, dagegen wurde vor allem in Bayern größtenteils auf Applikationen von Insektiziden verzichtet (ROSSBERG et al., 2010). Vor allem ein späteres oder geringeres Auftreten von Schadinsekten begünstigte ein Verzicht von flächigen Applikationen von Insektiziden.

Die Beispielregionen 1, Schleswig-Holstein/Nördliches Niedersachsen und 2, Niederrheinische Bucht/Köln-Aachener Bucht wiesen in 2009 ein mit etwa 60% bis 90% überdurchschnittliches Auftreten und die Beispielregion 3, Niederbayerisches Hügelland mit etwa 40% befallener Anbaufläche ein unterdurchschnittliches Auftreten von Schadinsekten auf. In allen Regionen waren die Blattläuse die dominierenden Schadinsekten. Trotz vermehrten Auftretens in der Beispielregion 2, Niederrheinische Bucht/Köln-Aachener Bucht, lag die Behandlungshäufigkeit bei nur 0,1. Beispielregion 1, Schleswig-Holstein/Nördliches Niedersachsen, hingegen wies eine höhere Behandlungshäufigkeit von 0,5 bei geringerem Auftreten vor. Dies war vor allem auf den Befallszeitpunkt zurückzuführen, der durch den mittleren Termin der Applikation beschrieben werden konnte und in der Beispielregion 1, Schleswig-Holstein/Nördliches Niedersachsen, deutlich früher lag. Ein früher Befall der Zuckerrüben nach dem Wirkungsverlust der Saatgutbehandlung etwa ab Anfang Juni führte dabei zu niedrigeren Bekämpfungsschwellen als ein späterer Befall ab Anfang Juli.

Trotz des allgemein geringen Anteils an behandelten Schlägen von etwa 10% wurde jahresspezifisch 1% bis 2% der Schläge doppelt behandelt. Dies sprach für lokale Besonderheiten, wie etwa zeitlich versetztes Auftreten oder allgemein Lagen mit starkem Befall von Schadinsekten. Späteres und oder geringeres Auftreten von Schadinsekten wirkte sich somit in einer niedrigeren Behandlungshäufigkeit aus, was im Falle der Beispielregion 3, Niederbayerisches Hügelland sogar zu einem völligen Verzicht von Insektizidapplikationen führte. Der Nutzen einer Applikation von Insektiziden würde in dieser Region die Kosten nicht decken. Wurden Applikationen durchgeführt, blieben die Behandlungsmuster relativ konstant. Die Anzahl genutzter Insektizide je Applikation und der Behandlungsindex je Applikation variierte in diesen Fällen zwischen 1,0 bis 1,2. Variationen im Behandlungsindex wurden wie schon beim Fungizideinsatz hauptsächlich durch die Behandlungshäufigkeit verursacht, da weder der Behandlungsindex je Applikation, noch die Dosisreduktion deutlichen Schwankungen unterlag. Daraus resultierten Mittelkosten, die zwischen den Regionen etwa 6 €/ha bis 14 €/ha betragen.

