

# **Der gesamtgesellschaftliche Nutzen von Pflanzenschutz in Deutschland**

Darstellung des Projektansatzes und  
von Ergebnissen zu Modul 1:  
Ermittlung von Markteffekten und  
gesamtwirtschaftlicher Bedeutung

von

**Harald von Witzke**

Humboldt Universität zu Berlin

**Steffen Noleppa**

agripol – network for policy advice GbR

## **Inhalt**

1	Einleitung in die Problemstellung und Zielsetzung.....	1
2	Ertragswirkungen modernen Pflanzenschutzes: Ein kurzer Überblick über den Stand der Wissenschaft .....	3
3	Modellierung von Markteffekten: Daten und Methode.....	5
	3.1 Bestimmung von Ertragseffekten des Pflanzenschutzes in Deutschland: Sortenversuche und Testbetriebsdaten .....	5
	3.2 Methodisches Instrumentarium und Zielindikatoren der Analyse: Partielle Gleichgewichtsmodellierung und soziale Wohlfahrt.....	12
4	Markteffekte des Pflanzenschutzes in Deutschland .....	21
	4.1 Preiseffekte.....	21
	4.2 Mengeneffekte.....	23
	4.3 Wohlfahrtseffekte.....	26
5	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	28
	Literaturverzeichnis .....	31
	Anhang zur Ausgestaltung der Modellroutinen .....	36

## **Danksagung**

Diese Studie wurde durch den Industrieverband Agrar e. V. (IVA) initiiert. Wir bedanken uns für die Unterstützung durch den IVA während der Projektbearbeitung und besonders bei den Mitgliedern der Steuerungsgruppe „Nutzen Pflanzenschutz“ beim IVA für die zielführenden und offenen Diskussionen sowie zahlreichen wertvollen Hinweise. Darüber hinaus gilt unser Dank Gerald Schwarz für die Unterstützung bei der Modellierung sowie Kerstin Oertel und Matti Carlsburg für die gewohnt zuverlässige technische Unterstützung bei der Erstellung der Studie. Die Ergebnisse dieser Studie obliegen allein der Verantwortung der Autoren.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vermeidbare Ertragsrückgänge durch Unkräuter, Insekten und Krankheitserreger (in %)	4
Abbildung 2:	Erträge und Ertragsunterschiede mit und ohne Anwendung von Fungiziden in den Sortenversuchen der deutschen Landwirtschaft	7
Abbildung 3:	Entwicklung von Flächenerträgen im ökologischen und konventionellen Landbau in Deutschland, Wirtschaftsjahre 1998/1999-2009/2010 (in dt/ha)	10
Abbildung 4:	Erträge im ökologischen und konventionellen Landbau und resultierende Ertragsunterschiede in der deutschen Landwirtschaft	11
Abbildung 5:	Markteffekte des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln, dargestellt für eine Importsituation	19
Abbildung 6:	Ausgewählte Preissteigerungen durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft (in %)	22
Abbildung 7:	Angeboteffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft	23
Abbildung 8:	Nachfrageeffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft	25
Abbildung 9:	Handelseffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft	25
Abbildung 10:	Wohlfahrtseffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft (in Mio. EUR)	27

## Abkürzungsverzeichnis

BMELV	– Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
EC	– European Commission
FADN	– Farm Accountancy Data Network
FAO	– Food and Agriculture Organization
FAPRI	– Food and Agricultural Policy Research Institute
ISIP	– Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion
IVA	– Industrieverband Agrar e. V.
KTBL	– Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
OECD	– Organization for Economic Cooperation and Development
TBN	– Testbetriebsnetz
USDA	– United States Department of Agriculture
WIFI	– Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

# 1 Einleitung in die Problemstellung und Zielsetzung

Pflanzenschutz spielt eine zentrale Rolle für die Höhe und die Stabilität des Flächenertrags in der Landwirtschaft sowie die Verfügbarkeit und Qualität agrarischer Rohstoffe. Damit leistet moderner und sicherer Pflanzenschutz wesentliche Zielbeiträge zu zahlreichen wichtigen gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen in Deutschland, vor allem aber auch in einem globalen Kontext (vgl. u. a. Gutsche, 2011; Lawrence, 2010). Eine höhere Produktivität der Landwirtschaft sowie Preiswürdigkeit von Nahrungsmitteln gehören ebenso dazu wie eine bessere Qualität des Erntegutes, Schutz des Erntegutes vor Nachernteverlusten und Energieeffizienz der Landwirtschaft. Dies alles wiederum kann Beiträge zur Welternährung (u. a. Lawrence, 2010), zum Klimaschutz (u. a. Berry et al., 2008) und zum Schutz der globalen Biodiversität schaffen (u. a. Riffel et al., 2009).

Trotz dieser offensichtlich positiven Bedeutung ist der chemische Pflanzenschutz in der gesellschaftlichen Wahrnehmung oft negativ belegt (Cooper und Dobson, 2007). Argumentiert wird zumeist mit empfundenen Risiken; Chancen werden selten betont. Weitgehend fehlt es an Fakten, die nicht nur den wirtschaftlichen Wert von Pflanzenschutzmaßnahmen für Landwirte, Verarbeiter und Vermarkter von landwirtschaftlichen Rohstoffen sowie die Konsumenten belegen, sondern darüber hinaus den gesamtgesellschaftlichen Zielbeitrag des Pflanzenschutzes analysieren. Die Fragen, inwieweit Pflanzenschutz andere als ökonomische Zielvariablen positiv beeinflusst und wie diese zusätzlichen Wirkungen im Kontext aktueller gesellschaftlicher Herausforderungen und Präferenzen zu bewerten sind, bleiben oft unbeantwortet. Es fehlt an einer Synopse zu diesen Fragen.

Hier setzt dieses Forschungsvorhaben an. Mit dieser und weiteren Studien im Rahmen eines mehrstufig angelegten wissenschaftlichen Projekts soll ein wichtiger Beitrag für die angemessene Diskussion gesellschaftlicher Leistungsbeiträge des Pflanzenschutzes geleistet werden. Die Ergebnisse des Projekts sollen wichtige Informationen liefern, die (a) die öffentliche Debatte um Nutzen und Kosten des Pflanzenschutzes versachlichen helfen können und (b) die besondere Rolle des Pflanzenschutzes für konkrete gesellschaftlich relevante Ziele hervorheben. Die begründete These ist, dass gesamtwirtschaftliche Weiterentwicklung und Wohlstand, Bekämpfung des Klimawandels und Ernährungssicherung, Ressourcennutzung und Ressourcenschutz keine Zielkonflikte darstellen, wenn Pflanzenschutz zielgerichtet ermöglicht und sachgemäß appliziert wird.

Konkret geht es darum, für Deutschland vier Auswirkungen bzw. Effekte des Pflanzenschutzes zu untersuchen, die erst in ihrer Komplexität eine abschließende

und umfassende Bewertung des gesamtgesellschaftlichen und nicht nur des gesamtwirtschaftlichen Nutzens von Pflanzenschutzmaßnahmen zulassen:

1. Markteffekte: Untersucht werden die Auswirkungen des Pflanzenschutzes auf klassische marktbezogene Wirkungsindikatoren, im Besonderen auf Produktionsmengen und die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Rohstoffen, auf Marktpreise und den Handel mit Agrargütern sowie in der Gesamtschau auf die sich daraus ergebende soziale Wohlfahrt bzw. gesamtwirtschaftliche Bedeutung.
2. Einkommenseffekte: Analysiert werden die Wirkungen des Pflanzenschutzes auf der Ebene landwirtschaftlicher Betriebe, d. h. vor allem auf landwirtschaftliche Erlöse und Kosten und damit Einkommen sowie auf den Strukturwandel im Agrarbereich.
3. Klimateffekte: Diskutiert werden die Auswirkungen des Pflanzenschutzes auf die Klimaänderung; im Besonderen werden Landnutzungsänderungen, ausgelöst bzw. verhindert durch Pflanzenschutzmaßnahmen, analysiert, und es wird auf die Quantifizierung der damit verbundenen Sequestrierung bzw. Freisetzung von Kohlenstoff bzw. Kohlendioxid sowie weiteren Treibhausgasen abgezielt.
4. Energieeffekte: Schließlich gilt es, Auswirkungen des Pflanzenschutzes auf die Effizienz des Energieeinsatzes in der deutschen Landwirtschaft zu beschreiben.

Entsprechend wurden vier Module des Gesamtprojekts definiert. Dieser Bericht beschreibt im Wesentlichen die bislang erzielten Ergebnisse zum ersten Modul des Projektes, das sich mit den Markteffekten auseinandersetzt. Die konkrete Beschreibung wird dabei immer wieder in den gesamten Projektansatz eingeordnet, denn zum Abschluss des Forschungsvorhabens sollen die einzelnen Effekte zu einer gesamtgesellschaftlichen Wirkungsanalyse zusammengefügt werden. Der Bericht ist wie folgt strukturiert:

- Zunächst wird im Kapitel 2 eine kurze Darstellung des fundamentalen Effekts modernen Pflanzenschutzes vorgenommen: speziell wird der wissenschaftliche Erkenntnisstand in Bezug auf die Flächenproduktivität und die Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Rohstoffen aufgezeigt.
- Im Kapitel 3 werden dann einige methodische Grundlagen diskutiert, ohne deren Kenntnis die Ergebnisse nicht ohne Weiteres zielgerichtet interpretiert und später in einen größeren gesamtwirtschaftlichen und mehr noch in einen gesamtgesellschaftlichen Kontext eingeordnet werden können. Im Besonderen

werden die genutzten Daten und definierten Szenarien sowie die gewählte Vorgehensweise und Modellstruktur für die weitere Analyse vorgestellt.

- Die Ergebnisse dieser Simulationen werden im Kapitel 4 für wesentliche Zielvariablen auf agrarischen Märkten in Deutschland im Detail erörtert. Unterschieden werden Preis-, Mengen- und Wohlfahrtseffekte, die in ihrer Summe die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung offenlegen.
- Schließlich werden einige erste Schlussfolgerungen in Bezug auf die Themenstellung des Projekts, nämlich die gesamtgesellschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes in Deutschland herauszuarbeiten, und den Fortgang der Arbeiten in den nächsten Projektphasen gezogen.

Die folgenden Ausführungen verstehen sich, wie bereits skizziert, als der Beginn einer graduellen Diskussion und dokumentieren lediglich den Sach- und Erkenntnisstand zum Zeitpunkt der Berichterstattung im Herbst 2011. Bis zum Vorliegen eines Endberichts zum Gesamtprojekt, vermutlich im Frühjahr 2012, sind die erzielten Ergebnisse als vorläufig zu betrachten, da im Verlauf der weiteren Projektbearbeitung neu gewonnene Erkenntnisse kontinuierlich adaptiert werden.

## **2 Ertragswirkungen modernen Pflanzenschutzes: Ein Überblick über den Stand der Wissenschaft**

Pflanzenschutz ist in der gesellschaftlichen Diskussion oft negativ belegt. Zumeist werden in der öffentlichen Wahrnehmung empfundene statt reale Risiken erörtert. Cooper und Dobson (2007) haben ermittelt, dass auf 40 negative Medienmeldungen nur eine Information kommt, die positive Aspekte eines modernen Pflanzenschutzes hervorhebt. Offensichtlich wird der durch Pflanzenschutz generierte Nutzen als nur allzu selbstverständlich und nicht zuallererst fortschrittlich wahrgenommen.

Tatsächlich können, wie bei allen natürlichen und künstlich hergestellten chemischen Substanzen, auch aus der unsachgemäßen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln z. B. gesundheitliche Risiken erwachsen. Die durch sachgemäße Verwendung derselben grundsätzlich vermeidbaren Risiken stehen jedoch in keinem Verhältnis zur damit erreichten Sicherung von Lebensgrundlagen. Lomborg (2001) zeigt auf, dass im Verhältnis zu den Risiken für die Gesundheit deutlich mehr Leben gesichert werden. Der Faktor liegt bei weit über 1 000, weil durch modernen

Pflanzenschutz die Ernährungsgrundlagen für eine kontinuierlich anwachsende Weltbevölkerung substanziell erweitert werden.

Die grundlegende Bedeutung des Pflanzenschutzes lässt sich am besten anhand der Ertragswirkungen charakterisieren (Heitefuss, 2000). Zahlreiche Autoren widmen sich diesem Thema. Webster et al. (1999) kommen z. B. zu dem Schluss, dass Pflanzenschutz etwa 50 % höhere Erträge generiert. Etwas konservativer sehen DeVilliers und Hoisington (2011) die Wirkung: demnach sind es bis zu 25 %.

Genauere Einblicke erhält man aus global angelegten Studien, die in nicht periodischen Abständen immer wieder vorgelegt werden. Als erster hat Cramer (1967) eine Schätzung der Vorernteverluste durch Unkräuter, Insekten und Krankheitserreger für die wichtigsten Ackerkulturarten vorgenommen; darauf aufbauend haben Oerke et al. (1994) ein Update vorgelegt, welches wiederum durch Oerke und Dehne (2004) bzw. Oerke (2006) noch einmal aktualisiert worden ist. Zusätzlich haben Pimentel (1978) sowie Yudelman et al. (1998) entsprechende Zahlen publiziert. Abbildung 1 weist die von den verschiedenen Autoren ermittelten und durch Pflanzenschutzmaßnahmen eigentlich vermeidbaren Ertragsrückgänge aus.

**Abbildung 1: Vermeidbare Ertragsrückgänge durch Unkräuter, Insekten und Krankheitserreger (in %)**

Quelle	Ertragsrückgang durch			Ertragsrückgang insgesamt
	Unkräuter	Insekten	Krankheiten	
Cramer (1967)	9,5	13,8	11,6	34,9
Pimentel (1978)	8,0	13,0	12,0	33,0
Oerke et al. (1994)	13,2	15,6	13,2	42,1
Yudelman et al. (1998)	12,0	13,0	12,0	37,0
Oerke und Dehne (2004)	9,4	10,1	12,6	32,0
Oerke (2006)	n. a.	n. a.	n. a.	21,6 - 53,2

Quelle: Eigene Darstellung nach Cramer (1967), Pimentel (1978), Oerke et al. (1994), Yudelman et al. (1998), Oerke und Dehne (2004) sowie Oerke (2006).

