

Das Problem der Welternährung: Simulationen zu Einflussfaktoren, die Bedeutung von Agrartechnologien und gesellschaftliche Einschätzungen in Deutschland

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Wilhelm Klümper,
geboren in Nordhorn

Göttingen, Oktober 2014

D7

1. Referent: Prof. Dr. Matin Qaim

2. Korreferent: Prof. Dr. Achim Spiller

Tag der mündlichen Prüfung: 13. November 2014

Zusammenfassung

Hunger ist nach wie vor ein weit verbreitetes Problem. Nach der jüngsten Schätzung der FAO hungern weltweit noch immer über 800 Mio. Menschen. Prognosen gehen davon aus, dass die Agrarproduktion bis 2050 verdoppelt werden muss, um der steigenden Nachfrage nach Agrarprodukten durch Bevölkerungswachstum, Bioenergieproduktion und sich verändernde Ernährungsgewohnheiten zu begegnen.

Unter vielen Möglichkeiten, das Welternährungsproblem zu beschreiben, wird in dieser Dissertation das Konzept der Ernährungssicherheit nach der Definition der FAO herangezogen. Ernährungssicherheit umfasst als wichtigste Aspekte die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln und den ökonomischen Zugang zu Nahrungsmitteln. Nahrungsmittelverfügbarkeit ist in erster Linie von einer global ausreichenden Produktion abhängig, der Zugang zu Nahrung von der Kaufkraft der Haushalte. Die Kaufkraft wird sowohl durch das Einkommen wie auch die Agrarpreise beeinflusst.

Die Nahrungsmittelverfügbarkeit kann vor allem durch Ertragssteigerungen erhöht werden. Sollen die Ertragssteigerungen ressourcenschonend erfolgen, muss die Produktivität der Agrarproduktion bezogen auf alle Produktionsfaktoren inkl. Umweltgütern steigen. Nur durch technische und organisatorische Innovation kann dies realisiert werden. Ertragssteigerungen in Entwicklungsländern erhöhen gleichzeitig die Einkommen von potenziell von Hunger Betroffenen. Eine Begrenzung der Nachfrage nach Agrargütern kann global in erster Linie in den Bereichen Bioenergie und Konsum tierischer Produkte erfolgen.

Simulationen können helfen, den Einfluss einzelner Faktoren der globalen Nachfrage und des Angebots nach Agrarrohstoffen und -produkten auf die Welternährungslage genauer abzuschätzen. Ein Großteil der Simulationen in der Literatur kommt mithilfe von partiellen oder allgemeinen Gleichgewichtsmodellen zu Aussagen über gehandelte Mengen und Preise oder Wohlfahrtseffekte. In dieser Arbeit wird ein einfaches partielles Gleichgewichtsmodell für den Weltmarkt für Biotreibstoffe, Fleisch und Getreide entwickelt und mit der Methode der FAO zur Schätzung der Zahl der Hungernden gekoppelt. Dies ermöglicht die Abschätzung des Einflusses verschiedener Szenarien auf die Zahl der Hungernden. Für das Referenzjahr 2011 werden Szenarien alternativer Nachfrage nach Fleisch und Biotreibstoffen simuliert, ebenso wie ein Szenario alternativer landwirtschaftlicher Produktivität in der Europäischen Union.

Die Schätzungen ergeben einen signifikanten Einfluss der simulierten Nachfrage- und Angebotsverschiebungen. Im Vergleich mit dem Status Quo führt eine Reduktion des Fleischkonsums in den OECD-Ländern um 50% zu einer Reduktion der Zahl der Hungernden um 5%. Eine

Flächenproduktivität im Getreideanbau in der EU auf dem Niveau von 1980 steigert die Zahl der Hungernden um mehr als 5%, ein Anstieg der Biotreibstoffquote in der OECD auf 10% erhöht die Zahl der Hungernden gar um 10%.

Die Durchsetzung geeigneter politischer Maßnahmen zur Verbesserung der Welternährungslage kann durch eine breite öffentliche Unterstützung beschleunigt oder erst ermöglicht werden. Über die öffentliche Meinung zu Fragen der Welternährung in Deutschland existieren bisher keine expliziten Studien. In den Themenbereichen landwirtschaftliche Produktion und Nahrungsmittelkonsum stellt das Thema Welternährung nur einen Aspekt dar, der neben Fragen nach z.B. der Lebensmittelsicherheit und Gesundheit sowie den Auswirkungen von Agrarproduktion auf Landschaft und Umwelt steht.

Hier werden Ergebnisse einer Online-Befragung zum Thema Welternährung präsentiert, die im März 2012 mit einer repräsentativen Stichprobe 1.200 deutscher Internetnutzer durchgeführt wurde. Die Befragung beinhaltet im Wesentlichen die Bewertung der Wirkung verschiedener potenzieller Ursachen der weltweiten Unterernährung, sowie Maßnahmen und Entwicklungen zu ihrer Lösung. Die Ergebnisse zeigen, dass das Thema Welthunger in erster Linie mit Merkmalen akuter (Hunger-) Krisen in Verbindung gebracht wird. Die vielversprechendsten Lösungsmaßnahmen sind in den Augen der Befragten der Ausbau des Fairen Handels, Absatzmärkte für Kleinbauern sowie ein Lebensmittelspekulationsverbot. Der intensiven Landwirtschaft in der Welt wie auch in Europa sowie insbesondere der Grünen Gentechnik wird kein Potenzial zur Lösung des Problems zugesprochen. Die Antwortmuster lassen auf die Präsenz eines Halo-Effekts mit einer Übertragung unterstellter negativer Umweltwirkungen auf das Thema Welternährung schließen.

Die Grüne Gentechnik ist eine Agrartechnologie, die potenziell zur Angebotsausweitung von Agrarprodukten genauso beitragen kann wie zu einer ressourcenschonenderen Landwirtschaft. Bisherige Anwendungen, hauptsächlich Herbizidtoleranz sowie Insektenresistenz, haben u.a. zu einer Steigerung der effektiven Erträge, einer Einsparung von Insektiziden und einer Steigerung der Profite vor allem im Baumwollanbau beigetragen. Trotz zahlreicher Belege besteht über die Auswirkungen von gentechnisch veränderten (GV) Nutzpflanzen eine anhaltende Kontroverse. Ein Großteil der europäischen Bevölkerung lehnt den Anbau ebenso ab wie einen Verzehr von Produkten aus GV-Pflanzen. Unterstellte sozio-ökonomische Auswirkungen oder Auswirkungen auf die Welternährung sind nur zwei Determinanten von vielen, die zu den Einstellungen zur Grünen Gentechnik beitragen. Zur Konsolidierung des Wissens im Bereich agronomischer sowie sozio-ökonomischer Auswirkungen von GV-Pflanzen wurde eine Meta-Analyse durchgeführt. In wissenschaftlichen Datenbanken wurden

147 Primärstudien identifiziert, die für die Meta-Analyse verwendet wurden. Die Analyse beschränkt sich auf gentechnisch veränderte Sojabohnen, Mais und Baumwolle.

Als mittlere Effekte des Anbaus von GV-Pflanzen ergibt die Meta-Analyse eine Steigerung des Ertrages um 22%, eine Reduktion der Menge der angewendeten Pflanzenschutzmittel um 37% und eine Steigerung der Profite der Bauern um 68%. Die Höhe der Effekte hängt stark von verschiedenen Faktoren ab. Die Effekte sind für alle drei genannten Variablen in Entwicklungsländern betragsmäßig größer als in Industrieländern. Auch sind die Effekte des Anbaus von GV-Pflanzen bei Erträgen und beim Pflanzenschutzmitteleinsatz betragsmäßig höher für insektenresistente Pflanzen als bei solchen mit Herbizidtoleranz.

Aus den in der Arbeit gewonnenen Erkenntnissen kann geschlussfolgert werden, dass sowohl das Nahrungsmittelangebot gesteigert als auch die Nachfrage begrenzt werden sollte. Dies verlangt eine standortangepasste Ausnutzung vorhandener und die Entwicklung neuer Technologien. Auch die Gentechnik kann einen Beitrag leisten. Der Kleinbauernsektor muss vordringlich gefördert werden. Zur Begrenzung der Nachfrage können neben der Politik, welche vor allem die Biotreibstoffnachfrage beeinflussen kann, auch Konsumenten durch Verzicht auf tierische Produkte beitragen. Dies wie auch die Durchführung effektiver politischer Maßnahmen sind auf eine unverzerrte Sichtweise der Öffentlichkeit auf das Thema Welternährung angewiesen. Dazu muss das Thema in Wissenschaftskommunikation und Bildung stärker thematisiert werden.

Summary

Hunger is still a widespread problem. According to newest estimates of the FAO, more than 800 million people are not able to fulfil their basic dietary needs. Projections estimate that the global agricultural production will have to be doubled by 2050 to meet the growing demand driven by population growth, bioenergy, and changing dietary habits.

Among many possible ways to describe the world hunger problem we choose the concept of food security according to the FAO. Food security is comprised of four pillars, the two first of which are food availability and the economic access to food. Food availability is mainly dependent on a sufficient global agricultural production; the access to food depends on the purchasing power of the households. The main determinants of purchasing power, in turn, are the household income as well as agricultural prices.

Food availability can mainly be increased through an increase in agricultural yields. In order for the yield increases to be resource conserving, the productivity of all production factors including environmental resources must be enhanced. This can only be achieved through technical and organizational innovation. Yield gains in developing countries simultaneously increase the incomes of small scale farmers who are potentially in danger of undernutrition. A limitation to global demand for agricultural commodities can foremost be achieved in the domain of bioenergy and animal products.

Simulations are a valid tool to assess the influence of certain factors of global demand and supply of agricultural commodities. In large parts, simulations use computer generated total or partial equilibrium models to assess shifts in quantities traded, prices, or welfare. In this dissertation, we develop a simple partial equilibrium model for the world market for biofuels, meat, and grains. This model is then connected to the FAO method for the estimation of the prevalence of undernutrition. This enables us to estimate the impact of different scenarios on the number of undernourished people in the world. For the year 2011, several scenarios with an alternative demand for meat or biofuels are simulated as well as one scenario with an alternative agricultural productivity in the European Union. The estimations show a significant effect of the simulated shifts in demand and supply. In comparison with the status quo, an OECD-wide reduction in meat consumption leads to a reduction in the number of undernourished people by 5%. A simulated land productivity in grain production in the EU at the level of 1980 leads to an increase in the number of undernourished people by 10%.