Integrierter Pflanzenschutz und Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz

Der Nationale Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln fordert eine Ausrichtung auf den integrierten Pflanzenschutz (ANONYMOUS, 2009). Dabei wird das Ziel verfolgt, den ökologischen, ökonomischen und sozialen Anforderungen gerecht zu werden (ANONYMOUS, 2009). Die Einhaltung der Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes für die Applikation von Fungiziden und Insektiziden im Zuckerrübenanbau gestaltet sich ähnlich wie für Herbizide beschrieben (VASEL et al., 2012). Vor allem vorbeugende Maßnahmen, wie die Saatgutbehandlung mit Fungiziden und Insektiziden, aber auch Monitoring, direkte Bekämpfungsmaßnahmen, Begrenzung auf das notwendige Maß sowie Dokumentation sind von wesentlicher Bedeutung, wie es aus den Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes im Zuckerrübenanbau hervorgeht (GUMMERT et al., 2012). Resistenzvermeidungsstrategien und vor allem die Nutzung von Schwellenwertsystemen bei der Applikation von Fungiziden und Insektiziden haben im Gegensatz zur Applikation von Herbiziden eine sehr hohe Bedeutung. Nichtchemische Maßnahmen, vor allem die Resistenz- und Toleranzzüchtung der Zuckerrübe wird beim Befall mit *Rhizoctonia* und *Rizomania* genutzt, die für *Rizomania* die einzige effektive Maßnahme darstellt (MÄRLÄNDER et al., 2003). Während der Einsatz von Insektiziden in den letzten Jahrzehnten vor allem durch die Saatgutbehandlung deutlich gesenkt werden konnte, gewinnen Applikationen von Fungiziden auf Grund der allgemeinen Zunahme von Blattkrankheiten immer mehr an Bedeutung. Dies wird vor allem durch die stetige Ausbreitung von *Cercospora*-Blattflecken deutlich, die trotz Fortschritte in der Resistenzzüchtung den größten Anteil an den Applikationen verursachen. In der Gesamtbetrachtung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Zuckerrübenanbau verursachen die Herbizide mit einem Behandlungsindex von etwa 2,2 die höchste Intensität (ROSSBERG et al., 2010). Fungizide weisen mit einem BI von etwa 0,8 eine insgesamt niedrigere und Insektizide mit einem BI von etwa 0,2 eine geringe Intensität auf (ROSSBERG et al., 2010). Eine weitere Verminderung der Intensität der Fungizide und Insektizide scheint nur durch Fortschritte in der Resistenzzüchtung möglich. Der Einsatz von Molluskiziden weist einen BI von etwa 0,01 auf und ist damit als vernachlässigbar gering einzustufen. Die konsequente Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes wird jedoch dazu beitragen, die Gesamtintensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf das notwendige Maß zu reduzieren und somit ökologische und ökonomische Vorteile zu generieren.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Literatur

- ACHARD, F.C., 1803: Anleitung zum Anbau der zur Zuckerfabrication anwendbaren Runkelrüben und zur vortheilhaften Gewinnung des Zuckers aus denselben. Breslau, Verlag W.G. Korn. Nachdruck in LIPPMANN, E., 1907: Die beiden Grundschriften der Rübenzuckerfabrikation. Oswalds Klassiker Nr. 159. Leipzig, Verlag W. Engelmann.
- ANONYMOUS, 2009: Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden. Amtsblatt der Europäischen Union.
- ANONYMOUS, 2012: Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz 2012, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- BASS, C., A.M. PUINEAU, M. ANDREWS, P. CUTLER, M. DANIELS, J. ELIAS, V. LAURA PAUL, A.J. CROSTHWAITE, I. DENHOLM, L.M. FIELD, S.P. FOSTER, R. LIND, M.S. WILLIAMSON, R. SLATER, 2011: Mutation of a nicotinic acetylcholine receptor β subunit is associated with resistance to neonicotinoid insecticides in the aphid *Myzus persicae*. *BioMed Central Neuroscience* **12** (51), 1-11.
- BMVEL, 2004: Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Berlin, Eigenverlag.
- BMELV, 2008: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bundesministerin für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Bonn, Eigenverlag.
- BRENDLER, F., B. HOLTSCHULTE, W. RIECKMANN, 2008: Zuckerrübe – Krankheiten Schädlinge Unkräuter. Gelsenkirchen, Verlag Th. Mann., 272 S.
- BUHRE, C., K. BÜRCKY, F. SCHMITZ, M. SCHULTE, E. LADEWIG, 2011a: Umfrage zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau – Sachstand und Trends (1994–2010). *Sugar Industry* **136** (10), 670-677.
- BUHRE, C., P. FECKE, F. NELLES, G. SCHLINKER, E. LADEWIG, 2011b: Entwicklungen im Pflanzenschutz in Zuckerrüben aus der Umfrage Produktionstechnik im Vergleich zur Erhebung NEPTUN. *Sugar Industry* **136** (11), 742-749.
- CURTIS, J., 1847: Observation in the natural history and economy of a weevil affecting the Pea-crops, and various insects which injure or destroy the Mangold-Wurzel and Beet. *The Journal of the Royal Agricultural Society of England* **8**, 399-416.