Pflanzenschutz sichert demnach Ernten und damit Produktion von landwirtschaftlichen Rohstoffen in ganz erheblichen Größenordnungen. Im Durchschnitt dürfte der Ertragsrückgang bei ausbleibendem Pflanzenschutz etwa zwischen 30 und 40 % liegen (vgl. auch Gutsche, 2011), wobei Unkräuter, Insekten und pathogene Keime in etwa gleich bedeutend sind, jedenfalls keine substanziellen



Unterschiede in den Ursachen ausgemacht werden können. Hinzu kommen dann noch vermiedene Nachernteverluste.

Bei aller Unsicherheit, die solchen global analysierten Werten und den offensichtlichen Spannweiten im konkreten Fall innewohnen: die Werte geben eindeutige Anhaltspunkte für eine hypothetische Welt mit geringen Ernten ohne Pflanzenschutz. Lawrence (2010) argumentiert vor diesem Hintergrund, dass ohne Pflanzenschutz und erst durch dessen Anwendung einsetzbare Technologien in der Landwirtschaft etwa 40 % des weltweiten Nahrungsmittelangebots ersatzlos fehlen würden. Das ist der eigentliche Wert von Pflanzenschutz, der in der Öffentlichkeit als nur zu gewöhnlich bzw. selbstverständlich wahrgenommen wird.

Die referierten Ergebnisse basieren auf Schätzungen, die z. T. auf ermittelten Daten, z. T. auf Annahmen beruhen und nicht ohne Weiteres auf einzelne Länder und Regionen bezogen bzw. herunter gebrochen werden können. Um eine wie für diese Studie notwendige Abschätzung von Ertragseffekten für Deutschland zu generieren, muss auf verlässlichere Daten zurückgegriffen werden können. Nur so kann eine zuverlässige Aussage zur gesamtwirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes auf der Basis von Markteffekten gemacht werden.

### **3 Modellierung von Markteffekten: Daten und Methode**

#### **3.1 Bestimmung von Ertragseffekten des Pflanzenschutzes: Sortenversuche und Testbetriebsdaten**

Daten, mit denen auf der Grundlage von Ertragseffekten per se eine Analyse der wirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes erfolgen kann, gibt es zahlreiche. Jeder Wirkstoff und jedes neu zuzulassende Pflanzenschutzmittel wird heute im Rahmen aufwändiger Zulassungsverfahren auch auf die damit verbundenen Ertragseffekte geprüft. Aus entsprechenden Versuchen könnte man also Inputparameter (d. h. u. a. Aufwandmengen und Applikationshäufigkeiten) und damit Kosten generieren, die in der Wirkung zu veränderlichen Produktionsmengen und damit Erlösen führen. Gleichwohl sollen solche Daten und Informationen der Pflanzenschutzmittelhersteller hier ausdrücklich nicht Verwendung finden, wie

übrigens auch nicht Daten aus Befragungen von Nutzern (oder Gegnern) von Pflanzenschutzmitteln, wie sie etwa in Schmitz et al. (2010) generiert wurden.

Stattdessen sollen möglichst objektive Datenquellen, d. h. Ergebnisse von Untersuchungen unabhängiger Institutionen herangezogen werden. Als solche Quellen wurden zum Einen für die Sortenzulassung verantwortliche Ämter bzw. Institutionen in Deutschland und zum Anderen das Testbetriebsnetz (TBN) des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), das wiederum wesentlicher Bestandteil des Farm Accountancy Data Network (FADN) der Europäischen Kommission ist, identifiziert.

### **Sortenversuchsdaten und ein erstes Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“**

Im Rahmen von Sortenversuchen, aber auch in anderen Versuchsreihen werden seit Jahren durch die zuständigen Stellen der Bundesländer, das sind i. d. R. Landesanstalten für Landwirtschaft bzw. Landwirtschaftskammern der einzelnen Bundesländer, auch Auswertungen zu den Ertragswirkungen unterschiedlicher Pflanzenschutzmittelapplikationen vorgenommen. Entsprechend ermittelte Daten werden im Kontext dieser Studie als objektiv erhoben betrachtet: sie sind das Resultat standardisierter Produktions- und Auswertungsverfahren auf verschiedenen Standorten in verschiedenen Bundesländern und unter den verschiedensten natürlichen Produktionsbedingungen. Damit ermöglichen sie, von Standorten zu abstrahieren und für Deutschland hochgerechnet zu werden. Die Daten sind zudem öffentlich und damit der uneingeschränkten Qualitätskontrolle zugänglich.

Im Rahmen dieser Studie sollen die Wirkungen des Pflanzenschutzes für die Hauptackerkulturen in Deutschland analysiert werden. Folgende Feldfrüchte wurden als solche identifiziert: Weizen, Gerste, Roggen, Triticale, Mais, Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben. Destatis (2011b) zufolge entfallen auf diese Kulturarten mit über 10 Mio. ha knapp 87 % der Ackerfläche Deutschlands. Für diese Feldfrüchte wurden im Rahmen der Studie zunächst insgesamt deutlich über 13 000 Versuche zu einzelnen Sorten auf verschiedenen Standorten in ganz Deutschland in die Analyse einbezogen. Dafür wurden etwa 250 Publikationen der jeweiligen Landesanstalten bzw. Kammern ausgewertet.

Bei der Durchsicht kristallisierte sich heraus, dass zahlreiche und sehr unterschiedliche Pflanzenschutzmittelanwendungen explizit untersucht wurden, je nach Bedeutung für die jeweilige Untersuchungsregion in Deutschland bzw. standortspezifische Prüfschemata. Über alle Kulturarten hinweg finden sich flächendeckend und vereinheitlicht jedoch nur Anwendungen im Bereich der Fungizide. Demzufolge wird für die konkrete Analyse ein erstes Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“

definiert, das die spezielle Bedeutung des Pflanzenschutzes am Beispiel des Einsatzes von Fungiziden bei den einzelnen Kulturarten zum Gegenstand hat.

In diese Analyse flossen dann noch 166 Publikationen mit etwas mehr als 10 000 dokumentierten Sortenversuchen ein. Herangezogen wurden Berichte der letzten drei Jahre. Nur für den Fall, dass weniger als 50 Sortenversuche je Kulturart dokumentiert waren, wurde der Untersuchungszeitraum auf bis zu sechs Jahre ausgedehnt. Die so ausgewerteten Versuche sind in dem „Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion“ (ISIP) ausführlich dokumentiert und online frei verfügbar. Die einzelnen Berichte werden hier nicht gelistet, sind aber unter: <http://www.isip.de/coremedia/generator/isip/Versuchsberichte/Versuchsberichte.html> abrufbar.

Für die oben genannten Kulturarten, außer Mais, für den nicht ausreichend Daten generiert werden konnten, weil u. a. Blattfungizide im Untersuchungszeitraum nicht zugelassen waren bzw. sind, wurden aus den verfügbaren Sortenversuchen Mittelwerte für die Erträge mit und ohne Anwendung von Fungiziden gebildet. Im Ergebnis ergeben sich die folgenden in der Abbildung 2 dargestellten Erträge und Ertragsunterschiede bei den einzelnen hier analysierten Kulturarten, z. T. unterteilt in Winter- und Sommerarten.

**Abbildung 2: Erträge und Ertragsunterschiede mit und ohne Anwendung von Fungiziden in den Sortenversuchen der deutschen Landwirtschaft**

Landwirtschaftliche Kulturart	Erträge		Ertragsunterschiede	
	ohne Fungizide (in dt/ha)	mit Fungiziden (in dt/ha)	absolut (in dt/ha)	relativ (in %)
Winterweizen	80,38	90,10	9,72	12,1
Sommerweizen	65,84	74,58	8,73	13,3
Wintertriticale	82,73	89,60	6,88	8,3
Sommertriticale	57,08	62,33	5,24	9,2
Winterroggen	79,74	90,51	10,77	13,5
Wintergerste	77,37	86,33	8,96	11,6
Sommergerste	58,81	64,58	5,77	9,8
Winterraps	48,28	51,34	3,07	6,4
Kartoffeln	406,61	495,60	88,99	21,9
Zuckerrüben	895,80	937,70	41,90	4,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis des ISIP.

Es zeigt sich eine differenzierte, jedoch in den meisten Fällen beachtliche Ertragswirkung der Fungizide. Standortangepasste und sachgemäße Applikation von Fungiziden führt demnach in Deutschland bei Weizen zu Ertragssteigerungen von 12 % und mehr. Noch höher sind die Ertragseffekte bei Roggen sowie im Kartoffelanbau. Demgegenüber sind sie etwas geringer bei den anderen Getreidearten sowie im Raps- und Zuckerrübenanbau. Die ermittelten Ertragsunterschiede spiegeln dabei durchaus den tatsächlichen Krankheitsdruck wider und können vor diesem Hintergrund als Hinweis verstanden werden, dass in der Praxis Pflanzenschutzmittel nur im notwendigen Maß und sinnvoll eingesetzt werden.

Werden die ermittelten Ertragsunterschiede mit den entsprechenden Anteilen der einzelnen Kulturarten an der Ackerfläche Deutschlands gewichtet, so zeigt sich, dass der durchschnittliche Ertragseffekt in Sortenversuchen bei 10 % anzusiedeln ist. Dieser Effekt liegt damit knapp unter den in Abbildung 1 ausgewiesenen Wirkungen für Krankheiten. Beachtet man jedoch, dass nicht nur Fungi, sondern auch Bakterien und Viren Auslöser von Pflanzenkrankheiten sind, kann geschlossen werden, dass der eigene ermittelte Wert zunächst innerhalb der Erwartungen liegt.

Vergleichbar ist der hier hergeleitete Wert aber auch mit anderen Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fungiziden in der europäischen Landwirtschaft:

- Knight und Turner (2009) haben für die Weizenproduktion in Großbritannien eine Ertragsdepression durch Wegfall von Fungiziden von 19,9 % ermittelt, wobei die Erfassungsgrundlagen unklar sind.
- Ähnlich hoch sind die ebenfalls für Weizen in Großbritannien ermittelten Unterschiede durch Berry et al. (2008), der seine Argumentation auf etwa 800 „Experimente“ stützt.
- Schmitz et al. (2010) gehen von Ertragseinbußen durch Wegfall bestimmter Fungizide in Großbritannien in Höhe von 10-15 % aus, und für Deutschland ermittelten sie auf der Basis von Befragungen von Landwirten Ertragsunterschiede von 17 %.

Demnach führt die eigene Analyse zwar zu beachtlichen, jedoch im Vergleich zu anderen Studien etwas geringeren Ertragswirkungen. Dies mag an der konkreten Versuchsanlage liegen: Hier analysierte Sortenversuche werden i. d. R. unter optimalen Voraussetzungen seitens der Produktionstechnik und lokalen Standortwahl sowie ständiger Nutzung neuen Wissens durchgeführt. „Ausfälle“, hier z. B. durch Pilzkrankheiten, werden dadurch ggf. teilweise kompensiert und fallen dann nicht so schwer ins Gewicht wie im Fall von nicht optimalen Produktionsvoraussetzungen „im freien Feld“. Mithin können die hier ermittelten relativen

Ertragsunterschiede als eine eher konservative Schätzung der tatsächlichen Ertragswirkungen von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft betrachtet werden. Die ermittelten relativen Unterschiede bei den einzelnen Kulturarten werden für die Definition des Szenarios „Mit vs. ohne Fungizide“ genutzt.

### **Testbetriebsnetzdaten und ein zweites Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“**

Das TBN veröffentlicht jährlich aktuelle Informationen zur Lage der Landwirtschaft, also Daten aus der Praxis. Zu diesem Zweck werden Buchführungsabschlüsse von repräsentativen, d. h. ausgewählten Betrieben ausgewertet. BMELV (2011b) bezeichnet das TBN als die einzige repräsentative Quelle gesamtbetrieblicher mikroökonomischer Daten und Grundlage für wesentliche Statistiken von Bund und Ländern. Der Standard ist dabei international akzeptiert und maßgeblich in das FADN eingebracht worden (vgl. u. a. EC, 2010).

Die Buchführung der Testbetriebe wird nach einheitlichen Regeln mit dem Jahresabschluss erstellt. Dazu werden Ausführungsanweisungen des BMELV bereitgestellt, die jährlich aktualisiert werden. Darüber hinaus werden Datenverarbeitungsprogramme zur Plausibilitätsprüfung der Datensätze zur Verfügung gestellt (BMELV, 2011b). Auch diese Datenbasis wird daher als objektiv erachtet und für die eigenen Analysen herangezogen.