In order for appropriate policies concerning the world food situation to be put in place, wide public support will be necessary. So far there exists no evidence about the public opinion concerning the problem of world hunger. In the areas of agriculture and food consumption, the issue of world food

security is only one side aspect within an array of issues as food safety and health, as well as the impacts of agriculture on landscapes and the environment.

In this dissertation we present the results of an online survey concerning the issue of world hunger. The survey was carried out with a representative sample of 1,200 German internet users in March 2012. In the main parts of the survey, respondents were asked to rate different potential causes and remedies of the world hunger problem. The results show that the world hunger is mainly associated with attributes of famines and acute crises. In the view of the respondents, the most promising remedies to world hunger are an increase of Fair Trade, the creation of market outlets for smallholder farmers in developing countries, and the interdiction of speculation on agricultural commodities. Intensive agriculture in the world and also in Europe is not rated having any potential to improve world food security; the same holds true for GM (Genetically Modified) crops. The patterns of the responses suggest that there might be a halo effect whereby assumed negative consequences of intensive agriculture and genetic engineering are transmitted to the evaluation with respect to the issue of world hunger.

Genetic engineering in agriculture is a technology that can potentially help increase agricultural production and also have resource-conserving effects. Current applications, mainly insect resistance and herbicide tolerance have, among others, led to an increase in effective yields, a reduction in the application of insecticides, and an increase in farmers' profits. Despite evidence from numerous studies there is still a high level of controversy regarding the impacts of GM crops. Large parts of the European public oppose both the cultivation of GM crops and consumption of GM food. Assumed socio-economic impacts or impacts on food security are only two minor aspects of many determinants of the attitude towards this technology.

To consolidate the evidence on agronomic and economic impacts for farmers, we conducted a meta-analysis. Through keyword search in scientific databases, 147 studies were identified and used in the analysis. The meta-study is limited to results on the most widespread GM crops worldwide: soybeans, maize, and cotton.

We estimate mean effect sizes of GM crop cultivation which are an increase in yield by 22%, a reduction in pesticide quantity by 37% on average, and an increase in farmer profits by 68%. The magnitude of the effects is determined by various factors. For all three variables named above, the impact of GM crop cultivation is larger in developing than in developed countries. Yield effects as well as impacts of GM crops on pesticide quantity are relatively larger for insect resistant crops than for herbicide tolerant crops.

Danksagung

Diese Dissertation hätte ohne die Hilfe und Unterstützung vieler Menschen so nicht entstehen können. Als erstes möchte ich mich bei dem Betreuer dieser Dissertation, Prof. Dr. Matin Qaim, für die kontinuierliche Unterstützung und Motivation bedanken. Ich danke Dr. Jonas Kathage für die Mitwirkung an einem Teil dieser Arbeit. Weiterhin sei Prof. Dr. Achim Spiller als Zweitbetreuer an dieser Stelle ebenso gedankt wie Prof. Dr. Meike Wollni für ihre Bereitschaft als Prüferin zu fungieren. Ich bedanke mich auch bei allen Kolleginnen und Kollegen am Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung sowie meinen Mitdoktoranden in der Arbeitsgruppe für die Begleitung in den drei Jahren der Arbeit an dieser Dissertation.

An der Zusammenstellung des Meta-Datensatzes haben im Rahmen ihrer Masterarbeit Sinja Buri, Tingting Xu und Gah Visas mitgewirkt. Sie verdienen meine Dankbarkeit für ihre gewissenhafte und unermüdliche Kleinarbeit.

Die Finanzierung meiner Forschung über die letzten drei Jahre wurde unter anderem sichergestellt durch die Heinz-Lohmann-Stiftung, das deutsche Ministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) sowie durch das Siebte Rahmenprogramm der Europäischen Union. Allen sei an dieser Stelle gedankt.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Freunden und insbesondere meiner Freundin und meiner Familie für die Begleitung auf dem Weg hierher bedanken.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	I
SUMMARY	IV
DANKSAGUNG	VI
INHALTSVERZEICHNIS	VII
TABELLENVERZEICHNIS / TABLE OF TABLES	X
ABBILDUNGSVERZEICHNIS / TABLE OF FIGURES	XI
ANHANGSVERZEICHNIS / TABLE OF APPENDICES.....	XIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS / TABLE OF ABBREVIATIONS.....	XIII
1 GENERELLE EINLEITUNG	1
1.1 HINTERGRUND.....	2
1.1.1 <i>Die Welternährungslage</i>	<i>2</i>
1.1.2 <i>Zur Natur des Welternährungsproblems</i>	<i>3</i>
1.1.3 <i>Grüne Gentechnik</i>	<i>6</i>
1.2 FRAGESTELLUNG	7
1.2.1 <i>Simulationen</i>	<i>7</i>
1.2.2 <i>Wahrnehmung der Welternährung durch die Öffentlichkeit</i>	<i>7</i>
1.2.3 <i>Auswirkungen der Grünen Gentechnik</i>	<i>8</i>
1.3 FORSCHUNGSZIELE UND AUFBAU DER ARBEIT	8
2 TRENDS UND PERSPEKTIVEN FÜR DIE WELTERNÄHRUNG BIS 2050	11
2.1 EINLEITUNG	12
2.2 AGRARPREISE UND HUNGER.....	14
2.3 LANGFRISTIGE TRENDS	17
2.3.1 <i>Nachfrageentwicklungen.....</i>	<i>17</i>
2.3.2 <i>Entwicklungen des Angebots</i>	<i>18</i>
2.4 LÖSUNGSANSÄTZE.....	21
2.4.1 <i>Bremmung der Nachfrage</i>	<i>22</i>
2.4.2 <i>Steigerung der Agrarproduktion.....</i>	<i>24</i>
2.4.3 <i>Armutssreduktion, Kleinbauern und ländliche Entwicklung</i>	<i>30</i>

2.4.4	<i>Komplementarität und Endogenität politischer Maßnahmen</i>	33
2.5	FAZIT	34
3	SIMULATIONEN ZU EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE WELTWEITE UNTERERNÄHRUNG	36
3.1	EINLEITUNG	37
3.2	HINTERGRUND.....	39
3.2.1	<i>Fleischkonsum</i>	39
3.2.2	<i>Biotreibstoffe</i>	40
3.2.3	<i>Landwirtschaftliche Produktivität in Europa</i>	40
3.3	METHODIK.....	41
3.3.1	<i>Partielles Gleichgewichtsmodell</i>	41
3.3.2	<i>Die FAO-Methode</i>	44
3.4	SZENARIENFORMULIERUNG UND ERGEBNISSE	44
3.4.1	<i>Fleischkonsum</i>	44
3.4.2	<i>Biotreibstoffe</i>	48
3.4.3	<i>Landwirtschaftliche Produktivität</i>	50
3.5	DISKUSSION	51
3.6	FAZIT	53
4	WAHRNEHMUNG DES THEMAS WELTERNÄHRUNG IN DER DEUTSCHEN ÖFFENTLICHKEIT	55
4.1	EINLEITUNG	56
4.2	DATENERHEBUNG	57
4.3	SPEZIFISCHE FRAGEN UND ERGEBNISSE.....	57
4.3.1	<i>Einschätzung der Ursachen des Hungers und konkreter Maßnahmen</i>	57
4.3.2	<i>Ambivalenz bei Fragen der Pflanzenzüchtung</i>	61
4.3.3	<i>Einschätzung der Kompetenz unterschiedlicher Akteure</i>	63
4.3.4	<i>Rolle der EU-Landwirtschaft</i>	64
4.3.5	<i>Rolle des EU-Konsums</i>	67
4.4	SCHLUSSFOLGERUNG	68
5	A META-ANALYSIS OF THE IMPACTS OF GENETICALLY MODIFIED CROPS	70
5.1	INTRODUCTION	70

5.2	MATERIALS AND METHODS.....	71
5.2.1	<i>Literature search</i>	71
5.2.2	<i>Effect sizes and influencing factors</i>	74
5.2.3	<i>Statistical analysis</i>	76
5.3	RESULTS AND DISCUSSION	77
5.3.1	<i>Average effect sizes</i>	77
5.3.2	<i>Impact heterogeneity and possible biases</i>	79
5.4	CONCLUSION.....	82
6	ALLGEMEINE SCHLUSSFOLGERUNGEN	83
6.1	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	84
6.2	EMPFEHLUNGEN	86
6.3	LIMITIERUNGEN UND ZUKÜNFTIGE FORSCHUNG.....	88
7	LITERATURVERZEICHNIS	91
	ANHANG / APPENDIX A: ADDITIONAL FIGURES AND TABLES CORRESPONDING TO PART FIVE (“A META-ANALYSIS OF THE IMPACTS OF GENETICALLY MODIFIED CROPS”)	100

Tabellenverzeichnis / Table of Tables

Tabelle 3.1: Simulationsschritte in den Szenarien A bis E zum Fleischkonsum	46
Tabelle 3.2: Simulationsschritte in den Szenarien A bis D zur Biotreibstoffnachfrage.....	49
Tabelle 3.3: Simulationsschritte im Szenario veränderter Produktivität in der EU	51
Tabelle 4.1: Ursachen des Hungers aus Sicht der Öffentlichkeit	58
Tabelle 4.2: Bewertung von Maßnahmen zur Verbesserung der Welternährung bis 2050	59
Table 5.1: Definition of study descriptor variables.....	75
Table 5.2: Mean impacts of GM crop adoption (effect sizes expressed in %).....	77
Table 5.3: Factors influencing results on GM crop impacts (%)	79

Abbildungsverzeichnis / Table of Figures

Abbildung 2.1: Zahl der hungernden Menschen im Zeitverlauf 1990-2013.....	12
Abbildung 2.2: Weltmarktpreise für Getreide, 2000-2012.....	15
Abbildung 2.3: Weltweite Wachstumsraten im Getreideertrag, 1960-2010	19
Abbildung 2.4: Prognostizierte Ertragswirkungen des Klimawandels bis 2050.....	21
Abbildung 2.5: Erträge für Mais in Afrika bei vorhandener Technologie mit unterschiedlichen Inputintensitäten	26
Abbildung 2.6: Nettoexportsituation im internationalen Getreidehandel.....	29
Abbildung 2.7: Effekte von transgener Baumwolle auf das Einkommen ländlicher Haushalte in Indien im Vergleich mit konventioneller Baumwolle.....	31
Abbildung 2.8: Effizienz der Armutreduktion in China für unterschiedliche Maßnahmen der ländlichen Entwicklung.....	32
Abbildung 3.1: Mechanismus eines Nachfrageschocks	41
Abbildung 3.2: Mechanismus eines Angebotsschocks	42
Abbildung 3.3: Auswirkungen der simulierten Änderungen der Fleischnachfrage auf die Anzahl der Hungernden	47
Abbildung 3.4: Auswirkungen der simulierten Änderungen der Biotreibstoffnachfrage auf die Anzahl der Hungernden.....	50
Abbildung 3.5: Auswirkungen veränderter Produktivität auf die Anzahl der Hungernden	51
Abbildung 4.1: Antworten auf die Frage „Angenommen es gäbe einen Konflikt zwischen Welternährung und Umweltschutz, wie würden Sie sich hinsichtlich der Maßnahmen positionieren?“	60
Abbildung 4.2: Antworten auf die Frage „Wie würde ein verstärkter Einsatz ertragreicher Pflanzensorten die Welternährung beeinflussen?“	61