- DEWAR, A.M., M.J.C. ASHER, 1994: A European perspective on pesticide seed treatments in sugar beet. *Pesticide Outlook* **5** (3), 11-17.
- DEWAR, A.M., L.A. HAYLOCK, P.M.J. ECCLESTONE, 1996: Strategies for controlling aphids and virus yellows in sugar beet. *Proceedings of Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases* **1**, 185-190.
- DEWAR, A.M., A.L. HAYLOCK, K.M. BEAN, B.H. GARNER, R.N.J. SANDS, 2001: Novel seed treatments to control aphids and virus yellows in sugar beet. *BCPC Symposium Proceedings* **76**, 33-40.
- GUMBERT, A., E. LADEWIG, B. MÄRLÄNDER, 2012: Guidelines for integrated pest management in sugar beet cultivation – weed control. *Journal für Kulturpflanzen* **64** (4), 105-111.
- HILLE, M., 1988: Erhebung über Art und Menge der während des Erntejahres 1987 in verschiedenen Ackerbaukulturen angewendeten Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. Berlin, Verlag Paul Parey, 67 S.
- KAISER, U., H. RÖSSNER, M. VARRELMANN, B. MÄRLÄNDER, 2007: Reaktion unterschiedlich anfälliger Zuckerrübensorten auf den Befall mit *Cercospora beticola*. *Sugar Industry* **132** (3), 183-194.
- KOLBE, W., 1985: 200 Jahre Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau. Bonn, Rheinischer Landwirtschafts-Verlag, 104 S.
- KOPPY, M., 1810: Die Runkelrüben-Zucker-Fabrikation in ökonomischer und staatswirtschaftlicher Hinsicht. Breslau und Leipzig, Verlag Wilhelm Gottlieb Korn, 93 S.
- KÜHN, J., 1858: Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung. *Landwirtschaftliche Verlagsbuchhandlung G. Bosselmann*, 312 S.
- LANG, C., 2005: Bekämpfung von Blattkrankheiten – Monitoring, Bekämpfungsschwellen und Umsetzung in der Praxis. *Zuckerindustrie* **130** (5), 388-396.
- MANTHEY, R., E. LADEWIG, 2009: Zielrichtung des Sortenprüfsystems bei Zuckerrüben in Deutschland. *Zuckerindustrie* **134** (3), 179-186.
- MACQUART, M., 1831: Sur un insecte coleoptère qui dévore les betteraves (*Cryptophagus betae*). *Annales des Sciences Naturelles* **XXIII**, 93-95.
- MÄRLÄNDER, B., C. HOFFMANN, H.J. KOCH, E. LADEWIG, R. MERKES, J. PETERSEN, N. STOCKFISCH, 2003: Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: heading for sustainable development. *Journal of Agronomy & Crop Science* **189**, 201-226.
- MEER-ROHBECK, M., 2010: Welche Strategie zur Bekämpfung von Blattkrankheiten ist die richtige? *Zuckerrübe* **4**, 26-29.
- MERKES, R., G.H. JUNG, H. MUGELE, K. ZIEGLER, 1996: Stand der Produktionstechnik im Zuckerrübenbau – Ergebnisse einer Umfrage bei Zuckerfabriken 1994. *Sugar Industry* **121**, 496-504.
- MERKES, R., M. KRÖHL, H. MUGELE, M. SAUER, 2001: Produktionstechnik zu Zuckerrüben im Jahr 2000 – Kostensenkung, Umweltschonung, Nachhaltigkeit. *Sugar Industry* **126**, 804-811.
- MITTLER, S., C. PRINGAS, H.J. KOCH, 2001: Ertragsverlust durch Hagel bei Zuckerrüben. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **13**, 228-229.
- MITTLER, S., J. PETERSEN, P. RACCA, E. JÖRG, 2002: Blattkrankheiten bei Zuckerrüben – Einfluss von Bekämpfungsstrategie, Sorte sowie Fungizid auf Ertrag und Qualität. *Zuckerindustrie* **127** (12), 941-948.