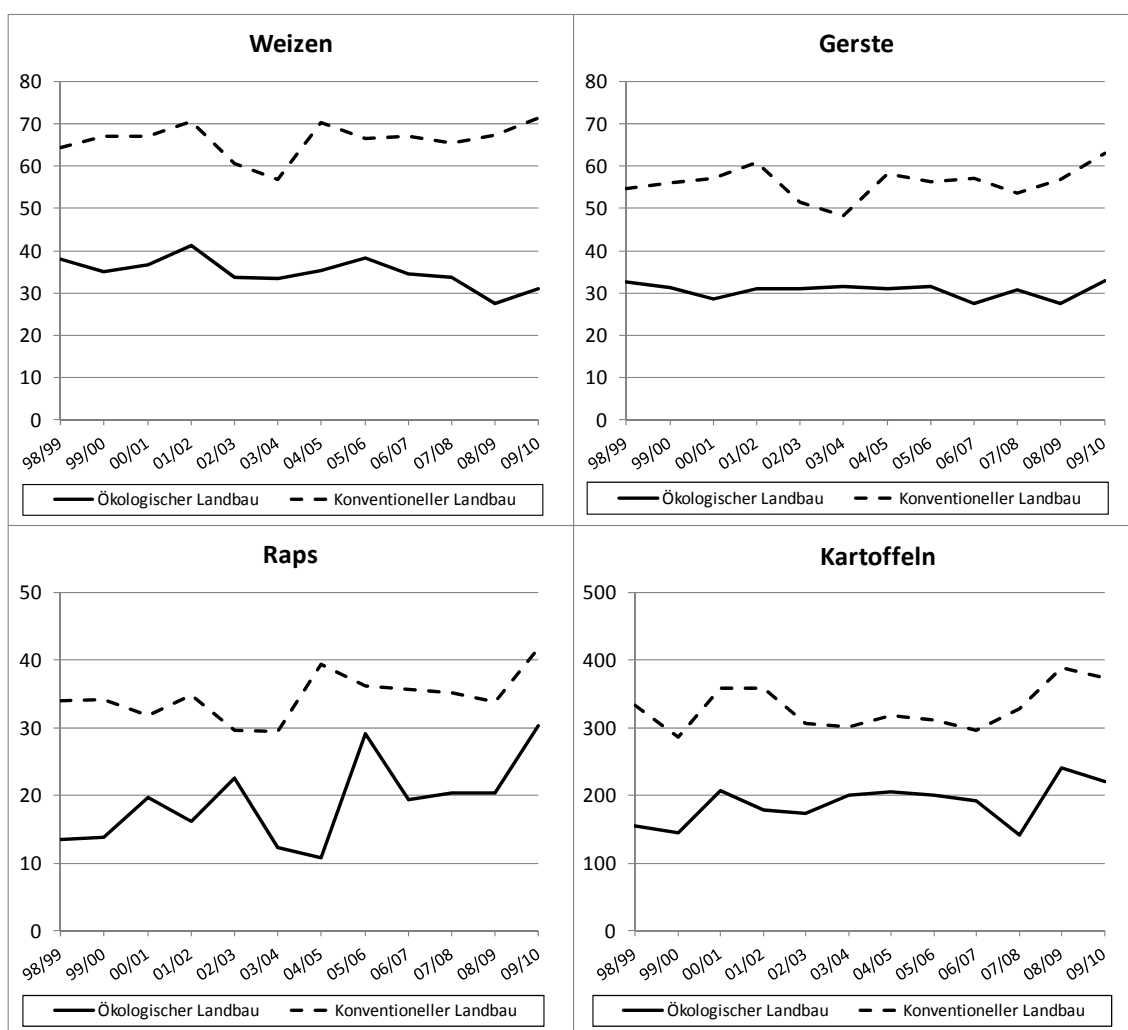
Im Rahmen des TBN werden zahlreiche Daten erhoben, u. a. auch zur Flächenproduktivität wichtiger (jedoch nicht aller) landwirtschaftlichen Kulturarten. Für Vergleichszwecke werden zudem bestimmte Angaben der meldenden Betriebe erhoben, die es z. B. auch zulassen, einen Vergleich der Erträge von Betrieben des ökologischen Landbaus mit Betrieben des konventionellen Landbaus durchzuführen. Datenbasis dafür bilden ca. 375 (die Anzahl schwankt jährlich etwas) Ökobetriebe, die mit 850 und mehr „ähnlichen“ Betrieben des konventionellen Landbaus verglichen werden.

Die Abbildung 3 zeigt die auf dieser Basis ermittelten Ertragsunterschiede für die zurückliegenden zwölf Wirtschaftsjahre auf. Ersichtlich werden von Jahr zu Jahr zwar schwankende, aber immer beachtliche und z. T. sogar zunehmende Ertragsdifferenzen zwischen dem ökologischen Landbau auf der einen Seite und dem konventionellen Landbau auf der anderen Seite.

Im Kontext dieser Studie ist zu beachten, dass diese Ertragseffekte natürlich nicht nur Pflanzenschutzmaßnahmen zuzuschreiben sind. Tatsächlich ist auch im ökologischen Landbau Pflanzenschutz üblich, etwa die mechanische Unkrautbekämpfung sowie der Einsatz von Kupfer und Schwefel; aber mehr noch sind die auffallenden Ertragsunterschiede systemischer Natur. Konventioneller Landbau nutzt

im Besonderen neben modernen Herbiziden, Insektiziden, Fungiziden etc. auch mineralische Düngemittel, die ebenfalls einen ertragssteigernden Effekt haben. Jedoch kommt der Pflanzenschutzkomponente in diesem integrierten Ansatz eine besondere Bedeutung zu: sie sichert die im Vergleich zum ökologischen Landbau hohen Erträge ab und vermehrt den ertragssteigernden Effekt anderer Inputs, ermöglicht mithin erst die volle Ertragssteigerung.

**Abbildung 3: Entwicklung von Flächenerträgen im ökologischen und konventionellen Landbau in Deutschland, Wirtschaftsjahre 1998/1999-2009/2010 (in dt/ha)**



Quelle: Eigene Darstellung nach BMELV (verschiedene Jahrgänge).

Vor diesem Hintergrund sollen für ein Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ wie auch schon im ersten Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ dreijährige Durchschnittsdaten zur Definition des Ertragseffektes herangezogen werden. Die

Abbildung 4 zeigt, ähnlich der Abbildung 2, die für die jeweils drei letzten verfügbaren Jahre ermittelten Erträge und Ertragsdifferenzen bei den einzelnen hier zu analysierenden Kulturarten auf.

**Abbildung 4: Erträge im ökologischen und konventionellen Landbau und resultierende Ertragsunterschiede in der deutschen Landwirtschaft**

Landwirtschaftliche Kulturart	Erträge		Ertragsunterschiede	
	ökologisch (in dt/ha)	konventionell (in dt/ha)	absolut (in dt/ha)	relativ (in %)
Weizen	30,80	68,07	37,27	121,0
Roggen	25,37	50,92	25,55	100,7
Gerste	30,33	57,83	27,50	90,7
Raps	23,63	36,87	13,23	56,0
Kartoffeln	200,40	363,17	162,77	81,2
Zuckerrüben	519,43	627,13	107,70	20,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis des BMELV (verschiedene Jahrgänge).

Die ermittelten Ertragsunterschiede sind enorm. Im konventionellen Landbau werden bisweilen doppelte und noch höhere Flächenerträge realisiert als im ökologischen Landbau. Insbesondere bei Getreide sind die Ertragsvorteile sehr hoch. Reziprok ausgedrückt liegen die Erträge im ökologischen Landbau etwa ein Drittel bis über 50 % unter denen im konventionellen Landbau; eine Ausnahme bildet lediglich der Zuckerrübenenertrag, der im ökologischen Landbau „nur“ um ca. 20 % abnimmt.

Die so hergeleiteten Daten sollen wieder verglichen werden mit Angaben anderer Autoren:

- Webster et al. (1999) sehen die Erträge im Ökolandbau bei 55-60 % im Vergleich zum konventionellen Landbau.
- Gutsche (2011) verweist auf durchschnittlich geringere Erträge von 40 % bei Weizen, 49 % bei Getreide (insgesamt) und 48 % bei Kartoffeln, legt aber nur Daten bis zum Jahr 2006 zugrunde.
- Gesammeltes Expertenwissen bildet die Basis für die betrieblichen Planungsgrundlagen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Demnach wird im ökologischen Landbau Deutschlands bei Hauptkulturen wie Winterweizen und Mais mit Ertragsausfällen von 43 % und

mehr, gemessen am Ertragsniveau des konventionellen Landbaus, gerechnet (KTBL, 2008).

Die eigenen Analyseergebnisse passen in dieses durch eine Gesamtschau auf andere Studien und Analysen gezeichnete Bild, denn sie generieren einen Durchschnitt über alle Ackerkulturen, gewichtet mit den Anteilen der einzelnen Feldfrüchte an der Ackerfläche, von 48 % geringeren Erträgen im ökologischen Landbau Deutschlands. Einzig die Ertragsdifferenz für Weizen scheint ein wenig abzuweichen, doch hier hat sich offensichtlich gerade in den letzten Jahren die Schere weiter aufgetan, wie der Abbildung 3 zu entnehmen ist. Das soll in der anschließenden Analyse nicht negiert werden, zumal Rickard (2010) diese Größenordnung an Ertragsverlusten für Großbritannien bestätigt. Die Werte gemäß Abbildung 4 werden im weiteren Verlauf für das Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ genutzt.

### **3.2 Methodisches Instrumentarium und Zielindikatoren: Partielle Gleichgewichtsmodellierung und soziale Wohlfahrt**

Die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes wurde in den zurückliegenden Jahrzehnten immer wieder analysiert. Zu verweisen ist z. B. auf Hartmann und Schmitz (1994), Knutson (1999) und Orum et al. (1999). Umfassende theoretische Abhandlungen bieten dazu auch Sexton et al. (2007) und Zilberman (1999) an. Insbesondere in den letzten Jahren wurden immer mehr auch gesamtwirtschaftliche Aspekte des Ausbringens von Pflanzenschutzmitteln analysiert:

- So untersuchte z. B. Rickard (2010) die gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes in Großbritannien und kommt zu dem Schluss, dass die Marktpreise um ca. 40 % ansteigen würden, wenn man weltweit auf Pflanzenschutz verzichtet. Dies würde volkswirtschaftliche Kosten von 70 Mrd. GBP allein in Großbritannien verursachen.
- Schmitz et al. (2010) sowie Schmitz (2011) analysieren zudem die Bedeutung bestimmter chemischer Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgruppen für die wirtschaftliche Performance in der Landwirtschaft der EU. Für die Wirkstoffgruppe der Azole weisen die Autoren einen gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlust, bezogen auf die EU, von 5,6 Mrd. USD aus, und für Glyphosate wird dieser Verlust auf 1,0 bis 3,1 Mrd. EUR beziffert.

Vor allem die letztgenannten Studien von Rickard (2010), Schmitz et al. (2010) und Schmitz (2011) sind ohne Zweifel wichtige Bausteine für eine umfassende und



aktuelle gesamtwirtschaftliche Bewertung des Pflanzenschutzes. Mit starken qualitativen Argumenten und begründeten Zahlenwerken weisen die Analysen darauf hin, dass mit dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wichtige gesellschaftliche Nutzenbeiträge erbracht werden, die nicht allein auf den Sektor Landwirtschaft fokussieren, sondern vielmehr in einen volkswirtschaftlichen Kontext eingeordnet werden können. Hierauf kann und soll aufgebaut werden, und zwar in mindestens dreifacher Hinsicht:

- Bleiben die methodische Grundlage und der genutzte Datenpool der Studie von Rickard (2010) weitgehend unklar und entzieht sich somit der objektiven wissenschaftlichen Bewertung, sollen das eigene methodische Vorgehen und die genutzten Daten explizit gemacht und zur vergleichenden Diskussion gestellt werden.
- Ähnlich wie bei Schmitz et al. (2010) bzw. Schmitz (2011) wird hier mit dem methodischen Instrumentarium der Marktmodellierung gearbeitet; jedoch werden, wie bereits beschrieben, unabhängig erhobene Realdaten für die Abbildung von Marktszenarien verwendet und nicht bei den eigentlichen Anwendern von Pflanzenschutzmitteln, den Landwirten, erhobene Schätzwerte.
- Schließlich wird unseres Wissens zum ersten Mal der Versuch unternommen, die gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes speziell für Deutschland und nicht nur für einzelne Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln zu erfassen.

Die eigene Arbeit baut also auf bereits gewonnenen Erkenntnissen auf und entwickelt die entsprechenden Ansätze weiter. Das konkrete Instrumentarium und die Datenverfügbarkeit für die eigentliche Analyse werden im Folgenden beschrieben.

### **Partielle Gleichgewichtsmodelle**

Die explizite Abbildung von Markteffekten des Pflanzenschutzes in Deutschland bedarf eines anspruchsvollen Instrumentariums. In der ökonomischen Analyse haben sich dabei Marktmodelle durchgesetzt, die recht verschieden hinsichtlich der einzubeziehenden Märkte dimensioniert sein können. Man unterscheidet in dieser Hinsicht zwischen partiellen und allgemeinen Gleichgewichtsmodellen, die prinzipiell für eine solche Fragestellung geeignet sind (vgl. u. a. Soliman et al., 2010).

Für die eigene Analyse wird ein Marktmodell benötigt, das einerseits die wichtigsten Agrarmärkte und zu analysierenden Kulturarten in der Untersuchungsregion, hier Deutschland, abbildet, andererseits aber auch Interaktionen dieser

Märkte untereinander und mit anderen Regionen der Welt zulässt. Dies ist einmal notwendig, weil Deutschland Agrarhandel betreibt und das in nicht unwesentlichem Maße (von Witzke und Noleppa, 2011a); zudem ist es erforderlich, durch Änderungen im Pflanzenschutzmanagement hervorgerufene Veränderungen der relativen Wettbewerbsfähigkeit einzelner Kulturarten bzw. Regionen wider spiegeln zu können.

Bewährt haben sich in diesem Zusammenhang so genannte Mehr-Regionen-Mehr-Markt-Modelle. Dabei handelt es sich um einen partialanalytischen Ansatz, wie er auch von Schmitz et al. (2010) bzw. Schmitz (2011) verwendet wird. Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Modellierung von Märkten mit einem solchen Ansatz und die konkrete Ausgestaltung der Modellroutinen im Rahmen dieser Studie sind im Anhang zu diesem Bericht ausführlich beschrieben. An dieser Stelle sollen nur die für das Verständnis der nachfolgenden Analyse wesentlichen Grundzüge dargestellt werden.

Prinzipiell kann ausgeführt werden, dass Mehr-Regionen-Mehr-Markt-Modelle sich besonders dann gut für die Analyse eignen, wenn Marktstörungen, hier unterschiedliche Pflanzenschutzmanagements, nicht nur einen Markt beeinflussen, sondern mehrere, und wenn der Daten- und Programmieraufwand und damit die Ressourceninanspruchnahme überschaubar bleiben sollen (Keating und Handmer, 2011). Der Modelltyp ist vor allem deshalb ein weit verbreiteter Standard in der ökonomischen Analyse von insbesondere landwirtschaftlichen Veränderungsprozessen und operationalisiert Veränderungsreaktionen auf Märkten in einem zumeist mittelfristigen Kontext. Solche Modelle sind besonders wertvoll, wenn es darum geht, alternative Produktions-, Nachfrage- und Politiksznarien zu bewerten (Sadoulet und de Janvry, 1995; Saunders und Wreford, 2005) und daraus folgende Veränderungen des Angebotes, der Nachfrage, und von Preisen und Handel zwischen Regionen zu analysieren (Francois und Reinert, 1997).