Abbildung 4.3: Antworten auf die Frage „Wie würde ein vermehrter Einsatz von Gentechnik in der Landwirtschaft die Welternährung beeinflussen?“	62
Abbildung 4.4: Mittelwerte von Antworten auf die Frage „Für wie kompetent in Fragen der Welternährung halten Sie die folgenden Akteure?“	63
Abbildung 4.5: Mittelwerte von Antworten auf die Frage „Wie würden die folgenden Veränderungen in der EU-Landwirtschaft die Welternährung beeinflussen?“	64
Abbildung 4.6: Antworten auf die Frage „Wie würde eine Steigerung der Erträge in der EU die Welternährung beeinflussen?“	66
Abbildung 4.7: Antworten auf die Frage „Wie würde mehr Ökologische Landwirtschaft in der EU die Welternährung beeinflussen?“	66
Abbildung 4.8: Mittelwerte von Antworten auf die Frage „Wie würden die folgenden Veränderungen im EU-Konsum die Welternährung beeinflussen?“	67
Figure 5.1: Sample selection process.....	74
Figure 5.2: Impacts of GM crop adoption	78

Anhangsverzeichnis / Table of Appendices

A 1: Studies included in the meta-analysis	100
A 2: Distribution of study descriptor dummy variables for different outcomes	106
A 3: Weighted mean impacts of GM crop adoption (%).....	106
A 4: Histograms of effect sizes for the five outcome variables	107
A 5: Impacts of GM crop adoption including only studies published in journals	108
A 6: Funnel plots for the five outcome variables.....	109

Abkürzungsverzeichnis / Table of abbreviations

BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (vormals BMELV: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Bt	Bacillus thuringiensis (insektenresistent)
CGE	Computer generated equilibrium (Computer generiertes Gleichgewicht)
c.p.	ceteris paribus
DDGS	Dried Distillers Grains with Solubles (Trockenschlempe)
DEC	Dietary Energy Consumption (konsumierte Menge an Nahrungsenergie)
DES	Dietary Energy Supply (zur Verfügung stehende Menge an Nahrungsenergie)
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FAPRI	Food and Agricultural Policy Research Institute
GM	Genetically modified (gentechnisch verändert)
GV	Gentechnisch verändert

HT	Herbicide tolerant (herbizidtolerant)
IEA	International Energy Agency
IFPRI	International Food Policy Research Institute
IR	insect resistant (insektenresistent)
Kcal	Kilokalorien
MDER	Minimum Dietary Energy Requirement (minimaler, die Ernährungssicherheit garantierender Nahrungsenergiebedarf)
NGO	Non-governmental organization (Nichtregierungsorganisation)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
SOFI	State of Food Insecurity in the World (Zustand der Ernährungsunsicherheit in der Welt)
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)

Teil eins

1 Generelle Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Begriffe „Problem der Welternährung“ oder „Welternährungsproblem“¹ umfassen sowohl die Welternährungslage als Gegenstand des Problems als auch die Art und Weise, wie diese problematisiert wird. Abschnitt 1.1.1 beschreibt kurz die Welternährungslage. Danach soll in Abschnitt 1.1.2 thematisiert werden, wie das Welternährungsproblem verschiedentlich beschrieben werden kann. In Abschnitt 1.1.3 folgen einige Hintergrundinformationen zu Grüner Gentechnik, die hier separat betrachtet werden soll.

1.1.1 Die Welternährungslage

Im Durchschnitt der Jahre 2011-2013 waren nach Schätzungen der FAO 842 Mio. Menschen unterernährt. Damit bleibt der Hunger² in der Welt eine der größten Herausforderungen der Gegenwart. In der jüngeren Vergangenheit, im Zeitraum von 1990 bis heute, wurden bei der Bekämpfung des Welthungers Fortschritte erzielt. Die Proportion der Unterernährten ist von 19,8 % auf 12 % der Weltbevölkerung gefallen (FAO 2013).

Die Nachfrage nach Agrarprodukten wird in den nächsten Jahren weiter ansteigen. Dies wird zum einen getrieben durch weiteres weltweites Bevölkerungswachstum, zum anderen durch die Nachfrage nach Substraten für die Bioenergiegewinnung und nach Futtermitteln (Godfray et al. 2010).

¹ Wieters (2012) weist darauf hin, dass der Begriff „Welternährungsproblem“ ein kulturelles Konstrukt ist und somit nicht mehr konnotationsfrei für die Beschreibung der Realität verwendet werden kann. Aus diesem Grund wird im Titel der Arbeit darauf verzichtet. Allerdings findet sich der Begriff an vielen Stellen im Text, soll dann aber nicht den kulturhistorischen Begriff bezeichnen sondern die Welternährungslage.

² Der Begriff Hunger wird in dieser Dissertation synonym mit Unterernährung benutzt. Als Hungernde werden demnach Menschen in Ernährungsunsicherheit nach der Definition der FAO bezeichnet.

Auf der Angebotsseite gewinnen mehrere Einflussfaktoren an Bedeutung. So wird gerade die Landwirtschaft in Entwicklungsländern negativ vom Klimawandel betroffen sein. Wassermangel und Bodendegradation nehmen ebenfalls zu und werden in der Zukunft weiter zunehmen.

Eine tiefergehende Betrachtung der wissenschaftlichen Literatur zu den Einflussfaktoren auf das Welternährungsproblem erfolgt in Teil zwei dieser Dissertation.

1.1.2 Zur Natur des Welternährungsproblems

Wie in allen Diskursen treten auch im Welternährungsdiskurs Framing und Salienz auf. Der Prozess des Framings beschreibt einen Prozess, der bestimmten Aspekten eines Problems mehr Salienz verschafft, d.h. sie besonders hervorhebt (Entman 1993). Frames können eine bestimmte Problemdefinition oder –diagnose umfassen, bestimmte Bewertungen enthalten und damit auch selektive Problemlösungen präsentieren (Gamson 1992).

Das Welternährungsproblem ist vielschichtig und vereint viele Merkmale, mit denen Whyte und Thompson (2012) ein sogenanntes „wicked problem“ beschreiben. Hierzu gehören unter anderem folgende Aspekte: Erstens hat die Problemformulierung einen starken Einfluss auf die infrage kommenden Lösungsansätze. Je nachdem, ob das Welternährungsproblem vorrangig entlang ökonomischer, sozialer, ökologischer oder technischer Dimensionen aufgespannt wird, hat dies auch Einfluss auf die unmittelbar diskutierten Lösungsansätze. Zweitens ist die Palette möglicher Lösungsansätze unerschöpflich. Viertens kann jedes Problem dieser Art als Symptom anderer Probleme dieser Art angesehen werden. Auch das trifft auf das Welternährungsproblem zu. So ist es etwa ein Symptom von Problemen wie z.B. dem Klimawandel, schlechter Regierungsführung oder unzureichender Bildung. Kindersterblichkeit beispielsweise wäre wiederum ein Symptom des Welternährungsproblems. Es lässt sich somit nicht losgelöst von all diesen anderen Problemen betrachten. Das macht die Auseinandersetzung mit diesem Thema schwieriger.

Im Folgenden sollen einige Arten des Framings des Welternährungsproblems, wie sie sich in der wissenschaftlichen Literatur aber auch in nichtwissenschaftlichen Veröffentlichungen wiederfinden, dargestellt werden.

Die FAO konzeptionalisiert die Lage der Welternährung in erster Linie mit dem Konzept der Ernährungssicherheit. Ernährungssicherheit bedeutet, dass alle Menschen zu jeder Zeit Zugang zu sicherer und nahrhafter Nahrung in ausreichender Menge zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse haben (WHO 2014). D.h. außer der Nahrungsverfügbarkeit auf Haushaltsebene stellt das Konzept keine Nebenbedingungen.

Ein Konzept, das häufig als Alternative neben oder als Ersatz für das Konzept der Ernährungssicherheit ausgegeben wird, ist die Ernährungssouveränität. Der Begriff wurde durch die Kleinbauernvereinigung La Via Campesina geprägt und das Konzept wird von vielen sozialen Bewegungen und Nichtregierungsorganisationen (NGOs) getragen (Hospes 2014). Ernährungssouveränität ist definiert als das „Recht von Menschen und souveränen Staaten, auf demokratische Weise ihre eigene Agrar- und Ernährungspolitik zu bestimmen“ (Weltagrarbericht.de 2014). Ernährungssouveränität ist also ein weitergehendes Konzept als Ernährungssicherheit.

Kritiker des Konzeptes der Ernährungssouveränität führen an, dass die Bewegung häufig nach lokaler Selbstversorgung und Abschottung von Märkten strebe. Dies verfehle die Ziele von Ernährungssouveränität, da das Produktionsrisiko nicht ausgeglichen werden könne (Kerr 2011). Unabhängig vom Streben nach Selbstversorgung wird durch das Konzept an sich schon die Freiheit eines Marktes potenziell einschränkbar.

Die Welternährungsdebatte ist vielfach geprägt nicht nur von gegensätzlichen Konzepten, was einen erstrebenswerten Zustand (Ernährungssicherheit/Ernährungssouveränität) angeht, sondern auch hinsichtlich pauschaler Lösungsansätze.

Unabhängig vom Konzept der Ernährungssouveränität gibt es Kritiker und Fürsprecher von internationalem Handel mit Agrarproduktion. Fürsprecher verweisen auf die optimale Ausnutzung knapper Ressourcen hin (Keckl 2014), Gegner beklagen einen unfairen Wettbewerb, wenn Industrieländer Nahrungsmittel in Entwicklungsländer exportieren und die dortige Produktion nicht konkurrenzfähig ist.

Ein Framing, das relativ häufig zu beobachten ist, ist die Gegenüberstellung der Welternährung als ein Verteilungsproblem vs. eines Produktionsproblems (Foley 2013). Das Framing des Welternährungsproblems als ein Verteilungsproblem ist deshalb intuitiv, weil derzeit bei einer globalen Gleichverteilung sämtlicher Nahrungsenergie keine Unterernährung existieren würde.