- MITTLER, S., J. PETERSEN, E. JÖRG, P. RACCA, 2004: Integrierte Bekämpfung von Blattkrankheiten bei Zuckerrüben. *Proceedings of the 67th IIRB Congress*, Brüssel, 97-106.
- PRINGAS, C., B. MÄRLÄNDER, 2004: Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, Rentabilität und Cercosporabefall von Zuckerrüben – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. *Pflanzenbauwissenschaften* **8**, 82-90.
- PUINEAU, A.M., S.P. FOSTER, L. OLIPHANT, I. DENHOLM, L.M. FIELD, S.M. NEIL, M.S. WILLIAMSON, C. BASS, 2010: Amplification of a cytochrome P450 gene is associated with resistance to neonicotinoid insecticides in the Aphid *Myzus persicae*. *PLOS Genetics* **6**, 1-11.
- RACCA, P., E. JÖRG, S. MITTLER, J. PETERSEN, 2002: Blattkrankheiten bei Zuckerrüben – Prognoseansätze zur Optimierung des Fungizideinsatzes. *Zuckerindustrie* **127**, 949-958.
- REINEKE, H., J. STRASSEMAYER, 2008: Bewertung des chemischen Pflanzenschutzes bei Zuckerrüben mit SYNOPSIS. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **19**, 296-297.
- RIECKMANN, W., U. STECK, 1995: Krankheiten und Schädlinge der Zuckerrübe. Gelsenkirchen, Verlag Th. Mann, 196 S.
- ROSSBERG, D., V. GUTSCHE, S. ENZIAN, M. WICK, 2002: Neptun 2000 – Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands. *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **98**, 27 S.
- ROSSBERG, D., 2006: NEPTUN 2005 – Zuckerrüben. *Statistische Erhebung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis*. *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **137**, 37 S.
- ROSSBERG, D., E. LADEWIG, P. LUKASHYK, 2008: NEPTUN 2007 – Zuckerrüben. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* **145**, 44 S.
- ROSSBERG, D., E.H. VASEL, E. LADEWIG, 2010: NEPTUN 2009 – Zuckerrübe. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* **152**, 45 S.
- SCHACHT, H., 1859: Über einige Feinde und Krankheiten der Zuckerrübe. *Zeitschrift des Vereins für die Rübenzuckerindustrie im Zollverein* **9**, 239-250.
- SCHANDER, R., 1912: Ein neuer Apparat zur Bekämpfung von Rübenschädlingen. *Blätter für Zuckerrübenanbau* **XIX**, 241-245.
- SCHÄUFELE, W.R., 1989: Wirkung von Insektiziden am Saatgut im Vergleich zu insektizider Bodenbehandlung. *IIRB 52. Winterkongress*, Brüssel, 145-151.
- SCHRADER, G., 1956: Rückschau auf zwei Jahrzehnte Phosphorchemie. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **85**, 3-10.
- STÖRMER, K., O. MORGENTHALER, 1911: Auftreten und Bekämpfung der Blattläuse an Zuckerrüben, Samenrüben und Pferdeböhen. *Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung* **31**, 492-493.
- VASEL, E.H., E. LADEWIG, B. MÄRLÄNDER, 2012: Weed composition and herbicide use strategies in sugar beet cultivation in Germany. *Journal für Kulturpflanzen* **64** (4), 112-125.
- WEIS, F.J., 1999: Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutzsystems zur schwellenorientierten Bekämpfung von *Cercospora beticola* in der Zuckerrübenkultur – IPS-Modell-Zuckerrübe. *Dissertation Universität Kiel*.
- WOLF, P.F.J., F.J. WEIS, J.A. VERREET, 1995: Influence of different cropping systems and threshold values on the epidemiological behaviour of *Cercospora beticola* in sugar beet. *47th International symposium on crop protection*, Gent, Belgium: 2b, 60.
- WOLF, P.F.J., J.A. VERREET, 2001: Welches Fungizid in Zuckerrüben? *Zuckerrübe* **50**, 144-146.