Interaktionen zwischen Märkten und Regionen werden mit einem solchen Modellrahmen über entsprechende Reaktionsparameter, i. d. R. ist das eine Matrix von Elastizitäten, abgebildet und simultan in der Analyse berücksichtigt. Die folgenden beiden Beispiele mögen diese Simultanität verdeutlichen:

- Befindet sich ein Markt im Gleichgewicht, dann führen Ertragsrückgänge in Deutschland, hervorgerufen etwa durch verminderten Pflanzenschutz, kurzfristig zu steigenden Preisen auf dem zunächst betroffenen Markt. Diese Marktsignale motivieren Landwirte in anderen Regionen, mehr anzubieten und den Rückgang der Produktion in Deutschland auf diesem Markt zumindest teilweise zu kompensieren. Infolge dessen sinkt der Marktpreis wieder, was neue Anpassungen in der den Marktschock initiierten Region, hier Deutschland, an das veränderte Preisniveau zur Folge hat. Diese Reaktion in

Deutschland wirkt sich sodann wieder auf die anderen Regionen aus usw. usf., bis sich ein neues – hier partielles – Gleichgewicht auf den Märkten iterativ einstellt.

- Ähnlich wie zwischen den Regionen funktioniert das zwischen den Kulturarten bzw. deren Märkten. Verschlechtert sich z. B. die Wettbewerbsfähigkeit der Weizenproduktion durch den Wegfall eines ganz bestimmten Pflanzenschutzmittels, so wird die Produktion von Weizen zunächst einmal eingeschränkt, z. B. weil diese Erzeugung nur noch auf Gunststandorten ohne Krankheitsdruck möglich ist. Davon profitieren dann z. B. die Ölsaaten, etwa Raps, in den Nichtgunststandorten des Weizens. Aber die veränderten Knappheiten auf den Märkten (weniger Weizen, mehr Raps) werden in Preissignale übersetzt (in der Tendenz steigt der Preis für Weizen, der für Raps fällt), was die Wettbewerbsfähigkeit des Weizens gegenüber der des Rapses wieder leicht anhebt und neue Verschiebungen der Anbaustrukturen bewirkt. Auch dieser Prozess führt schrittweise zu einem neuen partiellen Gleichgewicht.

Mehr-Markt-Mehr-Regionen-Modelle lösen ein solches mehrdimensionales Gleichgewichtsproblem simultan. Das für diese Studie entwickelte Model bildet nun explizit die folgenden Märkte und Weltregionen sowie einige Einzelländer ab:

- Hinsichtlich der Regionen würde es im Kontext einer traditionellen partiellen Gleichgewichtsanalyse von gesamtwirtschaftlichen Markteffekten reichen, Deutschland, vielleicht noch den Rest der EU, im Mindesten aber den Rest der Welt abzubilden. Jedoch sollen im Rahmen des Gesamtprojekts (vgl. Kapitel 1) zu einem späteren Zeitpunkt der Bearbeitung auch die Klimaeffekte eines veränderten Pflanzenschutzes, ausgelöst durch Veränderungen in der landwirtschaftlichen Flächennutzung und indirekte Landnutzungsänderungen in den verschiedenen Weltregionen, quantifiziert werden (siehe Modul 3). Dies wird hier bei der Modellentwicklung bereits berücksichtigt, und es werden neben Deutschland und dem Rest der EU auch Nordamerika, Südamerika, Asien, Ozeanien und der Rest der Welt im Rahmen der Modellierung explizit abgebildet, um Wechselwirkungen mit diesen Regionen analysieren zu können. Einzelne Länder, wie Brasilien und die USA, werden zudem hervorgehoben.
- Für eine jede dieser Regionen sollen dann im Mindesten die folgenden für Pflanzenschutz in Deutschland wichtigen Märkte abgedeckt werden: Weizen, und Roggen, Körnermais, Gerste und Triticale, Raps, Zuckerrüben und Kartoffeln. Das gewählte relativ breite regionale Spektrum erfordert jedoch eine zusätzliche, d. h. umfassendere Marktabdeckung, weil (a) einige dieser Kulturarten nicht in allen Regionen der Welt angebaut werden, vielmehr (b) einige Konkurrenzprodukte mit nicht zu negierenden Interaktionen gar nicht in Deutschland kultiviert sind, etwa Soja und Zuckerrohr. Folglich werden vor

diesem Hintergrund neben den bereits genannten pflanzlichen Märkten auch die Märkte für Soja, Zuckerrohr, andere Ölsaaten, anderes Getreide und Körnerleguminosen abgebildet. Schließlich sollen wichtige tierische Märkte Eingang in die Modellierung finden, weil es Anspruch der Studie ist, für den Agrarbereich möglichst umfassend die gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes zu erfassen; und dieser manifestiert sich auch über Preise und Verfügbarkeit bzw. Herkunft von Futtermitteln in der Tierproduktion. Folglich werden mit dem Modell neben den pflanzlichen Märkten auch die Märkte für Rindfleisch, Schweinefleisch, Geflügelfleisch, Schaf- und Ziegenfleisch, Eier und Milch abgebildet.

### **Modelldaten, Parameter und Schockfaktoren**

Nach einer entsprechenden Dateneingabe und Parametrisierung sowie anschließenden Kalibrierung wären die Marktreaktionen in allen Regionen umfassend und realistisch abgebildet, das Modell könnte „geschockt“ werden und würde die Änderungen eines solchen Schocks, d. h. eines veränderten Pflanzenschutzmanagements, abbilden. Im Folgenden sollen drei Kategorien von notwendigen Daten bzw. Informationen für diese Modellierung angesprochen werden: Modelldaten, Modellparameter und konkrete Schockfaktoren. Die Modelldaten bilden die Märkte und Regionen sowie Interaktionen zwischen den Regionen ab, die Modellparameter lassen die Märkte in Interaktionen zueinander treten, und die Schockfaktoren definieren die Simulationen bzw. Szenarien für die Analyse der Wirkung von Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Märkten bzw. in den Regionen.

Angebots- und Nachfragemengen auf den jeweiligen Märkten in den spezifischen Regionen bilden einen wichtigen Teil der eigentlichen Modelldaten. Solche Daten sind für die meisten und alle hier verwendeten landwirtschaftlichen Kulturarten sehr gut dokumentiert. Anbieter aktueller Daten sind z. B. EC (2011), Eurostat (2011), FAO (2011), FAPRI (2011), OECD und FAO (2011) sowie USDA (2011). Einige dieser Quellen können jedoch politisch induzierte und somit unter Umständen verzerrte Informationen enthalten, wie von Witzke et al. (2011) z. B. für Daten der Europäischen Kommission gezeigt haben. Dies gilt es auszuschließen. Besonders umfassend und in sich konsistent sind die Datenbanken der FAO (2011) und von FAPRI (2011); erste Quelle wird i. d. R. genutzt, nicht jedoch – allein schon aus Gründen der Verlässlichkeit – ohne die entsprechenden Werte mit zweitgenannter Quelle abzugleichen, um ggf. Unstimmigkeiten aufzudecken und fehlende Daten zu generieren. Bei Unstimmigkeiten wurden als weitere Quellen OECD und FAO (2011) sowie USDA (2011) hinzugezogen und so ein in sich widerspruchsfreier Datenrahmen für die Abbildung des Angebots und der Nachfrage auf den Agrarmärkten in den Modellregionen geschaffen.

Ein zweiter wichtiger Modelldateninput sind Preise. Interaktionen zwischen den Regionen finden über den Außenhandel, konkret über den Ausgleich der Differenzen zwischen Angebot und Nachfrage, also von Exporten bzw. Importen, statt. Folglich sind Weltmarktpreise das Bindeglied. Entsprechende Daten sind ebenfalls gut dokumentiert, auch in den bereits genannten Quellen. Genutzt werden Daten aus FAO (2011) sowie OECD und FAO (2011). Geprüft wurden die Daten mittels Angaben aus FAPRI (2011).

Sowohl in Bezug auf die Mengendaten als auch die Preisinformationen wurden Durchschnittswerte der letzten drei Jahre aus den verfügbaren Statistiken gebildet. Damit soll verhindert werden, dass die dargestellte Ausgangssituation für die weiteren Modellberechnungen durch jährliche Schwankungen einzelner Daten, etwa infolge von Ernteaussfällen in der einen oder anderen Region, verfälscht wird.

Grundsätzlich könnte man in den Modellrahmen auch politische Marktinterventionen einbauen. In der Vergangenheit war das auch oft notwendig. Nun jedoch sind die Agrarmärkte auch in der EU weitgehend liberalisiert bzw. kurz davor, vollständig in den Weltagrarmarkt integriert zu werden (Stichwort: Milchquote); auch sollen Änderungen in den politischen Rahmenbedingungen hier nicht diskutiert werden. Folglich wird im Modell auf die explizite Modellierung von Preis- und Mengenpolitiken verzichtet. Dieser Verzicht beeinflusst die Ergebnisse der Marktmodellierung nicht, denn Schmitz et al. (2010) haben mit einem ähnlichen Ansatz gezeigt, dass die Markteffekte in Bezug auf politische Interventionen im Vergleich zu den Markteffekten auf der Produzenten- und Konsumentenseite zu vernachlässigen sind, wenn Pflanzenschutzmaßnahmen analysiert werden.

Interaktionen zwischen den Regionen werden in der partiellen Gleichgewichtsmodellierung über Änderungen der Außenhandelsmengen internalisiert. Diese Mengen ergeben sich modellendogen aus der Differenz von Angebot und Nachfrage, müssen also nicht gesondert erhoben werden. Wechselwirkungen zwischen den Märkten jedoch werden über spezielle Parameter, die Elastizitäten, in die Modellierung integriert. Elastizitäten geben im genutzten Modellansatz vom Typ Cobb-Douglas (vgl. Anhang) ganz einfach an, um wie viel Prozente eine bestimmte Modellvariable, etwa die Menge an produziertem Weizen, sich verändern würde, wenn der Preis für Weizen um ein Prozent steigt oder fällt; oder um wie viele Prozente die Schweinefleischproduktion zurück geht, wenn die Verfügbarkeit von Futtermitteln, z. B. wieder von Weizen, um ein Prozent verringert ist.

Solche Werte sind in der ökonomischen Analyse Standard und grundsätzlich für alle wesentlichen Agrarprodukte und Regionen bzw. einzelne Länder verfügbar. Eine besonders ergiebige Datenquelle hierzu ist Roningen et al. (1991). Entsprechende Elastizitäten werden genutzt, jedoch zwecks Einhaltung von Homogenitäts- und Symmetriebedingungen (vgl. Chiang und Wainwright, 2005) adjustiert. Ebenso

wurde in diesem Zusammenhang auf FAPRI (2011) zurückgegriffen, insbesondere um neuere Entwicklungen im Verhalten der Marktteilnehmer auf den Agrarmärkten seit den 1990er Jahren in die Parametrisierung einfließen zu lassen. Preiselastizitäten werden somit dem aktuellen Marktverhalten angepasst.

Auf eine andere wesentliche Änderung gegenüber den Daten aus Roningen et al. (1991) soll hier zusätzlich hingewiesen werden. Diese betrifft die Abbildung von Wechselwirkungen zwischen pflanzlichen und tierischen Märkten. Futtermittel-einsätze werden über so genannte „feed demand shares“ abgebildet. Hier hat sich aber insbesondere seit der Jahrtausendwende die Bedeutung des Soja in der Tierfütterung maßgeblich verändert, sei es durch das Verbot der Fütterung von proteinreichen Tiermehlen, den Rückgang der Wettbewerbsfähigkeit von einheimischen Proteinpflanzen oder die deutlich verbesserte Verfügbarkeit von Sojamehlen aus Reststoffen der drastisch erhöhten Bioenergieerzeugung. Entsprechende Verschiebungen in den Anteilen an einer „durchschnittlichen“ Futterrations wurden berücksichtigt. Die entsprechenden „feed demand shares“ wurden von Witzke und Noleppa (2011a) entnommen bzw. auf dieser Basis adjustiert.

Die diskutierten Modelldaten und -parameter erlauben eine Kalibrierung des Modells, jedoch noch keine Bewertung von Alternativen, hier eines veränderten Pflanzenschutzmanagements. Dafür bedarf es der Definition von Schockfaktoren des Modells bzw. von Szenarien. Diese Schockfaktoren wurden bereits in den Abbildungen 2 und 4 ausgewiesen und sollen hier nicht noch einmal diskutiert werden. Allerdings ist auf Besonderheiten aufmerksam zu machen:

- Im Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ muss bedacht werden, dass die erhobenen Modelldaten zu Angebot und Nachfrage als Aggregat unterschiedlichster Bewirtschaftungsformen zu verstehen sind. Ökologischer Landbau setzt aber keine im Szenario zu analysierenden Fungizide ein. Die Ausgangsdaten im Modell sind also zu berichtigen. Gegenwärtig nimmt der ökologische Landbau ca. 6 % der Fläche ein und erwirtschaftet auf dieser Fläche etwa die Hälfte des Ertrages bei den Hauptackerkulturen. Folglich beziehen sich die in Abbildung 2 als relative Ertragsänderung ausgewiesenen Schockfaktoren bzw. deren reziproke Werte im Durchschnitt nur auf 97 % des Angebots in Deutschland. Eine entsprechende Korrektur wurde vorgenommen.
- Im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ ist aus gleichem Grund eine Korrektur vorzunehmen, denn verglichen werden sollen die Märkte für den Fall eines vollständig konventionellen Landbaus im Vergleich zu einem vollständig ökologischen Landbau. Das durch die Modelldaten gegebene Referenzsystem muss vor der eigentlichen Analyse um den etwa 3-prozentigen Produktionseffekt des ökologischen Landbaus bereinigt, d. h. nach oben korrigiert werden. Auf dieses neue Referenzsystem sind die in

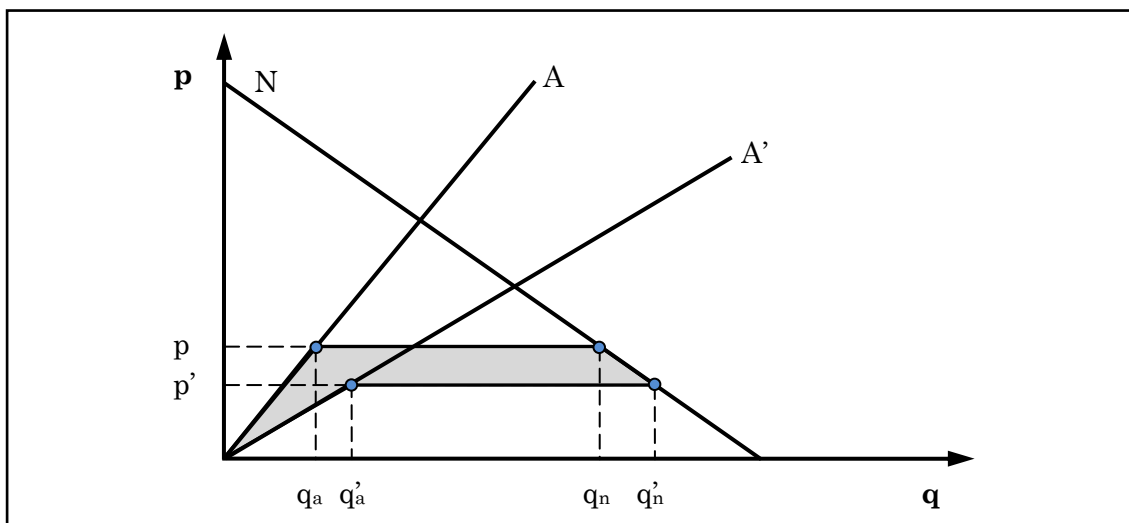
Abbildung 4 ausgewiesenen relativen Ertragsänderungen bzw. deren reziproke Werte anzuwenden. Zu beachten ist dabei auch das dann resultierende Ausgangspreisniveau, welches in etwa dem des konventionellen Landbaus entspricht. Das erscheint auch opportun, weil bei einer flächendeckenden Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweisen nicht mehr nur der Nischenmarkt bedient werden kann, sondern am Weltmarkt und zu dort gegebenen Preisen gehandelt werden muss.