Ein weiteres Gegensatzpaar in der Welternährungsdebatte ist die Frage nach einer optimalen Kombination von Naturschutz und Nahrungsmittelproduktion. Fürsprecher des sogenannten „land sharing“ setzen sich dafür ein, dass Nahrungsmittelproduktion und Naturschutz im selben räumlichen Umfeld stattfindet (Tschardt et al. 2012). Fürsprecher des land sparing befürworten eine möglichst intensive, ertragreiche Produktion auf verfügbaren Ackerflächen, um eine weitere Umwandlung von Naturräumen entgegen zu wirken.

In allen oben beschriebenen Fällen werden Paradigmen erschaffen, die eine individuelle, fallspezifische Bewertung erschweren. Für andere Bereiche wie beispielsweise Ökosystemmanagement und auch Entwicklungspolitik ist das Versagen von Pauschalrezepten dokumentiert (Ostrom et al. 2007; Carter 1997).

Je enger das Welternährungsproblem gefasst wird, desto unflexibler sind die Lösungen. Das Konzept der Ernährungssicherheit erlaubt zunächst Maßnahmen jedweder Form gegen die Unterernährung, solange dies zu einer höheren Nahrungsenergieverfügbarkeit innerhalb eines Haushalts führt. Deshalb eignet es sich gut für eine unvoreingenommene Bewertung des Welternährungsproblems sowie möglicher Lösungsansätze. Das heißt natürlich nicht, dass andere Ansprüche, welche an Maßnahmen zur Verbesserung der Welternährung gestellt werden, wie z.B. soziale Belange bei der

Lebensmittelproduktion oder Umweltziele, keine Berechtigung hätten. Diese sind nur nicht von vornherein in das Konzept integriert, so dass eine Verständigung über die Bewertung erfolgen kann. Deshalb dient für diese Dissertation das Konzept der Ernährungssicherheit als Bewertungsmaßstab.

1.1.3 Grüne Gentechnik

Gentechnisch verändertes Saatgut wurde erstmals Mitte der 1990er kommerziell vertrieben. Seitdem ist die Anbaufläche für gentechnisch veränderte Nutzpflanzen auf 175,2 Mio. ha im Jahr 2013 angewachsen. Die wichtigste Pflanzenart mit gentechnischer Anwendung ist die Sojabohne, gefolgt von Mais, Baumwolle und Raps. Bezüglich der eingebrachten Merkmale dominiert die Herbizidtoleranz (HT), gefolgt von einer Kombination aus Herbizidtoleranz und Insektenresistenz (durch *Bacillus thuringiensis*, daher die Abkürzung Bt) vereint in einem Organismus. Die reine Anwendung von Bt ist heute bereits unbedeutender als die Kombination aus HT und Bt. Gentechnisch veränderte Pflanzen werden inzwischen in 27 Ländern angebaut (James 2013).

In Europa ist die Anbaufläche sehr gering. Dies hat mit der geringen Akzeptanz in der Bevölkerung zu tun. In einer Umfrage aus dem Jahr 2010 waren nur 21% der befragten europäischen Bürger davon überzeugt, dass Gentechnik keine Gefahr für zukünftige Generationen darstellt. 22% gingen von keiner Gefahr für sich selbst aus. Die Mehrheit assoziierte Gefahren für sich und die Umwelt mit der Gentechnik (Europäische Kommission 2010).

Die Gegnerschaft gegen die Gentechnik hat sich innerhalb der Umweltbewegung konsolidiert. Die großen Umweltverbände wie z.B. Greenpeace sprechen sich klar gegen die Gentechnik aus (Greenpeace 2014), während die großen Wissenschaftsorganisationen sich tendenziell für die Gentechnik aussprechen (American Association for the Advancement of Sciences 2012), da keine unkalkulierbaren Risiken im Bereich von Gesundheits- oder Umweltwirkungen nachgewiesen werden konnten. Aus diesem Grund sind objektive Untersuchungen über die Effekte von Grüner Gentechnik von besonderem Interesse nicht nur für die Fachwelt sondern auch für eine breitere Öffentlichkeit.

1.2 Fragestellung

Teil zwei der Dissertation beleuchtet das Welternährungsproblem als Ganzes sowie die wichtigsten Einflussfaktoren eingehender und dient als Hintergrund für die darauffolgenden Teile der Arbeit.

Wie in Abschnitt 1.1.2 beschrieben, kann das Welternährungsproblem in einzelne Faktoren des Angebots und der Nachfrage zerlegt werden und diese können separat voneinander betrachtet werden. Die Teile drei und fünf dieser Arbeit enthalten Analysen zu empirischen Fragestellungen bezüglich solcher voneinander unabhängiger Faktoren, Simulationen zu Fleischkonsum, Bioenergie und landwirtschaftlicher Produktivität sowie eine Meta-Analyse zu den Auswirkungen Grüner Gentechnik. Die Fragestellung zu diesen Teilen wird separat thematisiert. Teil vier dieser Dissertation analysiert die Wahrnehmung des Themas Welternährung in der deutschen Öffentlichkeit.

1.2.1 Simulationen

Im Zuge in Abschnitt 1.1.2 angesprochenen selektiven Framings wird häufig die Rolle Europas bzw. der Industrieländer für die Welternährung gesprochen. So werden in vielen Fällen beides, sowohl der Konsum wie auch die landwirtschaftliche Produktion in Europa und Exporte landwirtschaftlicher Produkte in Entwicklungsländer negativ mit der Welternährung in Verbindung gebracht. Mit einem einfachen Gleichgewichtsmodell lassen sich die Auswirkungen bestimmter Konsum- und Produktionsszenarien auf die global verfügbare Nahrungsmenge simulieren. Unter bestimmten Annahmen kann somit auch ein Einfluss auf den Welthunger errechnet werden. Diese Methode bietet eine einfache, transparente Möglichkeit, Zahlen für die öffentliche Debatte um die Rolle Europas für die Welternährung bereitzustellen.

1.2.2 Wahrnehmung der Welternährung durch die Öffentlichkeit

Das Thema Hunger ist im öffentlichen Bewusstsein fest verankert. So antworteten bei einer repräsentativen Umfrage in Deutschland auf die Frage, was sie am meisten mit Afrika assoziieren,

47% mit „Hunger“ (TNS Emnid 2010). Unklar bleibt allerdings, wie die deutsche Öffentlichkeit den Begriff Hunger versteht. Bisher gibt es keine Untersuchungsergebnisse, die dies für die deutsche Bevölkerung offenlegen würden. Insbesondere ist von Interesse zu erfahren, ob die deutsche Bevölkerung zwischen dem heimischen Konsum und der heimischen Landwirtschaft und der Welternährung einen Bezug herstellt. Dies könnte sich auf nationale Politik auswirken.

1.2.3 Auswirkungen der Grünen Gentechnik

Es gibt einen großen Bestand an Literatur zu den agronomischen wie sozioökonomischen Auswirkungen gentechnisch veränderter (GV) Nutzpflanzen. Die Mechanismen der wichtigsten mithilfe der Gentechnik eingebrachten Pflanzeigenschaften, Herbizidtoleranz und Insektenresistenz, führen zu unterschiedlichen Auswirkungen.

Es existieren bereits Meta-Analysen zu den agronomischen und sozioökonomischen Auswirkungen von GV-Pflanzen (Areal et al. 2013; Carpenter 2010; Finger et al. 2011). Diese Meta-Analysen können allerdings entweder nur in sehr begrenztem Maß die Heterogenität der Resultate erklären oder haben eine sehr begrenzte Stichprobe. Zudem weisen sie Limitierungen bzgl. der analysierten Variablen auf. Eine Meta-Analyse zum Einfluss gentechnisch veränderter Pflanzen auf den Pestizideinsatz gibt es bisher nicht, was diese Studie ebenfalls motiviert.

1.3 Forschungsziele und Aufbau der Arbeit

Wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, befasst sich diese Arbeit einerseits mit einer Gesamtbetrachtung der Unterernährung in der Welt und andererseits mit spezifischeren Fragestellungen. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zum fachlichen Diskurs zum Thema Welternährung zu leisten. Dies geschieht, indem sowohl eine Literaturübersicht, eine Simulation zu Einflussfaktoren wie auch eine Analyse des öffentlichen Meinungsbildes zu diesem Thema erfolgt.

Im Besonderen sollen folgende Fragen beantwortet werden

1. Welche Faktoren von Angebot und Nachfrage nach Agrarrohstoffen und Lebensmitteln sind für die Welternährungslage bedeutsam und wie hängen sie zusammen?
2. Welche potenziellen Auswirkungen auf die Welternährung haben alternative Szenarien der Fleisch- und Biotreibstoffnachfrage in den Industrieländern sowie eine verringerte landwirtschaftliche Produktivität in Europa?
3. Wie bewertet die deutsche Öffentlichkeit potenzielle Kausalzusammenhänge in Ursachen und Lösungsmöglichkeiten des Welternährungsproblems?
4. Welche agronomischen und ökonomischen Auswirkungen für die landwirtschaftlichen Betriebe haben gentechnisch veränderte Nutzpflanzen seit ihrer Einführung weltweit gehabt?
5. Lässt sich die Heterogenität der Auswirkungen von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen erklären?

Wir beantworten Frage 1 in Teil zwei dieser Dissertation. Teil drei behandelt Frage 2. Die dritte Frage wird in Teil vier dieser Arbeit beantwortet, bevor die beiden letzten Fragen in fünften Teil der Dissertation diskutiert werden.

Zur Beantwortung der Fragen werden verschiedene Mittel eingesetzt. Frage 1 soll mithilfe einer Zusammenführung von relevanter Literatur aus verschiedenen Bereichen beantwortet werden. Zur Beantwortung von Frage 2 dient ein einfaches partielles Gleichgewichtsmodell und die Methode der FAO zur Berechnung der Zahl der Hungernden (FAO 2013). Das Modell wird mit öffentlich zugänglichen Daten der FAO und anderer Organisationen gespeist.

In Teil vier der Arbeit werden die Antworten aus einer Online-Befragung, die im März 2012 in Deutschland durchgeführt wurde, analysiert.

Zur Beantwortung der beiden letzten Fragen wird ein selbst erstellter Meta-Datensatz mit Beobachtungen aus 147 Studien zu den Auswirkungen gentechnisch veränderter Nutzpflanzen verwendet.

Genauere Angaben zu Datengrundlagen und den verwendeten Methoden finden sich jeweils in dem entsprechenden Teil der Dissertation.

Teil zwei

2 Trends und Perspektiven für die Welternährung bis 2050³

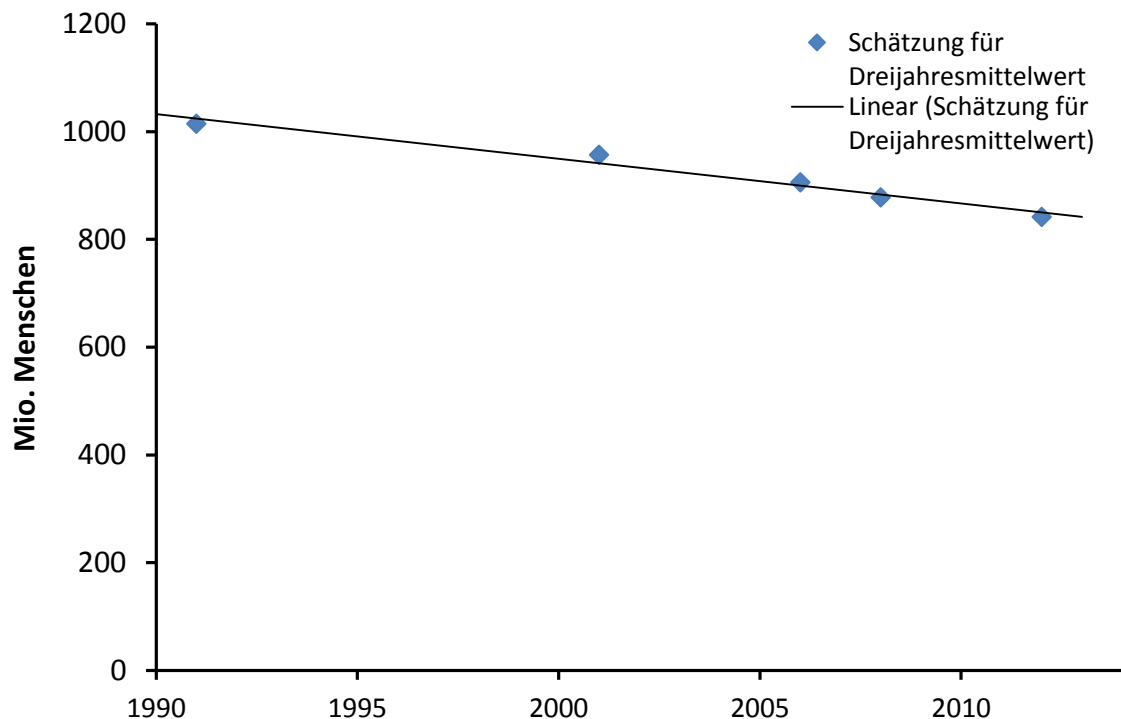
³ Dieser Teil der Arbeit beruht zum größten Teil auf dem veröffentlichten Artikel von Qaim und Klümper (2013). Für den Inhalt der Ausführungen hier ist allein der Autor dieser Dissertation verantwortlich.

2.1 Einleitung

Nach Angaben der Vereinten Nationen (UN) hungerten im Durchschnitt der Jahre 2011-2013 rund 842 Mio. Menschen, konnten also ihren Nahrungsenergiebedarf nicht decken. Darüber hinaus sind rund 2 Mrd. Menschen mangelernährt, also nicht ausreichend mit Mikronährstoffen versorgt. Das Recht auf Nahrung ist somit das am meisten verletzte Menschenrecht. Die internationale Staatengemeinschaft hat sich bereits auf dem Welternährungsgipfel 1996 das Ziel gesetzt, den Welthunger bis 2015 zu halbieren (World Food Summit 1996). Im Jahr 2000 wurde dieses Ziel in die Millennium-Entwicklungsziele übernommen.

Zwar ist der Hunger weltweit rückläufig, für den Zeitraum von 1990 bis heute zeichnet sich jedoch nur ein leicht negativer, in etwa linearer Trend ab (Abbildung 2.1). Bei einer Fortsetzung dieses Trends würde das im Rahmen der Millenniums-Deklaration gesteckte Ziel, den Hunger bis 2015 zu halbieren, nicht erreicht werden.

Abbildung 2.1: Zahl der hungernden Menschen im Zeitverlauf 1990-2013



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus FAO (2013)

Die in Abbildung 2.1 gezeigten Zahlen sind Schätzungen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) über die Anzahl weltweit hungernder Menschen aus dem Jahr 2013. Demnach litten im Durchschnitt der Jahre 2011-2013 weltweit etwa 842 Mio. Menschen Hunger. Frühere Schätzungen gingen von 1023 Mio. Hungernden in 2009 und 925 Mio. Hungernden in 2010 aus (FAO 2010). Dies und auch die Agrarpreiskrise der Jahre 2007 und insbesondere 2008 mit zahlreichen Unruhen aufgrund akut steigender Lebensmittelpreise (sogenannte Food Riots) haben dem Thema Welternährung in den vergangenen Jahren wieder verstärkte Aufmerksamkeit in Öffentlichkeit und Wissenschaft eingebracht.

Auch bei internationalen Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit oder der internationalen Staatengemeinschaft rief die Preiskrise des Jahres 2008 eine Reaktion hervor. So wurden z.B. erst jüngst durch mehrere Staaten und die Bill-und-Melinda-Gates-Stiftung das Global Agriculture and Food Security Program gegründet und die Ausgaben der Gates-Stiftung zur Förderung landwirtschaftlicher Entwicklung auf ein Vielfaches erhöht. Auch der Abwärtstrend beim Anteil der Landwirtschaft an den Zahlungen im Rahmen öffentlicher Entwicklungszusammenarbeit wurde umgekehrt sowie ein größerer Teil des UN-Budgets an die FAO vergeben (Guariso et al. 2014).

Gleichzeitig wird das Thema Welternährung in Verbindung mit anderen Entwicklungen und Phänomenen, darunter globale Herausforderungen wie der Klimawandel, die Finanz- und Wirtschaftskrise oder die steigende Nutzung von Bioenergie, verstärkt sichtbar.

Ernährungssicherheit bedeutet, dass alle Menschen zu jeder Zeit ausreichend und ausgewogen mit Nahrungsmitteln versorgt sind. Es ist somit ein komplexes, vielschichtiges Problem, welches sich konzeptionell in 4 Säulen darstellen lässt: Nahrungsverfügbarkeit, Zugang zu Nahrung, Nahrungsverwendung und Stabilität der drei Erstgenannten (FAO 2006).

Dieser Teil der Arbeit befasst sich mit den beiden erstgenannten Säulen. Grundvoraussetzung für die Nahrungsmittelverfügbarkeit ist eine global ausreichende Produktion. Der Zugang zu Nahrungsmitteln ist von der Kaufkraft der Haushalte abhängig und damit in erster Linie vom Haushaltseinkommen der

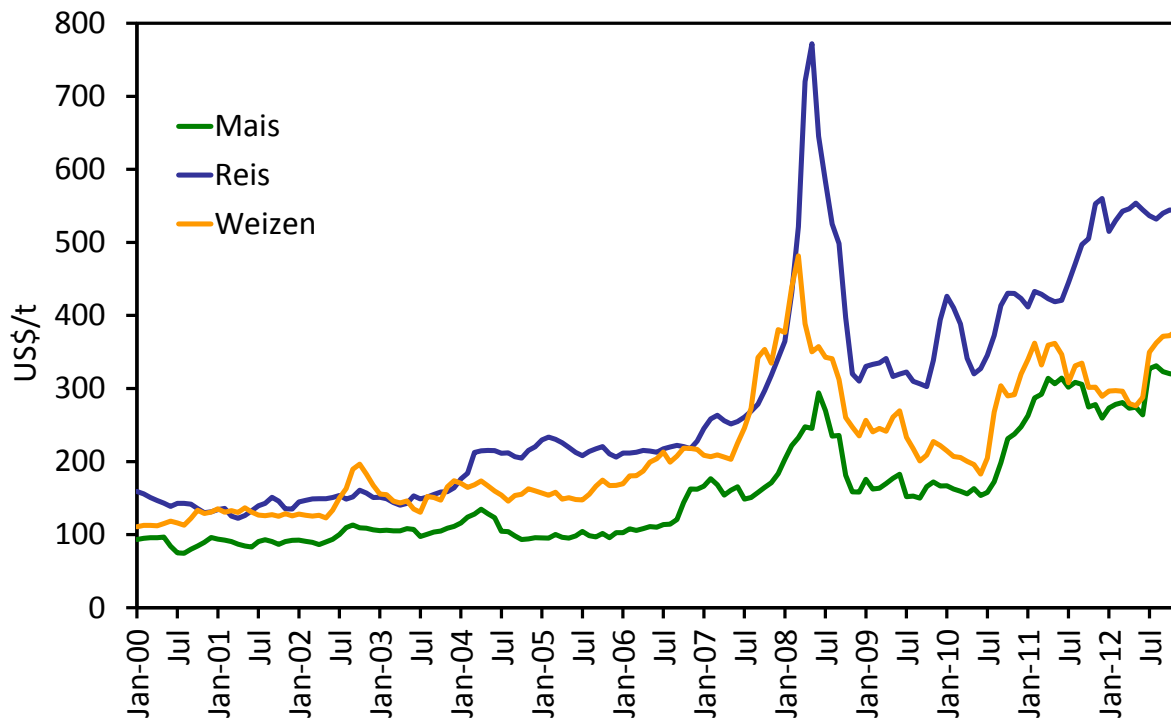
von Unterernährung bedrohten Menschen. Für die Kaufkraft sind genauso die Agrarpreise entscheidend, und damit sowohl das Nahrungsangebot als auch die -nachfrage. In diesem Teil der Arbeit werden sowohl Trends in Angebot und Nachfrage behandelt, als auch Lösungsansätze für das weltweite Hungerproblem diskutiert. Hierzu wird relevante Literatur aus mehreren Bereichen zusammengeführt.

Kapitel 2 der Arbeit gliedert sich wie folgt: Abschnitt 2.2 diskutiert die Zusammenhänge zwischen Agrarpreisen und Hunger. In Abschnitt 2.3 werden langfristige Nachfrage- und Angebotstrends beleuchtet. Abschnitt 2.4 thematisiert Lösungsansätze, bevor in Abschnitt 2.5 ein abschließendes Fazit gezogen wird.