### Soziale Wohlfahrtsindikatoren als Zielvariablen

Pflanzenschutz führt unter sonst gleichen Rahmenbedingungen zu höheren Erträgen und geringeren Nachernteverlusten. Beides erhöht das Angebot an landwirtschaftlichen Produkten auf den jeweiligen Märkten. „Grafisch“ formuliert kommt es auf den Agrarmärkten zu einer Rechtsverschiebung der Angebotskurve. Diese Rechtsverschiebung führt zu Veränderungen verschiedener Marktindikatoren, die quantifiziert werden können und müssen, um auf dieser Grundlage die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenschutz auf der Marktebene zu bestimmen. Im Folgenden wird dieses Indikatorkonzept vorgestellt.

Die Konsequenzen einer Rechtsverschiebung der Angebotskurve für ein bestimmtes Agrarprodukt als Folge des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln werden mit der Abbildung 5 illustriert. Dargestellt ist eine Importsituation, wie sie für viele Agrarprodukte, die Deutschland und die EU handeln, aktuell gegeben ist (von Witzke et al., 2011). Die folgenden Ausführungen könnten jedoch in gleicher Weise für eine Exportsituation gemacht werden.

**Abbildung 5: Markteffekte des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln, dargestellt für eine Importsituation**



Quelle: Eigene Darstellung.

Zwei grundlegende Marktreaktionen sind zu beachten: Pflanzenschutz erhöht das Angebot, und das erhöhte Angebot senkt den Marktpreis. In der Abbildung 5 beschreiben A und N die inländische Angebots- und Nachfragefunktion ohne Pflanzenschutz. Der ursprüngliche Weltmarktpreis liegt bei  $p$ . Bei diesem Preis wird im Inland die Menge  $q_a$  angeboten und die Menge  $q_n$  nachgefragt. Die Differenz zwischen  $q_n$  und  $q_a$  ist die aus dem Rest der Welt importierte Menge. Durch Pflanzenschutz kann nun zu jedem Preis mehr angeboten werden. Die Angebotsfunktion verschiebt sich daher nach rechts von A nach A'. Wegen des weltweit größeren Angebots sinkt gleichzeitig der Weltmarktpreis von  $p$  auf  $p'$ . Die angebotene Menge ist nun  $q'_a$ , und die nachgefragte Menge entspricht  $q'_n$ . Als Resultat ergibt sich die schraffierte Fläche als Wohlfahrtsgewinn (W) des Inlands. Dieser wird auch als sozialer Wohlfahrtsgewinn bezeichnet (vgl. Feldman, 2008; Mas-Colell et al., 1995; Samuelson, 1983) und ist Ausdruck der gesamtwirtschaftlichen Bedeutung einer Maßnahme, hier des Pflanzenschutzes, weil er den aggregierten (zusätzlichen) Nutzen aller Marktteilnehmer beschreibt. In der Tat sind die einzelnen Marktteilnehmer unterschiedlich von der aufgezeigten Änderung der sozialen Wohlfahrt betroffen (vgl. Soliman et al., 2010).

Grundsätzlich gilt folgende Gleichung (1) für die soziale Wohlfahrt, wenn neben den Produzenten und Konsumenten auch der Staat als Marktakteur auftritt, etwa bei politikbedingten Interventionen (von denen in Abbildung 5 abstrahiert wurde):

$$(1) \quad W = PR + KR + B$$

mit  $W =$  Wohlfahrt,

$PR =$  Produzentenrente, d. h. die Differenz zwischen dem Marktpreis und dem Preis, zu dem ein Produzent sein Gut noch anbieten würde,

$KR =$  Konsumentenrente, d. h. die Differenz zwischen dem Preis, den ein Konsument für ein Gut zu zahlen bereit ist, und dem Marktpreis und

$B =$  Budgeteinnahmen (des Staates).

Aus einem Vergleich von Alternativen (hier eines Marktes ohne bzw. mit Pflanzenschutz) folgt dann Gleichung (2):

$$(2) \quad \Delta W = \Delta PR + \Delta KR + \Delta B.$$

$\Delta W$  beschreibt dabei den gesamtwirtschaftlichen Effekt des Pflanzenschutzes auf der Marktebene, wie er sich aus Veränderungen verschiedener Marktindikatoren, etwa des Preises von  $p$  nach  $p'$ , der angebotenen Menge von  $q_a$  nach  $q'_a$  und der nachgefragten Menge von  $q_n$  nach  $q'_n$  ergibt. Im Folgenden werden die Veränderungen dieser Indikatoren und der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt für die bereits beschriebenen Szenarien analysiert.



## 4 Markteffekte des Pflanzenschutzes in Deutschland

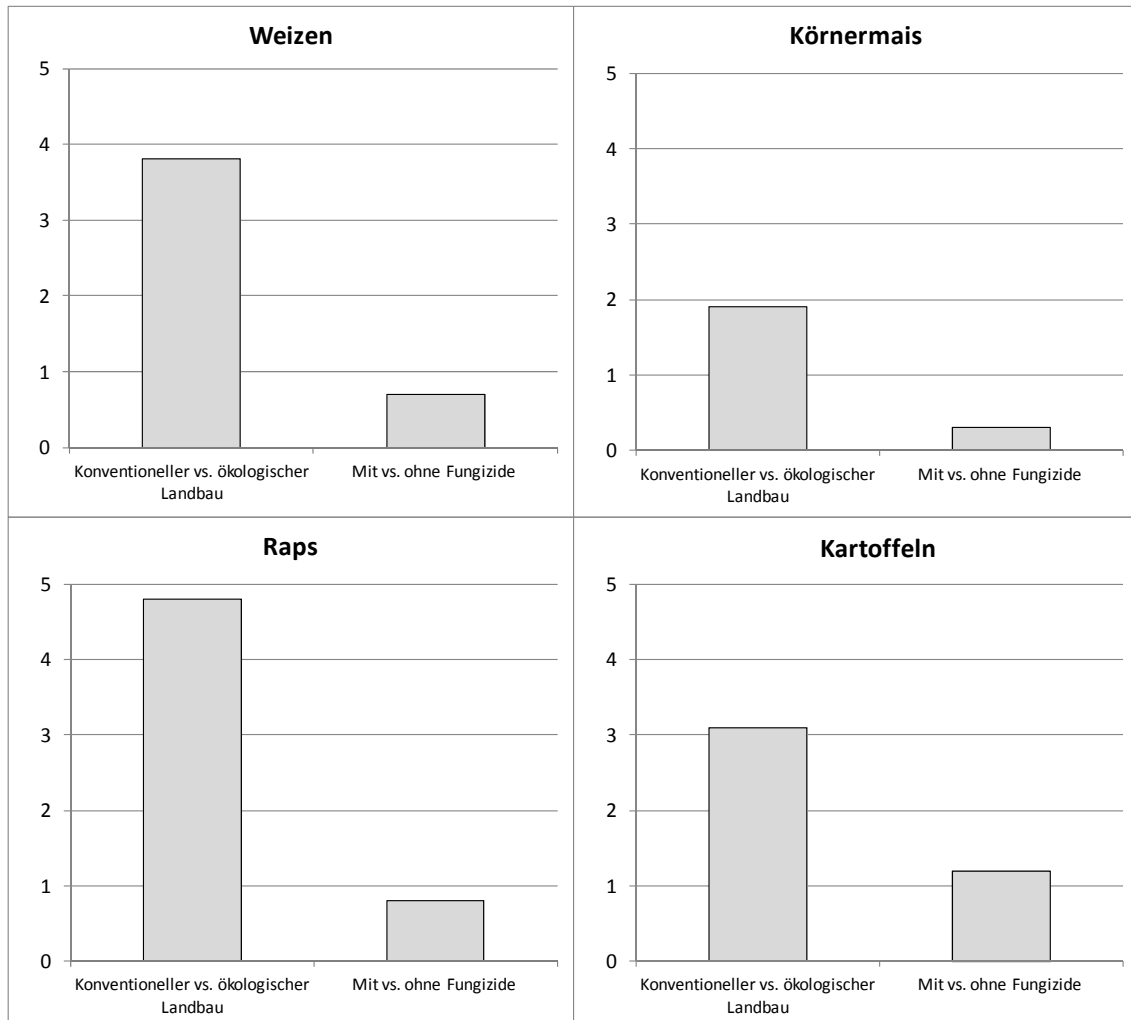
Die Abbildung 5 veranschaulicht die positiven Effekte von Pflanzenschutz auf die soziale Wohlfahrt und damit die gesamtwirtschaftliche Bedeutung. Dabei wird im Referenzsystem von einem Markt ohne Pflanzenschutz ausgegangen. Im Folgenden werden jedoch als Referenzsystem Agrarmärkte mit Pflanzenschutz, also im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ in konventioneller Wirtschaftsweise und im Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ unter Nutzung von Fungiziden, definiert (vgl. die diskutierten Besonderheiten bei der Definition der Szenarien weiter oben), weil dieses Referenzsystem der Realität nahe kommt und damit das Treffen von Annahmen auf das Allernotwendigste beschränkt. Diese Referenzsysteme werden mit den reziproken relativen Ertragsdifferenzen gemäß der Abbildungen 2 bzw. 4 geschockt. Im Ergebnis erhält man Aussagen zu den verschiedenen Modellvariablen für eine Situation ohne Pflanzenschutz. Die Ergebnisse sind mithin als entgangene Wohlfahrt etc. bei Wegfall des Pflanzenschutzes zu interpretieren. Im Folgenden werden die Preiseffekte, die Mengenwirkungen und die aus beiden resultierenden Implikationen für die soziale Wohlfahrt, d. h. die gesamtwirtschaftliche Bedeutung, separat analysiert und aufgezeigt.

### 4.1 Preiseffekte

Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln in Kombination mit anderen Inputs führt im konventionellen Landbau in der deutschen Landwirtschaft zu deutlich höheren Flächenerträgen, verglichen mit dem ökologischen Landbau. Gleiches gilt für einen Vergleich mit und ohne Einsatz von Fungiziden bei den wesentlichen landwirtschaftlichen Kulturarten in der deutschen Landwirtschaft. Das erhöht c. p. das Angebot in Deutschland und in einem globalen Maßstab und verringert dadurch die Knappheit auf den Märkten. In der Folge sinkt der Preis auf den Märkten für pflanzliche Produkte, wenn konventionell bzw. mit Fungiziden produziert wird.

Vor diesem Hintergrund zeigt die Abbildung 6 an ausgewählten Beispielen auf, um wie viel Prozent der Preis auf den jeweiligen Agrarmärkten höher wäre, wenn das nicht der Fall ist, d. h. wenn flächendeckend ökologischer Landbau in Deutschland vorgeschrieben werden würde bzw. gänzlich auf Fungizide verzichtet werden müsste.

**Abbildung 6: Ausgewählte Preissteigerungen durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft (in %)**



Quelle: Eigene Berechnungen.

Es zeigt sich, dass die erwarteten Preiseffekte vorhanden sind. Im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ würden die Preise für wichtige Ackerkulturen um 2-5 % steigen, wenn flächendeckend auf Ökolandbau umgestellt werden würde. Dies mag gering erscheinen; gleichwohl sind die Veränderungen bemerkenswert, denn sie sind allein auf eine Umstellung der Wirtschaftsweise in Deutschland zurückzuführen und wären ungleich größer bei umfangreicheren Konversionen. Im Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ wären die Weltmarktpreise bei einem Verzicht auf Fungizide immerhin noch um bis zu 1,2 % höher als bei einer Anwendung derselben. Auch hier sei daran erinnert, dass der Wegfall der Fungizide nur für Deutschland unterstellt wurde.

Wie hoch solche Preiseffekte ausfallen können, wenn Änderungen im Pflanzenschutzmanagement nicht nur in einem Land auftreten, haben Rickard (2010) bzw. Schmitz et al. (2010) untersucht. Demnach würden bei einem weitreichenden globalen Verzicht auf Pflanzenschutz die Agrarpreise um etwa 40 % ansteigen (Rickard, 2010); und bei einer Ertragsdepression von etwa 10 % in der gesamten EU würden die Preise um 0,4 bis 3,4 % steigen (Schmitz et al., 2010). Die eigenen Ergebnisse passen in dieses Bild.

## 4.2 Mengeneffekte

Der Theorie folgend müsste eine Umstellung auf den ökologischen Landbau und der Wegfall von Fungiziden zu deutlichen Angebotseinschränkungen führen, weil die wesentlich geringeren Erträge nicht durch die vergleichsweise geringen Preissteigerungen und damit zusätzliche Produktionsanreize kompensiert werden. Die Abbildung 7 stellt vor diesem Hintergrund die Informationen zu den berechneten Angebotseffekten dar.

**Abbildung 7: Angebotseffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft**

Landwirtschaftliche Kulturart	Konventionell vs. ökologisch (Umstellung auf ökologisch)		Mit vs. ohne Fungizide (Wegfall der Fungizide)	
	relativ (in %)	absolut (in Mio. t)	relativ (in %)	absolut (in Mio. t)
Weizen	- 54	- 12,1	- 10	- 2,3
Körnermais	- 51	- 1,9	0	0,0
Anderes Getreide	- 48	- 8,3	- 10	- 1,7
Raps	- 34	- 1,8	- 5	- 0,3
Kartoffeln	- 44	- 4,9	- 17	- 1,9
Zuckerrüben (Rohzucker)	- 17	- 0,7	- 4	- 0,2

Quelle: Eigene Berechnungen.

Wie der Abbildung entnommen werden kann, gehen den Märkten bei einer flächendeckenden Umstellung auf den ökologischen Landbau gegenüber dem konventionellen Landbau riesige Mengen an landwirtschaftlichen Rohstoffen verloren. So werden in Deutschland z. B. etwa 12 Mio. t weniger Weizen und 2 Mio. t

weniger Körnermais erzeugt, wenn man als Ausgangssituation die durchschnittliche Produktion der drei letzten Jahre zugrunde legt. Aber auch ein Wegfall der Anwendung von Fungiziden führt zu enormen Produktionsausfällen. So werden bspw. mehr als 2 Mio. t weniger Weizen und knapp 2 Mio. t weniger Kartoffeln durch inländische Produktion angeboten.

Die Produktionsausfälle können in direkte Beziehung zur Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln gesetzt werden. Zwei Beispiele sollen das verdeutlichen. Der durchschnittliche jährliche Verbrauch eines Einwohners Deutschlands an Weizen beträgt etwas mehr als 82,1 kg, bei Kartoffeln sind das 69,5 kg (FAO, 2011). Bei 81,8 Mio. Einwohnern (Destatis, 2011a) entspricht das einer Nahrungsmittelnachfrage von 6,72 Mio. t Weizen bzw. 5,69 Mio. t Kartoffeln. Es zeigt sich, dass z. B. beim Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ diese Nachfrage nicht mehr ausreichend bedient werden kann. Der berechnete Rückgang bei Weizen entspricht sogar fast dem Doppelten der Nahrungsmittelnachfrage. Selbst im Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ würde mehr als ein Drittel der Nahrungsmittelnachfrage im Inland nicht mehr bedient werden können, wenn allein auf Fungizide verzichtet werden würde.

Ohne Zweifel kann sich Deutschland als reiches Land diese Mengen ggf. auf den Weltmärkten beschaffen, doch dort fehlt dann die entsprechende Menge, um die Nahrungsmittelversorgung anderswo sicherstellen zu können. Bei einem durchschnittlichen täglichen Verbrauch je Welteinwohner von 181 g Weizen und 87 g Kartoffeln (FAO, 2011) bedeutet ein Verlust, wie im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ ausgewiesen, von 12,1 Mio. t Weizen, dass 184 Mio. Menschen nicht adäquat versorgt werden können; bei Kartoffeln wären es 155 Mio. Menschen. Selbst im Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ sind die Effekte hinsichtlich der Sicherstellung einer ausreichenden Versorgung der Weltbevölkerung immer noch dramatisch: Der analysierte Rückgang bei Weizen würde kalkulatorisch zu einem Wegfall der globalen durchschnittlichen Versorgungsbasis für 35 Mio. Menschen führen. Im Hinblick auf Kartoffeln würde ein Äquivalent von sogar 60 Mio. Menschen nicht versorgt, immer vorausgesetzt, die berechneten Mengen gingen allein zu Lasten der Nahrungsmittelversorgung.

Geringer sind die Mengenwirkungen auf der Nachfrageseite. Das liegt daran, dass auf dieser Marktseite lediglich der Preiseffekt wirkt und die Nachfragekurve selbst nicht verschoben wird (vgl. Abbildung 5). Der höhere Preis bei Wegfall des konventionellen Landbaus bzw. einer Nicht-Applikation von Fungiziden führt zu vergleichsweise kleinen Einschränkungen im Verbrauch. Diese sind in der Abbildung 8 ausgewiesen und oft so gering, dass sie im dargestellten Format nicht zu Buche schlagen; dennoch: sie sind vorhanden.

**Abbildung 8: Nachfrageeffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft**

Landwirtschaftliche Kulturart	Konventionell vs. ökologisch (Umstellung auf ökologisch)		Mit vs. ohne Fungizide (Wegfall der Fungizide)	
	relativ (in %)	absolut (in Mio. t)	relativ (in %)	absolut (in Mio. t)
Weizen	-2	-0,4	0	-0,1
Körnermais	0	0,0	0	0,0
Anderes Getreide	-1	-0,2	0	0,0
Raps	-4	-0,3	-1	0,0
Kartoffeln	-1	-0,2	0	0,0
Zuckerrüben (Rohzucker)	0	0,0	0	0,0

Quelle: Eigene Berechnungen.

Diskrepanzen zwischen Angebot und Nachfrage werden über den Außenhandel überbrückt. Die teilweise drastischen Rückgänge im Angebot bei gleichzeitig nur geringen Einschränkungen in der Konsumtion führen zu bedeutsamen Veränderungen im Agraraußenhandel. Diese Veränderungen können mit der Abbildung 9 nachvollzogen werden.

**Abbildung 9: Handelseffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft**

Landwirtschaftliche Kulturart	Konventionell vs. ökologisch (Umstellung auf ökologisch)		Mit vs. ohne Fungizide (Wegfall der Fungizide)	
	vor der Umstellung	nach der Umstellung	vor der Umstellung	nach der Umstellung
Weizen	4,0	-7,7	4,0	1,8
Körnermais	-1,3	-3,2	-1,3	-1,3
Anderes Getreide	2,5	-5,7	2,5	0,8
Raps	-1,5	-3,0	-1,5	-1,7
Kartoffeln	1,9	-2,9	1,9	0,0
Zuckerrüben (Rohzucker)	0,3	-0,4	0,3	0,2

Quelle: Eigene Berechnungen.

Deutschland ist ein wichtiger Akteur auf den Weltagarmärkten und zählt bei vielen wichtigen landwirtschaftlichen Kulturarten bereits zu den großen Nettoagrарimporteuren (von Witzke und Noleppa, 2011). Die Agrарhandelsbilanz Deutschlands würde bei einem Wegfall der Fungizide bzw. erst recht bei einer flächendeckenden Umstellung auf den ökologischen Landbau noch schlechter, wie die Zahlen zeigen. Unter der Prämisse eines vollständigen ökologischen Landbaus würde Deutschland selbst bei den Ackerkulturen, die man heute noch netto exportiert, z. B. Weizen, anderes Getreide und Kartoffeln, eine negative Agrарaußenhandelsbilanz ausweisen.

Das hat enorme Konsequenzen für den weltweiten Ressourcenschutz, denn schon heute beansprucht Deutschland in anderen Teilen der Welt ein Flächenareal von netto fast 7 Mio. ha für die Produktion von Agrарrohstoffen (von Witzke und Noleppa, 2011). Allein die Verschlechterung der Handelsbilanz bei Weizen dürfte bei Zugrundelegen unveränderter regionaler Handelsströme im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ zu einer Zunahme von mehreren Mio. ha führen. Es wird offensichtlich, dass man in der Summe dann sehr bald in eine Situation geraten könnte, bei der die Flächeninanspruchnahme in anderen Teilen der Welt größer werden würde, als die eigene Flächenausstattung: in etwa stehen in Deutschland 17 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche zur Verfügung.

Die potenzielle Verschlechterung der Agrарhandelsbilanz durch Verzicht auf modernen Pflanzenschutz, ob nun ganz oder teilweise, hat aber noch andere gravierende Folgen. Damit wird die Knappheit auf den Weltagarmärkten vergrößert. Das führt zu noch volatileren Märkten (von Witzke und Noleppa, 2011b) und begünstigt eine Zunahme der Unsicherheit.

### 4.3 Wohlfahrtseffekte

Die aufgezeigten Preis- und Mengenänderungen führen zu monetären Effekten auf den Agrарmärkten, die wiederum zu Veränderungen der sozialen Wohlfahrt ( $\Delta W$ ) führen. Betroffen sind davon sowohl Produzenten ( $\Delta PR$ ) und Konsumenten ( $\Delta KR$ ), jedoch in ungleichem Maß, wie Abbildung 10 offenlegt.

Neben den pflanzlichen Märkten, bei denen zu den beiden Szenarien Änderungen im Pflanzenschutz implementiert wurden, sind in dieser Abbildung auch die Auswirkungen auf die anderen pflanzlichen Märkte sowie die Märkte für Tierprodukte zusammengefasst dargestellt. In der Tat haben sich auch auf den Märkten, etwa für Soja, andere Ölsaaten und Körnerleguminosen, für Rind- und Schweinefleisch, für Milch und Eier, die Preise und Mengen geändert. Die Änderungen sind zwar nur gering, jedoch beeinflussen sie die Wohlfahrt, etwa indem – wie ersichtlich –

Konsumenteneffekte bei den Futtergetreidearten und Ölsaaten vor allem über die tierischen Märkte, d. h. die Nachfrage nach Futtermitteln und Veredlung derselben, wirksam werden.

**Abbildung 10: Wohlfahrtseffekte durch flächendeckenden ökologischen Landbau bzw. Wegfall von Fungiziden in der deutschen Landwirtschaft (in Mio. EUR)**

Landwirtschaftliche Kulturart	Konventionell vs. ökologisch (Umstellung auf ökologisch)			Mit vs. ohne Fungizide (Wegfall der Fungizide)		
	$\Delta W$	$\Delta PR$	$\Delta KR$	$\Delta W$	$\Delta PR$	$\Delta KR$
Weizen	-1 861,9	-1 860,0	-1,9	-342,5	-342,1	-0,4
Körnermais	-159,0	-159,0	0,0	0,5	0,5	0,0
Anderes Getreide	-836,7	-836,8	0,0	-166,2	-166,2	0,0
Raps	-261,4	-261,4	0,0	-39,3	-39,3	0,0
Kartoffeln	-699,0	-647,6	-51,4	-265,0	-245,3	-19,7
Zuckerrüben (Rohzucker)	-191,2	-183,7	-7,5	-47,5	-45,8	-1,7
Andere Kulturpflanzen	-2,4	-3,0	0,6	0,2	0,1	0,1
Tierprodukte	-74,9	29,7	-104,6	-13,4	4,6	-18,0
<b>Gesamt</b>	<b>-4 086,5</b>	<b>-3 921,8</b>	<b>-164,7</b>	<b>-873,2</b>	<b>-833,5</b>	<b>-39,7</b>

Quelle: Eigene Berechnungen.

Ersichtlich wird, dass eine flächendeckende Umstellung auf den ökologischen Landbau massive Wohlfahrtsverluste von über 4 Mrd. EUR mit sich bringen würde. Der Wegfall von Fungiziden würde immerhin noch zu einem Wohlfahrtsverlust von über 870 Mio. EUR führen. Zu beachten ist dabei, dass die dieser Änderung zugrunde liegenden abgeleiteten Ertragsunterschiede bei einem Wegfall von Fungiziden als konservativ einzuschätzen sind (vgl. Argumentation weiter oben). Positiv ausgedrückt: Pflanzenschutz schafft in Deutschland Wohlfahrt in Größenordnungen von etwa 1 bis über 4 Mrd. EUR, je nachdem, welche konkreten Pflanzenschutzmaßnahmen ins Kalkül gezogen werden. Das ist die eigentliche gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes!

Diese kann mit anderen Studienergebnissen verglichen werden. Bereits weiter oben wurde ausgeführt, dass Rickard (2010) für Großbritannien enorme volkswirtschaftliche Kosten in einer Größenordnung von 70 Mrd. GBP, d. h. ca. 60 Mrd. EUR berechnet hat. Der Berechnung lag aber ein weltweiter Verzicht auf Pflanzen-

schutz zugrunde. Da die genaue Syntax der Modellrechnungen unklar bleibt, ist ein Vergleich schwierig. Jedoch stimmen die Proportionen, weil Rickard (2010) Preissteigerungen von etwa 40 % impliziert; hier wurden demgegenüber im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ Preiseffekte von 1-5 % bei den Hauptackerkulturen berechnet.

Treffender ist ein Vergleich mit den Daten und Ergebnissen von Schmitz et al. (2010). Die Autoren kommen für Deutschland bei Szenarien, die hinsichtlich der Ertragswirkungen in etwa dem Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ entsprechen, auf Wohlfahrtsverluste von über 3 Mrd. EUR für die EU. Betrachtet man Deutschland als große Volkswirtschaft innerhalb der EU, die auch maßgeblich an der Wertschöpfung im Agrarbereich mitwirkt, erscheinen die eigenen Ergebnisse also plausibel, zumal da wie bei Schmitz et al. (2010) der Anteil der Änderung der Konsumentenrente an der Gesamtwohlfahrtsänderung bei unter 5 % liegt, und dort die Änderung der Produzentenrente den Großteil der Wohlfahrtsänderung ausmacht.

Wohlfahrtsverluste von 870 Mio. EUR bzw. 4,1 Mrd. EUR sind zunächst einmal nur abstrakte Fakten. Ein Abgleich mit anderen Daten zeigt, wie „groß“ diese Verluste, gemessen an volkswirtschaftlichen Realitäten, sind. So lag die Nettowertschöpfung der Landwirtschaft in den zurückliegenden beiden Jahren bei ca. 12 Mrd. EUR (BMELV, 2011a). Gemessen daran betragen die ausgewiesenen Wohlfahrtsverluste bis zu einem Drittel. Berichtigt man diese Kalkulation um aktuelle Subventionstatbestände der Landwirtschaft, dann ergibt sich ein noch drastischeres Bild: WIFO (2010) zufolge entsprach das Faktoreinkommen der Landwirtschaft Deutschlands in den Jahren 2007-2009 13,3 Mrd. EUR, davon waren 6,5 Mrd. EUR Subventionen. Folglich entspricht das am Markt generierte Faktoreinkommen, anders gesagt: der entsprechende Marktbeitrag der Landwirtschaft zur Nettowertschöpfung des Landes, noch 6,8 Mrd. EUR. Im Vergleich dazu sind die Verluste, die ja ausschließlich als Marktverluste hergeleitet wurden, mit etwa 13 % im Szenario „Mit vs. ohne Fungizide“ und ca. 60 % im Szenario „Konventioneller vs. ökologischer Landbau“ als außerordentlich hoch einzuschätzen.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die deutsche wie die internationale Agrarwirtschaft stehen vor immensen Herausforderungen. Das anhaltende Wachstum der Weltbevölkerung, veränderte Ernährungsgewohnheiten der Menschen, eine zusätzliche Nachfrage nach agrarischen



Rohmaterialien nicht nur als Nahrungs- und Futtermittel, sondern auch für die Energiegewinnung und als Substitut für chemische und andere Rohstoffe, zunehmende Knappheit bei Wasser und landwirtschaftlicher Nutzfläche, allgemein steigende Energie- und Rohstoffpreise und nicht zuletzt der Klimawandel sind nicht nur temporäre Tendenzen, die die aktuelle Diskussion um die Zukunft der Agrarmärkte bestimmen, sondern grundlegende Trends, die die Entwicklung der Landwirtschaft und der mit ihr verbundenen Sektoren in den nächsten Jahren und Jahrzehnten nachhaltig beeinflussen werden (von Witzke et al., 2008; Schwarz et al., 2011; Foresight, 2011).