2.2 Agrarpreise und Hunger

Während im Laufe des 20. Jahrhunderts die Weltmarktpreise für die meisten Nahrungsmittel deutlich gesunken sind, hat sich der Trend etwa seit der Jahrtausendwende umgekehrt. Insbesondere seit 2005 sind die Getreidepreise auf dem Weltmarkt deutlich angestiegen (Abbildung 2.2). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den letzten Jahren die Angebotsentwicklung nicht mit dem Nachfragewachstum Schritt halten konnte.

Abbildung 2.2: Weltmarktpreise für Getreide, 2000-2012



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus FAO (2014b)

Eine entscheidende Frage ist, wie sich steigende Preise auf die Ernährungssituation in den Entwicklungsländern auswirken. Die Ansichten hierzu sind nicht ungeteilt. Während noch bis 2005 tiefe und fallende Agrarpreise von vielen Meinungsführern, z.B. den Vereinten Nationen und einigen Nichtregierungsorganisationen (NGO), als Bedrohung für Ernährungssicherheit angesehen wurden, sind es in den letzten Jahren eher hohe Preise, welche als negativ dargestellt werden (Swinen und Squicciarini 2012).

Kurzfristig ist entscheidend, ob es sich bei den in Ernährungsunsicherheit befindlichen Haushalten um Nettoverkäufer oder Nettozukäufer handelt. Für städtische Haushalte, die kaum eigene landwirtschaftliche Produktion betreiben und nicht als Selbstversorger gelten, ist die Situation eindeutig: diese Haushalte leiden unter steigenden Preisen. Bei der weltweit stattfindenden rapiden Verstädterung fallen immer mehr Menschen in diese Kategorie. Derzeit leben jedoch 80% aller hungernden Menschen in den Entwicklungsländern im ländlichen Raum, etwa 50% sind Kleinbauern (World Food Programme 2014). Allerdings ist die Mehrheit dieser hungernden Menschen trotz der

eigenen landwirtschaftlichen Produktion Nettozukauf von Nahrungsmitteln, so dass sich auch für sie steigende Preise nachteilig auswirken. Menschen in absoluter Armut können steigende Lebensmittelpreise auch kaum über die Senkung anderer Ausgaben kompensieren, denn viele arme Menschen geben bereits heute 70-80% ihres Einkommens für (Grund-)Nahrungsmittel aus (Ecker und Qaim 2011).

Mittelfristig können höhere Erzeugerpreise auch positive Entwicklungen induzieren. Sie können z.B. zu höheren Löhnen in ländlichen Räumen führen (Headey 2014) und ein Anreiz für Investitionen sein, die dringend benötigtes landwirtschaftliches Wachstum in den Entwicklungsländern schaffen können. Der größte Vorteil höherer Agrarpreise liegt also in der Induzierung eines höheren Angebots. Sie können deshalb zwar unter bestimmten Umständen mittelfristig helfen, das Lebensmittelangebot zu steigern, das Ergebnis einer erfolgreichen Angebotssteigerung werden dann aber niedrige Preise sein. Auch induzieren hohe Agrarpreise tendenziell die Übernutzung von Ressourcen und sollten deshalb kein Ziel an sich sein.

Ob und wie stark sich Angebot und Nachfrage auf die Agrarpreise auswirken, ist von ihren Elastizitäten abhängig. Je elastischer die Nachfrage, desto weniger wirkt sich eine Angebotsveränderung auf den Preis eines bestimmten Nahrungsmittels aus, und je elastischer dessen Angebot, desto geringer ist die Wirkung von Nachfrageveränderungen. Allerdings sind die Elastizitäten bei Agrarrohstoffen auf fast allen Märkten eher gering. So liegen beispielsweise alle im September 2014 in FAPRI (2014) verfügbaren Elastizitäten für das weltweit wichtigste Getreide, Weizen, betragsmäßig unter 0,5. Das heißt, dass sowohl Angebotsausweitungen wie auch Nachfragebegrenzungen positive Preiswirkungen hätten.

Das heißt auch, dass eine Beschreibung des Welternährungsproblems als ein Verteilungsproblem oder als ein Produktionsproblem eine falsche Dichotomie konstruiert. Die nachgefragte Menge ist immer nur so groß wie die angebotene Menge. Eine Angebotsausweitung dient also dazu, dass eine

Nachfragesteigerung nicht zu stark ansteigenden Preisen führt, was einem Großteil der Weltbevölkerung den ausreichenden Zugang zu Nahrung verwehren würde.

2.3 Langfristige Trends

Die langfristigen Trends werden getrennt nach Nachfrage und Angebot betrachtet.

2.3.1 Nachfrageentwicklungen

Die Weltbevölkerung wird bis 2050 auf über 9 Milliarden anwachsen (United Nations 2013). Das sind im Vergleich zu heute 2 Milliarden zusätzliche Menschen, die ernährt werden müssen. Darüber hinaus werden, bedingt durch wirtschaftliches Wachstum, die Haushaltseinkommen, insbesondere in Schwellenländern steigen. Diese Einkommenssteigerungen werden besonders in Entwicklungsländern, in denen derzeit eine Unterversorgung mit Nahrungsmitteln zu beobachten ist, zu einer steigenden Pro-Kopf-Nachfrage nach Nahrungsmitteln führen. Und schließlich verändern sich durch wirtschaftliche Entwicklung, Globalisierung und Urbanisierung die Präferenzen und das Konsumverhalten. In fast allen Entwicklungs- und Schwellenländern steigt vor allem die Nachfrage nach Fleisch und anderen tierischen Produkten (Delgado et al. 2001). So hat sich in China in den vergangenen 15 Jahren der Pro-Kopf-Konsum von Fleisch mehr als verdoppelt, während sich der Konsum von Milchprodukten verdreifacht hat. Ein Großteil der Tierproduktion findet heutzutage auf Basis hochkonzentrierter Futtermittel (Getreide, Leguminosen) statt, die mit erheblichen Energie- und Nährstoffverlusten verbunden sind (Kastner et al. 2012). Wenn man diese Trends extrapoliert, wird die globale Nachfrage nach Nahrungs- und Futtermitteln bis 2050 um etwa 70% steigen (Qaim 2012).

Über den Trend bei Nahrungs- und Futtermitteln hinaus wird die Nachfrage nach Agrarprodukten durch die steigende Nutzung für energetische und stoffliche Zwecke getrieben. Besonders deutlich wird dies im Bereich der Bioenergie vom Acker, deren Nutzung sich in den vergangenen 10 Jahren weltweit mehr als verdreifacht hat. Vor allem in der Europäischen Union (EU) und den USA ist die

Nutzung von Bioenergie durch politisch festgesetzte Beimischungsquoten, Einspeisevergütungen und andere Formen der Subventionierung stark angestiegen. In Deutschland wurden 2013 auf etwas mehr als 20% der gesamten Ackerfläche Energiepflanzen angebaut, vor allem Raps für die Biodiesel- und Mais für die Biogasnutzung (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2013). In den USA werden derzeit rund 40% der Maisproduktion zu Bioethanol verarbeitet. Aber auch in anderen Ländern zeichnen sich ähnliche Trends ab. Es wird prognostiziert, dass bis 2023 rund 14% der globalen Pflanzenölproduktion, rund 13% der weltweiten Produktion von Getreide (ohne Weizen und Reis) und 28% der Zuckerrohrproduktion zu Biotreibstoff verarbeitet werden (OECD 2014c).

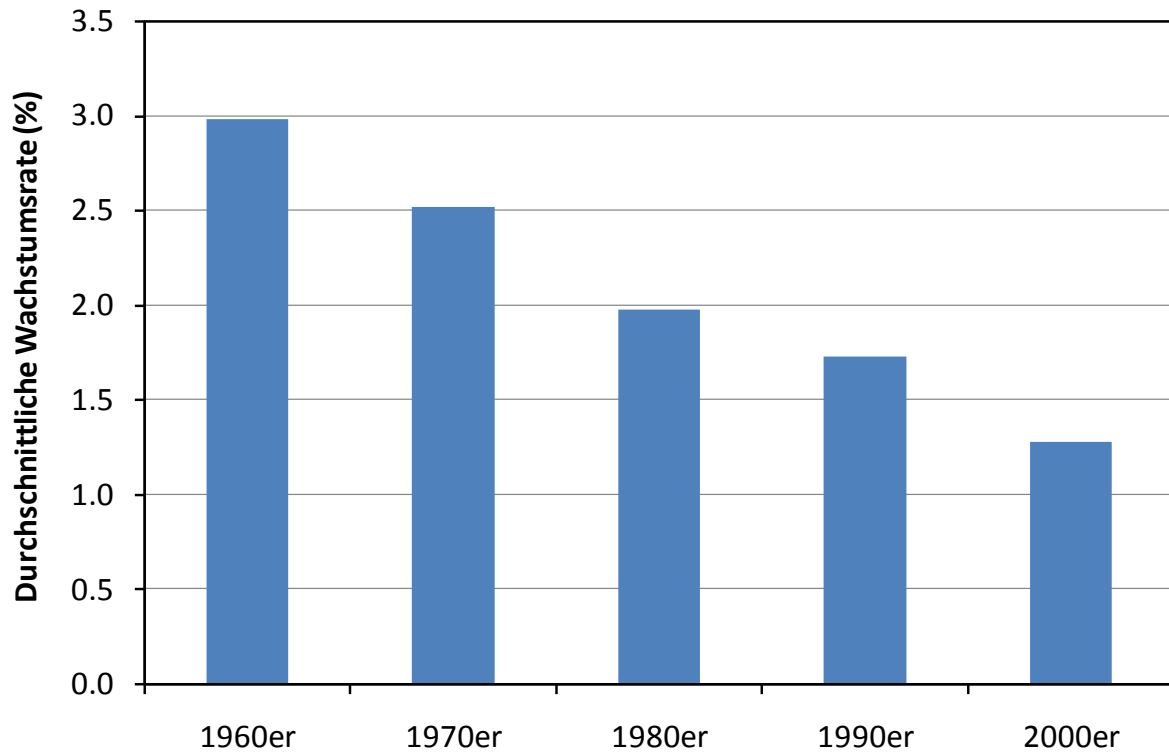
Obwohl genaue Prognosen schwierig sind, ist absehbar, dass diese Entwicklungen eine zusätzliche Herausforderung für die Agrarproduktion darstellen. Zusammengerechnet könnten die Entwicklungen im Nahrungs-, Futter- und Bioenergiesektor ohne weiteres zu einer Verdopplung der Nachfrage bis 2050 führen (Godfray et al. 2010). Dies würde einen Nachfrageanstieg von jährlich 1,8% bedeuten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Nachfragetrends im Wesentlichen durch drei Faktoren beeinflusst werden: Bevölkerungswachstum, sich verändernde Konsummuster und Bioenergie.