Diese Entwicklungen werden nachhaltig zu deutlich höheren Agrarpreisen führen – darauf weisen zahlreiche Analysen hin (z. B. Tweeten und Thompson, 2008; von Witzke et al., 2008; 2009; Europäische Kommission, 2011; Schwarz et al., 2011) – und noch größere Problemen bei der Sicherung der Welternährung bereiten (FAO, 2009). Vor diesem Hintergrund sollen die folgenden drei wesentlichen Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Pflanzenschutz hat in Deutschland eine außerordentlich hohe gesamtwirtschaftliche Bedeutung. Diese äußert sich zum einen in höheren Flächenerträgen in der Pflanzenproduktion und zum anderen in tendenziell geringeren Preisen. Beides führt dazu, dass sich die soziale Wohlfahrt in Deutschland substanziell erhöht. Davon profitieren alle Marktteilnehmer, nicht nur die landwirtschaftlichen Produzenten, sondern auch die landwirtschaftliche Rohstoffe abnehmenden Verarbeiter, Vermarkter und die finalen Konsumenten.
2. Nicht nur Deutsche profitieren davon. Höhere Erträge sichern auch die globale Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigen Nahrungs- und Futtermitteln. Damit wird ein offensichtlich wichtiger Beitrag zur Sicherstellung der Welternährung geleistet. Ohne Pflanzenschutz in Deutschland würden durch das Land trotz dann relevanter Preissteigerungen beachtliche Agrarhandelsmengen absorbiert, die so nicht für andere Verwendungen, etwa zur Sicherstellung einer ausreichenden Ernährung in weniger zahlungskräftigen Entwicklungsländern, zur Verfügung stehen. Pflanzenschutz in Deutschland erweitert also die Agrarhandelsvolumina, und das schafft größere Märkte, die auch weniger anfällig sind gegenüber Preisfluktuationen. Pflanzenschutz wird so zu einem stabilisierenden Faktor auf den Weltagrarmärkten.
3. Die Debatte zu den empfundenen Risiken des Pflanzenschutzes bedarf angesichts der in modernen Herbiziden, Insektiziden und Fungiziden begründeten gravierenden positiven Effekte einer Versachlichung. Pflanzenschutz sichert zunächst einmal Leben. Diesen faktischen Nutzen gilt es verstärkt zu kommunizieren; die gesellschaftliche Diskussion um das Für und Wider von Pflanzenschutz muss hier neue Schwerpunkte setzen. Im Mindesten erscheint

eine Abwägung von empfundenen Risiken des Einsatzes gegenüber realen Risiken des Nichteinsatzes von Pflanzenschutzmitteln angeraten.

Abschließend soll auf eine Einlassung zum Anfang dieses Berichts zurückgekommen werden. Es wurde dort die These zur Diskussion gestellt, dass gesamtwirtschaftliche Weiterentwicklung und Wohlstand, Bekämpfung des Klimawandels und Ernährungssicherung, Ressourcennutzung und -schutz keine Zielkonflikte darstellen, wenn Pflanzenschutz zielgerichtet ermöglicht und sachgemäß betrieben wird. Wenngleich sich diese These auf das Gesamtvorhaben und nicht nur auf das hier im Vordergrund stehende Modul 1 zu den Markteffekten von insgesamt vier Modulen bezieht, kann zum jetzigen Zeitpunkt schon geschlussfolgert werden, dass viele der in der These genannten Nutzenbeiträge offensichtlich erbracht werden. Im Besonderen konnte gezeigt werden, dass von einem angemessenen Pflanzenschutz wichtige wirtschaftliche Impulse im Sektor Landwirtschaft ausgehen, die die gesamte Volkswirtschaft betreffen und deren Wohlstand mehren. Zugleich wird damit ein wesentlicher Beitrag zur Ernährungssicherung – quantitativ und qualitativ – geleistet. Ohne die hohen Flächenerträge durch angemessenen Pflanzenschutz würden mehr Menschen hungern bzw. unterversorgt sein. Dies könnte man freilich durch die Inanspruchnahme zusätzlicher Agrarflächen zu kompensieren versuchen; allein steht zu erwarten, dass dies zu Lasten der Klimabilanz und der globalen Biodiversität gehen würde. Wie diese Effekte auf den Klimawandel und die Ressourcennutzung bzw. den Ressourcenschutz aussehen, soll in der nächsten Phase herausgearbeitet werden. Es wird erwartet, dass weitere wichtige Zielbeiträge modernen Pflanzenschutzes identifiziert werden können.

## Literaturverzeichnis

- Berry, P.M.; Kindred, D.R.; Paveley, N.D. (2008): Quantifying the effects of fungicides and disease resistance on greenhouse gas emissions associated with wheat production. In: *Plant Pathology* 2008, p. 1-9.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2011a): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2011. Bonn: BMELV.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2011b): Buchführung der Testbetriebe: Grundlagen zur BMELV-Testbetriebsbuchführung. Bonn: BMELV.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (verschiedene Jahrgänge): Buchführung der Testbetriebe: Haupterwerbsbetriebe des ökologischen Landbaus nach Betriebsformen im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben. Bonn: BMELV.
- Cagatay, S.; Saunders, C; Wreford, A. (2003): Lincoln Trade and Environment Model (LTEM): Linking trade and environment. Agri-business and Economics Research Unit Research Papers No. 263, Lincoln: Lincoln University.
- Chiang, A.C.; Wainwright, K. (2005): Fundamental methods of mathematical economics. 4<sup>th</sup> international edition, New York, McGraw-Hill.
- Cooper, J.; Dobson, H. (2007): The benefits of pesticides to mankind and the environment. In: *Crop Protection* 2007, doi:10.1016/j.cropro.2007.03022.
- Cramer, H.H. (1967): Plant protection and world crop production. In: *Bayer Pflanzenschutznachrichten* 20, p. 1-524.
- Destatis (2011a): Bevölkerungsstand. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2011b): Landwirtschaftliche Bodennutzung: Anbau auf dem Ackerland. Vorbericht 2011 der Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- DeVilliers, S.M.; Hoisington, D.A. (2011): The trends and future of biotechnology crops for insect pest control. In: *African Journal of Biotechnology* 10, p. 4677-4681.
- EC (European Commission) (2011): Prospects for agricultural markets and income in the European Union 2010-2020. Brussels: EC.
- EC (European Commission) (2010): Farm Accountancy Data Network: An A to Z of methodology. Brussels: EC.
- Europäische Kommission (2011): Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und

- Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Brüssel: Europäische Kommission.
- Eurostat (2011): Statistics database: agricultural statistics. Luxembourg: Eurostat.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2011): FAOSTAT statistical database. Rome: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2009): How to feed the world in 2050. Rome: FAO.
- FAPRI (Food and Agricultural Policy Research Institute) (2011): FAPRI 2010 U.S. and world agricultural outlook database. Ames, IA: FAPRI.
- Feldman, A.M. (2008): Welfare economics. In: Durlauf, S.N.; Blume, L.E. (eds.): The New Palgrave: a dictionary of economics. Volume 4, p. 889–95. New York: Palgrave MacMillan.
- Foresight (2011): The future of food and farming: Final project report. London: The Government Office for Science.
- Francois, J.F.; Reinert, K.A. (1997): Applied methods for trade policy analysis. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gutsche, V. (2011): Managementstrategien des Pflanzenschutzes im Pflanzenbau im Focus von Umweltverträglichkeit und Effizienz. Kleinmachnow: JKI.
- Hartmann, M.; Schmitz, P.M. (1994): The economic implications of chemical use restrictions in agriculture. Working paper # 94-6. Frankfurt: Johann Wolfgang Goethe University.
- Heitefuss, R. (2000): Pflanzenschutz: Grundlagen der praktischen Phytomedizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Jechlitschka, K.; Kirschke, D.; Schwarz, G. (2007): Microeconomics using Excel. Milton Park: Routledge.
- Kazlauskiene, N.; Meyers, W. (2003): Implications of EU accession for trade regimes and trade flows of CEECs. Paper presented at the International Conference “Agricultural Policy Reform and the WTO: Where are we Heading?”. Capri, June 23-26, 2003.
- Kazlauskiene, N.; Meyers, W. (1993): Modeling agricultural markets for policy and trade analysis in Lithuania. Baltic Report No. 93-BR13. Vilnius: Lithuanian Institute of Agrarian Economics.
- Keating, A.; Handmer, J. (2011): Options for assessing the cost of climate change for adaptation policy in Victoria. Melbourne: RMIT University.
- Knight, B.; Turner, R. (2009): Report on economic, financial and market studies to demonstrate the economic value of research carried out by Rothamsted Research. Topic no. 1: agrochemical resistance – fungicides in combinable crops in the UK. Burwell: Innovation Management.

- Knutson, R.D. (1999): Economic impacts of reduced pesticide use in the United States: measurement of costs and benefits. AFPC Policy Issues paper 99-2, College Station, TX: Texas A&M University.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2008): Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09. Darmstadt: KTBL.
- Lawrence, D. (2010): Sustainably feeding the world: plant improvement. Paper presented at the Society for Experimental Biology Conference September 2010. London: SEB.
- Ledebur, E.O. (2001): Der Agraraußenhandel der MERCOSUL Länder – Handelsliberalisierung, regionale und überregionale Integration. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.
- Lomborg, B. (2001): The skeptical environmentalist: measuring the real state of the world. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mas-Colell, A.; Whinston, M.D.; Green, J.R. (1995): Microeconomic theory. New York: Oxford University Press.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development); FAO (Food and Agriculture Organization) (2011): OECD-FAO agricultural outlook 2011-2020. Paris: OECD.
- Oerke, E.C.; Dehne, H.W.; Schonbeck, F.; Weber, A. (1994): Crop protection and crop protection estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam: Elsevier Science.
- Oerke, E.C.; Dehne, H.W. (2004): Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. In: Crop Protection 23, p. 275-285.
- Oerke, E.C. (2006): Crop losses to pests. In: Journal of Agricultural Science 144, p. 31-43.
- Orum, J.E.; Jorgensen, L.N.; Jensen, P.K. (1999): Farm economic consequences of a reduced use of pesticides in Danish agriculture. Copenhagen: Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics.
- Pimentel, D. (1978): Socio-economic and legal aspects of pest control. In: Smith, E.H.; Pimentel, D. (eds.): Pest control strategies: New York: Academic Press.
- Rickard, S. (2010): The value of crop protection: an assessment of the full benefits for the food chain and living standards. Hampton: Crop Protection Association.
- Riffel, M.; Dietzen, C.; Künast, C.; Day, P.; Schiansky, J. (2009): Agriculture and biodiversity. Brussels: ELO.
- Roningen, V.; Sullivan, F.; Dixit, P. (1991): Documentation of the Static World Policy Simulation (SWOPSIM) modeling framework. ERS staff report no. AGES 9151. Washington D.C.: USDA.
- Roningen, V. (1986): A static world policy simulation (SWOPSIM) modeling framework. ERS Staff Report AGES 860625. Washington, DC: USDA.

- Sadoulet, E.; de Janvry, A. (1995): Quantitative development policy analysis. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Samuelson, P.A. (1983): Welfare economics. In: Samuelson, P.A. (ed.): Foundations of economic analysis. Cambridge, MA: Harvard University Press, p. 203–253.
- Saunders, C.; Wreford, A. (2005): Agricultural trade liberalisation and greenhouse gas emissions: modeling the linkages using a partial equilibrium trade model. In: Agricultural and Resource Economics Review 42, S. 32-41.
- Schmitz, P.M. (2011): Agro-economic analysis of the use of glyphosate in Germany. Giessen: Institute for Agribusiness.
- Schmitz, P.M.; Matthews, A.; Keudel, N.; Schröder, S.; Hesse, J.W. (2010): Restricted availability of azole-based fungicides: impacts on EU farmers and crop agriculture. Giessen: Institute for Agribusiness.
- Schwarz, G.; von Witzke, H.; Noleppa, S. (2011): Impacts of future energy price and biofuel production scenarios on international crop prices, production and trade. In: Schmitz, A., Wilson, N. (eds.): Economics of alternative energy sources and globalization. Oak Park, IL: Bentham Science Publishers.
- Sexton, S.E.; Lei, Z.; Zilberman, D. (2007): The economics of pesticides and pest control. In: International Review of Environmental and Resource Economics 2007, p. 271-326.
- Soliman, T.; Mourits, M.C.M.; Oude Lansink, A.G.J.M.; van der Werf, W. (2010): Economic impact assessment in pest risk analysis. In: Crop Protection 29, p. 517-524.
- Tweeten, L.; Thompson, S.R. (2008): Long-term agricultural output-supply-demand balance and real farm and food prices. Working paper AEDE-WP 0044-08. Columbus, OH: Ohio State University.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2011): USDA agricultural projections to 2020. Washington, DC: USDA.
- von Witzke, H.; Noleppa, S. (2011a): Fleisch frisst Land: Ernährung, Fleischkonsum, Flächenverbrauch. Berlin: WWF Deutschland.
- von Witzke, H.; Noleppa, S. (2011b): The economics of Rumpelstiltskin. Why speculation is not a prime cause of high and volatile international agricultural commodity prices: an economic analysis of the 2007-08 price spike. Berlin: HFFA.
- von Witzke, H.; Noleppa, S.; Schwarz, G. (2011): The European Union's virtual 'land grab' of agricultural trade in 2010: the conflicting impacts of productivity and animal protein production. Berlin: agripol GbR.
- von Witzke, H.; Noleppa, S.; Schwarz, G. (2009): Global agricultural market trends revisited: the roles of energy prices and biofuel production. Working Paper 89/2009. Berlin: Humboldt University of Berlin.

von Witzke, H.; Noleppa, S.; Schwarz, G. (2008): Global agricultural market trends and their impacts on European Union agriculture. Working Paper 84/2008. Berlin: Humboldt University of Berlin.

Webster, J.P.G.; Bowles, R.G.; Williams, N.T. (1999): Estimating the economic benefits of alternative pesticide usage scenarios: wheat production in the United Kingdom. In: Crop Protection 18, p. 83-89.

WIFO (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung) (2010): EU-Agrarsubventionen tragen wesentlich zum Agrareinkommen in den einzelnen Ländern bei. Wien: WIFO.

Yudelman, M.; Ratta, A.; Nygaard, D. (1998): Pest management and food production: looking to the future. Washington, DC: IFPRI.

Zilberman, D. (1999): Pesticide economics. Berkeley, CA: University of California.

## Anhang zur Ausgestaltung der Modellroutinen

Das genutzte Modell basiert auf den Prinzipien des so genannten „VORSIM modeling framework“ bzw. dessen Vorgängers, dem „Static World Policy Simulation Modeling Framework“ (vgl. Roningen, 1986; Roningen et al., 1991), welche durch Jechlitschka et al. (2007) weiter entwickelt wurden.

Das Modell nutzt isoelastische Cobb-Douglas-Funktionen zur Abbildung von Angebot und Nachfrage auf den Agrarmärkten, wie sie in Chiang und Wainwright (2005) detailliert beschrieben sind. Angebots- und Nachfragefunktionen vom Typ Cobb-Douglas werden in der partiellen Gleichgewichtsmodellierung von Agrarmärkten weit verbreitet genutzt (vgl. z.B. Ledebur, 2001). Dabei wird jeder Markt mit den anderen Märkten über Kreuzpreiselastizitäten verbunden. Dies ermöglicht die Abbildung eines konsistenten Systems von Gleichungen und erfüllt die notwendigen Homogenitäts- und Symmetriebedingungen (Chiang und Wainwright, 2005).

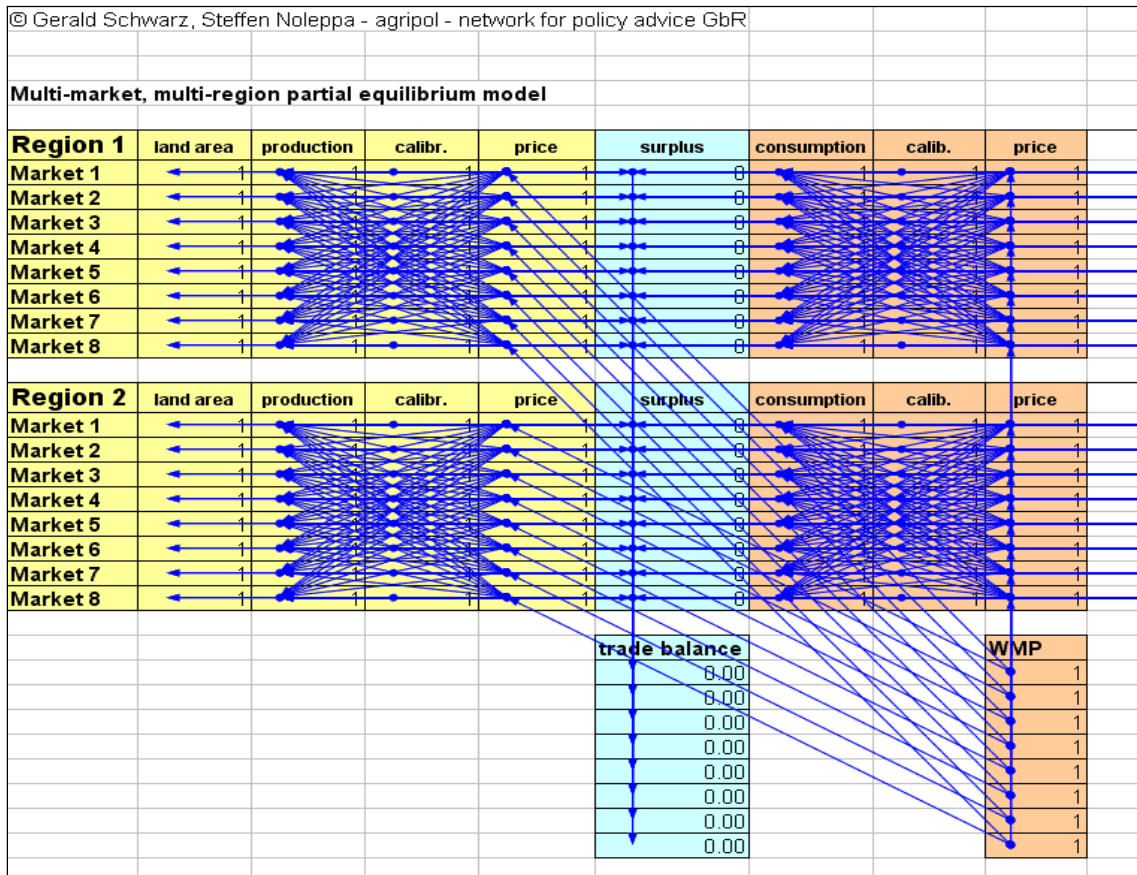
Das Modell ist statisch und nimmt an, dass inländische und ausländische Güter perfekte Substitute sind. Internationaler Handel ist dann die Differenz aus Angebot und Nachfrage in jeder abgebildeten Region. Geschlossen wird das Modell durch die Annahme eines Marktgleichgewichts. Die Handelsströme werden also so kalibriert, dass das globale Angebot (über alle Regionen) genau der weltweiten Nachfrage eines Produkts entspricht, d.h. alle Märkte bei den herrschenden Preisen „geräumt“ werden.

Diese Verbindungen von Märkten und Regionen über Elastizitäten und Handelsströme kreieren ein sehr komplexes System mit einer Vielzahl von Funktionen, welche in der Kalibrierung des Modells (und nach Schocks) simultan gelöst werden müssen, um ein Marktgleichgewicht zu finden. Die Abbildung A.1 stellt diese Komplexität bzw. „trace precedents“ anschaulich dar, wobei der besseren Übersicht wegen lediglich ein Zwei-Regionen-Acht-Markt-Modell illustriert wird. Die Komplexität steigt bei der hier zugrunde gelegten Anzahl von Regionen und Märkten entsprechend an.

Im Folgenden sollen die Modellspezifikationen im Detail beschrieben werden. Die Nachfrageseite des Modells spiegelt das Verhalten der Konsumenten wider. Demnach richtet sich die nachgefragte Menge eines Produktes zunächst nach dem Preis des Produkts und den Preisen von Substituten. Unter Beachtung von Kalibrierungsfaktoren und Eigen- sowie Kreuzpreiselastizitäten ergibt sich die Spezifikation der Nachfragefunktion dann nach von Witzke et al. (2008) wie im Folgenden mit Gleichung (A.1) beschrieben:



**Abbildung A.1: Komplexität des entwickelten Modellansatzes**



Quelle: Eigene Darstellung.

$$(A.1) \quad q_{l,g}^d(p_{l,g}^d) = a_{l,g} \cdot p_{l,g}^d \wedge \varepsilon_{l,g}^d \cdot \prod_{m=1}^w (p_{lm}^d) \wedge \varepsilon_{lm}^d$$

mit:

i = Produkt i,

m, ..., w = Kreuzprodukte (Komplementärgüter, Substitute) m bis w,

g = Modellregion g,

$q_{l,g}^d$  = Nachfragemenge für das Produkt l in der Region g,

$a_{l,g}$  = Konstanter Parameter (Kalibrierungsfaktor) der Nachfrage,

$p_{l,g}^d$  = Nachfragepreis für das Produkt l in der Region g,

- $\varepsilon^{d,l,g}$  = Eigenpreiselastizität der Nachfrage für das Produkt  $l$  in der Region  $g$ ,
- $\rho^{d,lmg}$  = Kreuzpreiselastizitäten für die Produkte  $m=1, \dots, w$  in der Region  $g$ ,
- $\varepsilon^{d,lmg}$  = Kreuzpreise (Nachfrage) für die Produkte  $m=1, \dots, w$  in der Region  $g$ .

Der Kalibrierungsfaktor  $a_{l,g}$  wird dabei so gewählt, dass zu einem bestimmten Referenzzeitpunkt, für den die Werte der anderen Bestandteile der Gleichung (A.1) bekannt sind, die Nachfrage konkret berechnet werden kann. Variationen des Kalibrierungsfaktors, wie sogleich mit der Angebotsfunktion thematisiert, können dann genutzt werden, um weitere Determinanten des Verhaltens von Marktteilnehmern, wie z.B. Präferenzänderungen, abzubilden und deren Effekte auf die Nachfrage analysierbar werden zu lassen.

Im Rahmen dieser Studie ist die Modellierung des Angebots von besonderem Interesse. Ähnlich der Nachfrage ergibt sich das Angebot auf einem Markt aus dem Preis des entsprechenden Gutes sowie den Preisen für relevante Komplementär-güter und Substitute. Berücksichtigt man wiederum Kalibrierungsfaktoren und Eigen- sowie Kreuzpreiselastizitäten, dann ergibt sich die Angebotsfunktion wie im Folgenden mit Gleichung (A.2) beschrieben:

$$(A.2) \quad q_{l,g}^s(p_{l,g}^s) = b_{l,g} \cdot p_{l,g}^s \wedge \varepsilon_{l,g}^s \cdot \prod_{m=1}^w (p_{lmg}^s) \wedge \varepsilon_{lmg}^s$$

mit:

- $q_{l,g}^s$  = Angebotsmenge des Produkts  $l$  in der Region  $g$ ,
- $b_{l,g}$  = Konstanter Parameter (Kalibrierungsfaktor) des Angebots,
- $p_{l,g}^s$  = Angebotspreis für das Produkt  $l$  in der Region  $g$ ,
- $\varepsilon_{l,g}^s$  = Eigenpreiselastizität des Angebots für das Produkt  $l$  in der Region  $g$ ,
- $\rho_{lmg}^s$  = Kreuzpreise (Angebot) für die Produkte  $m=1, \dots, w$  in der Region  $g$ ,
- $\varepsilon_{lmg}^s$  = Kreuzpreiselastizitäten für die Produkte  $m$  bis  $w$  in der Region  $g$ .

Auch hier wird wieder der Kalibrierungsfaktor  $b_{l,g}$  so gewählt, d.h. berechnet, dass die Angebotsfunktion dem tatsächlichen Angebot auf einem bestimmten Markt zu einem Referenzzeitpunkt entspricht. Änderungen externer Einflüsse, etwa von Ertragsschwankungen, und die Auswirkungen solcher Schocks auf das Angebot könnten dann durch direkte Adjustierungen des Kalibrierungsfaktors abgebildet werden. Jedoch hat es sich aus methodischer Sicht als sinnvoller herausgestellt, den Kalibrierungsfaktor von Schockfaktoren zu unterscheiden und so genannte

Shiftfaktoren in das Modellierungskalkül zu integrieren (siehe Jechlitschka et al., 2007).

Konkret soll in dieser Studie der Einfluss von Pflanzenschutzmaßnahmen auf die landwirtschaftliche Produktion und damit das Angebot an agrarischen Produkten durch „pivotale Drehung“, d.h. multiplikativ verknüpfte Shiftfaktoren, der Angebotsfunktion abgebildet werden. Dieser Ansatz hat sich in der partiellen Gleichgewichtsmodellierung bewährt (vgl. z.B. Kazlauskienė und Meyers, 1993; 2003; Cagatay et al., 2003). Die Implementierung von multiplikativ verknüpften Shiftfaktoren erlaubt im Besonderen, prozentuale Veränderungen infolge von Schocks – hier z.B. durch zusätzlichen Ertrag durch Pflanzenschutz – auszuweisen. Dadurch erweitert sich die Angebotsfunktion wie folgt in Gleichung (A.3) beschrieben (mit der Nachfragefunktion kann bei Bedarf ähnlich verfahren werden):

$$(A.3) \quad q_{l,g}^s(p_{l,g}^s) = b_{l,g} \cdot p_{l,g}^s \wedge \varepsilon_{l,g}^s \cdot \prod_{m=1}^w (p_{lm}^s) \wedge \varepsilon_{lm}^s \cdot \varepsilon_{l,g}^s$$

mit:

$e_{l,g}$  = Shiftfaktor des Angebots für das Produkt l in der Region g.

Die Auswahl konsistenter und zuverlässiger Daten zur Abbildung eines sinnvollen Referenzsystems für die Modellierung ist ein entscheidender Schritt hin zu einer zielgerichteten Analyse, determiniert die Auswahl doch letztendlich Qualität und Relevanz der Modellergebnisse. Das besondere Konstrukt des hier verwendeten Modells mit zahlreich abgebildeten Kulturarten und Regionen erfordert eine Vielzahl von Daten. Hauptsächliche Quellen sind Officialstatistiken und Online-Datenbanken. Um den Einfluss temporärer Marktstörungen, etwa ausgelöst durch Missernten und/oder manifestiert als vom Trend abweichende Preisausschläge, auf das Modellergebnis zu minimieren, wurden für alle wesentlichen oben skizzierten Variablen Durchschnitte über mehrere Jahre, zumeist für die zuletzt verfügbaren Informationen der drei letzten Jahre, d.h. in der Regel 2008, 2009 und 2011, gebildet.

Hierzu und zur weiteren spezifischen Ausgestaltung des Modells sei an dieser Stelle abschließend wieder auf den Haupttext verwiesen.

## **Imprint**

Der gesamtgesellschaftliche Nutzen von Pflanzenschutz  
in Deutschland

Darstellung des Projektansatzes und von Ergebnissen  
zu Modul 1: Ermittlung von Markteffekten und  
gesamtwirtschaftlicher Bedeutung

Harald von Witzke, Steffen Noleppa

Berlin, November 2011

agripol - network for policy advice GbR

c/o Dr. Steffen Noleppa

Schivelbeiner Str. 21

10439 Berlin, Germany

E-Mail: [noleppa@agripol.net](mailto:noleppa@agripol.net)

Web: [www.agripol.net](http://www.agripol.net)