2.3.2 Entwicklungen des Angebots

In den letzten 50 Jahren hat sich die globale Nahrungsproduktion in etwa verdreifacht (FAO 2014b). Dieser Anstieg ist vor allem auf züchterischen Fortschritt und einen Mehreinsatz von Betriebsmitteln – insbesondere Wasser, Mineraldünger, chemischer Pflanzenschutz und Agrartechnik – zurückzuführen. So sind bei Getreide die Erträge von 1963 bis 2013 um 168% gestiegen, die Anbaufläche jedoch nur um 9% (FAO 2014b). Entsprechend sind über Jahrzehnte hinweg die Preise auf dem Weltmarkt gesunken, was mit dazu beigetragen hat, dass globale Produktionssteigerungen in der Öffentlichkeit heute nicht mehr als prioritär zur Hungerbekämpfung angesehen werden. Eine zeitliche Aufteilung zeigt jedoch, dass die Wachstumsraten der Produktion zurückgegangen sind und hinter dem raschen Wachstum der Nachfrage zurückzubleiben drohen. Im weltweiten Durchschnitt

wachsen die Getreideerträge derzeit mit nur 1,3% pro Jahr. Für Weizen und Reis liegen die jährlichen Wachstumsraten sogar unter 1% (FAO 2014a).

Abbildung 2.3: Weltweite Wachstumsraten im Getreideertrag, 1960-2010



Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten aus FAO (2014a)

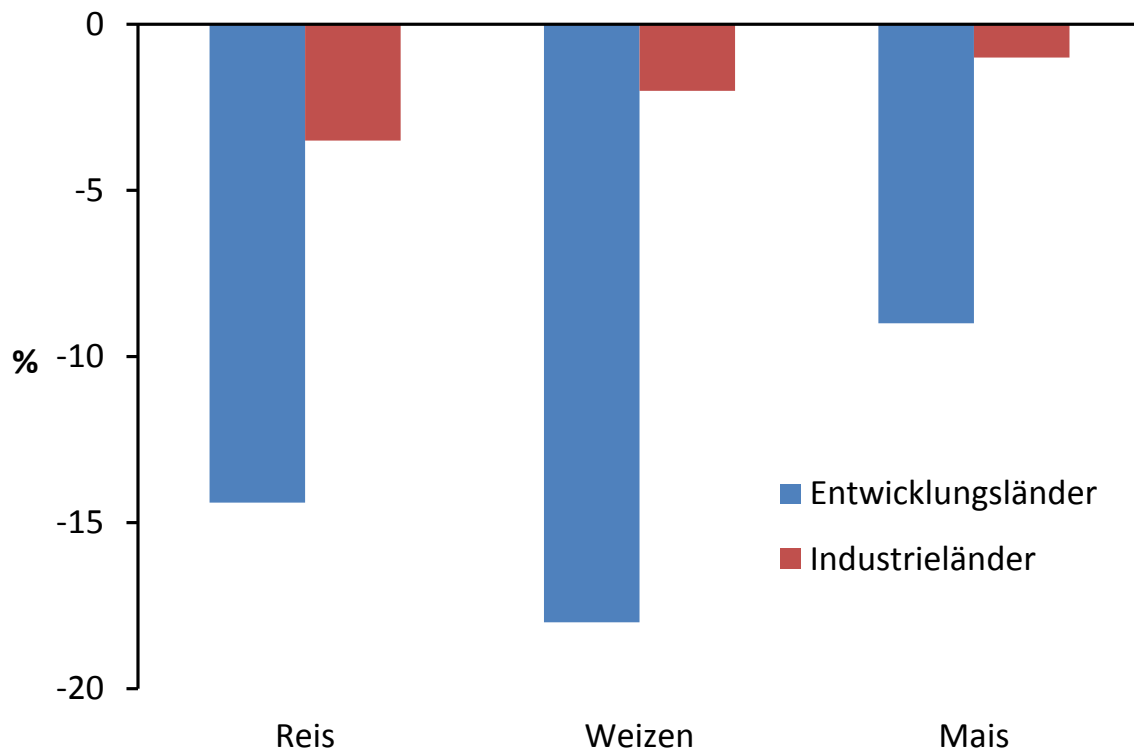
Diese Entwicklungen verdeutlichen, dass dem prognostizierten Nachfragewachstum von jährlich 1,8% mit einer bloßen Fortschreibung des derzeitigen Angebotstrends nicht begegnet werden kann. Schon in den letzten 10 Jahren hat sich dies in steigenden internationalen Preisen niedergeschlagen. Eine entscheidende Frage ist, wie die Produktionsentwicklung beschleunigt werden kann. Die weltweite Ackerfläche lässt sich vermutlich kaum weiter ausdehnen (Foley et al. 2011). Wo dies geschieht, treten ökologische Folgewirkungen wie ein Verlust von Biodiversität und zusätzliche Treibhausgasemissionen häufig in hohem Maße auf (Foley et al. 2005). Allenfalls in Russland und Zentralasien gibt es Landreserven, bei denen es sich vielfach um früheres Ackerland und keine ursprünglichen Naturräume handelt (Schierhorn et al. 2013). Außerdem fallen anderorts Ackerflächen

durch Bodendegradation und die Ausdehnung von Städten und Siedlungsräumen weg. Es müssen also in erster Linie Ertragssteigerungen auf den vorhandenen Flächen stattfinden.

In der Vergangenheit wurden landwirtschaftliche Erträge zum Großteil durch eine stärkere Nutzung von Bewässerung und chemischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erreicht. Eine weitere Intensivierung der genannten Produktionsfaktoren allein kann aber zukünftig nicht als globaler Lösungsansatz gelten. Süßwasser ist bereits vielerorts extrem knapp und heute teilweise schon stark übernutzt. Für chemische Inputs sieht es teilweise ähnlich aus. Während vor allem in Afrika wegen des geringen Ausgangsniveaus ein stärkerer Einsatz von Agrarchemie nach wie vor zu deutlichen Ertragssteigerungen führen kann, kommt es in manchen Teilen Asiens und Europas zur Übernutzung mit negativen Umwelteffekten (West et al. 2014). Insofern ist ein regional differenziertes Bild erforderlich. Hinzu kommt, dass insgesamt auch wichtige Grundstoffe für die Düngerherstellung knapper und teurer werden. Die energieintensive Produktion von Stickstoffdünger ist vom Rohölpreis abhängig. Auch wird prognostiziert, dass die leicht erschließbaren Weltphosphorreserven in absehbarer Zeit zur Neige gehen könnten (Cordell et al. 2009).

Erschwerend hinzu kommt der Klimawandel. Während sich steigende Temperaturen in einigen Teilen der Nordhalbkugel positiv auf die Landwirtschaft auswirken könnten, werden vor allem die Entwicklungsländer stark negativ betroffen sein. Modellrechnungen zeigen, dass auf globaler Ebene die negativen Effekte die positiven überwiegen werden, so dass der Klimawandel die Weltnahrungsproduktion vermutlich senken wird (Government Office for Science 2011). Regional könnten sich durch höhere Temperaturen und häufigeres Auftreten von Wetterextremen sogar erhebliche Negativwirkungen ergeben (Abbildung 2.4).

Abbildung 2.4: Prognostizierte Ertragswirkungen des Klimawandels bis 2050



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Nelson et al. (2010) und Lobell et al. (2011).

Vor allem in Südasien und Afrika werden negative Ertragswirkungen vorhergesagt (Nelson et al. 2010; Lobell et al. 2011).

2.4 Lösungsansätze

Im Folgenden werden mögliche Lösungsansätze getrennt nach der Nachfrage- (2.4.1) und der Angebotsseite (2.4.2) vorgestellt, bevor auf die generelle Bedeutung der Armutsreduktion (nicht nur von Kleinbauern und der ländlichen Entwicklung (2.4.3) eingegangen wird. Abschließend erfolgt eine Bewertung bezüglich der grundsätzlichen Eignung der genannten Lösungsansätze und die mit ihnen verbundenen Problematiken (2.4.4).

2.4.1 Bremsung der Nachfrage

In der Diskussion um Angebots- und Nachfrageentwicklungen wird der Nachfragetrend häufig als gegeben angenommen, so dass Handlungsmöglichkeiten allein auf der Angebotsseite gesucht werden. Tatsächlich müssen aber auch die Nachfragetrends kritisch hinterfragt werden. Dabei geht es nicht nur um die Nachfrage nach Nahrungsmitteln sondern auch um die Nachfrage nach jeglichen Agrarrohstoffen.

Das globale Bevölkerungswachstum der nächsten Jahrzehnte wird vor allem mit einer steigenden Lebenserwartung zusammenhängen, während Geburtenraten weiter zurückgehen werden (United Nations 2013). Insofern ist eine Begrenzung des Bevölkerungswachstums weder möglich noch wünschenswert. Auch die steigende Nachfrage nach Grundnahrungsmitteln aufgrund von Einkommenssteigerungen in den Entwicklungsländern ist aus Gründen der Ernährungsverbesserung begrüßenswert.

Differenzierter zu betrachten ist die weltweit steigende Nachfrage nach Fleisch und anderen tierischen Produkten. In vielen Entwicklungsländern ist der Konsum tierischer Produkte noch relativ gering, so dass eine Steigerung die Qualität der Ernährung verbessern kann, vor allem im Hinblick auf Mikronährstoffe und essentielle Aminosäuren (Murphy und Allen 2003). In den entwickelten Ländern (OECD-Länder) lag der Fleischkonsum in den letzten Jahren bei etwa 84 kg pro Person und Jahr (FAO 2014b). Dieser hohe Verbrauch beansprucht erhebliche Ressourcen und Umweltgüter. Weniger Fleischkonsum würde bedeuten, dass auch weniger Getreide und Eiweißpflanzen verfüttert würden. Wenn diese pflanzlichen Produkte für den direkten menschlichen Konsum verwendet werden würden, ließen sich damit mehr Menschen ernähren. In Teil drei dieser Arbeit wird dieser Zusammenhang genauer beleuchtet. Neben harten Steuerungsinstrumenten zur Reduktion des Fleischkonsums können Informationskampagnen helfen, den Fleischverzehr zu senken. Diese können auch andere Argumente aus dem Bereich Tierschutz, Gesundheit und Umwelt enthalten, welche das Potenzial haben, Verbraucher zur Reduktion des Fleischverzehrs zu animieren (Cordts et al. 2013).

Die OECD (2014b) prognostiziert allerdings bis 2023 einen weiteren Anstieg des Fleischkonsums für alle Weltregionen. Umso wichtiger wird es deshalb sein, auch die Ressourceneffizienz der Tierhaltung weiter zu steigern.

Eine weitere Stellschraube im Verhältnis von Angebot und Nachfrage von Lebensmitteln sind Nahrungsmittelverluste. Diese treten sowohl im Bereich der Nachernte, entlang der gesamten Wertschöpfungskette sowie beim Endverbraucher auf. Dabei sind die Ursachen sehr unterschiedlich zwischen Entwicklungsländern und Industrieländern.

In den Entwicklungsländern sind vor allen Dingen eine verbesserte Erntetechnik, Investitionen in die Infrastruktur entlang der Wertschöpfungskette, z.B. in Lager-, Kühl- und Verpackungstechnik nötig. Außerdem würde eine verbesserte Koordination der Märkte in räumlicher und zeitlicher Hinsicht Verluste vermeiden helfen (FAO 2011).

In den Industrieländern entstehen Verluste vorwiegend aus anderen Gründen. Aufgrund der höheren Einkommen besteht einerseits keine große Nachfrage nach Lebensmitteln mit optischen Mängeln, welche dem Konsumenten nicht zum Kauf angeboten werden. Andererseits wird ein nicht unerheblicher Teil der Nahrungsmittel nach dem Kauf vom Endverbraucher weggeworfen. Für Deutschland wird geschätzt, dass pro Kopf jährlich 82 kg Lebensmittel weggeworfen werden (BMEL 2014). Dabei werden sowohl verdorbene wie unverdorbene Lebensmittel weggeworfen. Im Bereich der unverdorbenen Lebensmittel lässt sich unterscheiden zwischen solchen Lebensmitteln, die aus verschiedensten Gründen keine Verwendung mehr finden (unansehnlich, etc.) und solchen, die allein aufgrund des überschrittenen Mindesthaltbarkeitsdatums entsorgt werden. Besonders bei letzterem Grund lassen sich mithilfe von Informationskampagnen beim Konsumenten besonders leicht Verhaltensänderungen erzielen, da weder Präferenzänderungen einer Verhaltensänderung vorausgehen müssen noch ein Mehraufwand für Konsumenten betrieben werden muss (Universität Stuttgart 2012). Andererseits ist auch jedwede Technologie, die zur längeren Haltbarkeit von

Lebensmitteln beiträgt, förderlich. Hier sollte z.B. in die Entwicklung von besseren Verpackungstechnologien und Sensoren, die verdorbene Lebensmittel anzeigen, investiert werden (Government Office for Science 2011).

Ein anderer Bereich, der die Nachfrage nach Agrarprodukten treibt, ist die Bioenergie. Weltweit wurden im Jahr 2013 etwa 131 Mrd. Liter Biotreibstoff hergestellt. Laut Prognose der OECD könnte diese Zahl bis auf etwa 200 Mrd. Liter im Jahr 2023 ansteigen (OECD 2014c). Die EU hat sich als politisches Ziel gesetzt, bis 2020 10% der Transportenergie durch Biotreibstoff abzudecken. Die vermehrte Nutzung von Biosprit wird bei steigenden Rohölpreisen kaum zu verhindern sein, weil einige Länder – wie z.B. Brasilien – heute schon wettbewerbsfähig Biokraftstoffe produzieren. Brasilien hat sich politisch eine Biokraftstoffquote von 25% vorgenommen (Brazil Institute 2007). Die massive direkte Subventionierung von Bioenergie in der EU und den USA ist aber weder aus ökonomischer noch aus ökologischer Sicht sinnvoll und trägt mit zur Verschärfung der Hungerproblematik bei (Bauhus et al. 2012). Eine weitergehende Behandlung dieses Aspektes findet sich auch in Teil drei dieser Arbeit.

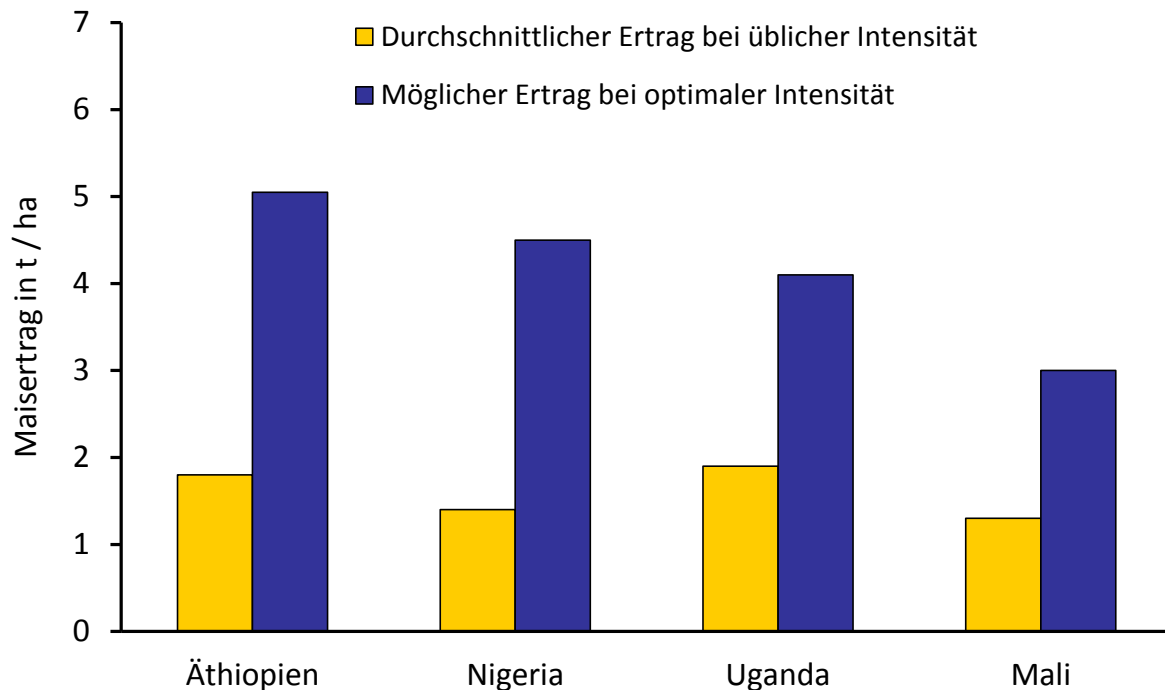
2.4.2 Steigerung der Agrarproduktion

Wie kann das Angebot nachhaltig gesteigert werden?

Der einzige Weg, die landwirtschaftliche Produktion ohne die Übernutzung von natürlichen Ressourcen und Umweltgütern zu steigern, ist Produktivitätswachstum durch Technologie und Innovation. Dabei geht es nicht nur um eine Steigerung der Erträge pro Flächeneinheit, sondern um Effizienz bezogen auf alle Ressourcen und Umweltgüter, wozu neben Boden vor allem auch Wasser, Klima, Biodiversität, Energieträger und Nährstoffe gehören. Bauhus et al. (2012) prägen hier den Begriff der „Nachhaltigen Produktivitätssteigerung“ (Bauhus et al. 2012). Hiermit ist gemeint, die Produktivität eines jeden Faktors zu steigern, Umweltgüter einbezogen. Diese erfordert die

Ausnutzung der modernen Wissenschaft. Leider wurde der Agrarforschung national wie international in den vergangenen 20 Jahren politisch keine ausreichend hohe Priorität eingeräumt. Eine Vielzahl an Studien zeigt, dass gemessen an induzierten Produktivitätsfortschritten zu jeder Zeit zu wenig in landwirtschaftliche Forschung investiert wurde (Alston et al. 2009; Hurley et al. 2014). Investitionen in die Agrarforschung sollten deshalb in größerem Maße als in der Vergangenheit gesteigert werden. Über die Höhe der Forschungsinvestitionen hinaus muss aber auch über die richtigen Technologieansätze nachgedacht werden. Wie in der Einleitung erwähnt, werden von bestimmten Akteuren Paradigmen vertreten, die bestimmte Technologieansätze ausschließen und andere pauschal propagieren. Statt globaler Patentrezepte müssen standörtlich angepasste Produktionssysteme entwickelt und umgesetzt werden, die auf größtmögliche Effizienz bei der Nutzung knapper Ressourcen und Umweltgüter ausgerichtet sind. Vor diesem Hintergrund ist es nicht sinnvoll, von vornherein bestimmte Technologien zu propagieren und andere auszuschließen. Benötigt wird eine geeignete Kombination aus agronomischer, technischer, züchterischer und organisatorischer Innovation. Ebenso müssen verbesserte Lager, Transport- und Verarbeitungstechnologien zur Reduktion der teilweise erheblichen Nachernteverluste beitragen. In einigen Regionen der Welt könnte eine bessere Umsetzung vorhandener Technologien die Produktivität noch erheblich steigern (Abbildung 2.5). Gerade in Afrika gehört hierzu eine stärkere Nutzung von Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutz, was bessere Ausbildung und Beratung der lokalen Kleinbauern erfordert, ebenso wie einen Ausbau der Marktinfrastruktur. In anderen Regionen ist das Potential vorhandener Technologien bereits stärker ausgereizt, so dass auch neue Technologien entwickelt werden müssen. Es geht also um eine sinnvolle und standörtlich angepasste Kombination. Dabei bedeutet Angepasstheit einer Innovation auch die Berücksichtigung von sozialen, kulturellen und institutionellen Gegebenheiten, welche die Adoption von Technologien durch Kleinbauern beeinflussen (Feder et al. 1985).

Abbildung 2.5: Erträge für Mais in Afrika bei vorhandener Technologie mit unterschiedlichen Inputintensitäten



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus World Bank (2008).

Bedeutung der Pflanzenzüchtung und Gentechnik

Die Rolle der Züchtung für die Produktivitätssteigerung hat im Laufe der Zeit an Bedeutung gewonnen. Während die Pflanzenzüchtung zwischen 1960 und 1980 für rund 20% der globalen Ertragssteigerung bei Getreide verantwortlich war, betrug ihr Beitrag zwischen 1980 und 2000 bereits 50% (Evenson und Gollin 2003). Dies ist plausibel, denn während eine weitere Intensivierung durch Bewässerung und chemische Inputs dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses folgt, verschiebt die Ausnutzung von genetischem Wissen durch neue Sorten die Produktionsfunktion weiter nach außen. Die Potentiale der Züchtung sind bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Bis 2050 könnte der Anteil der Pflanzenzüchtung an den Ertragssteigerungen 70% betragen (Qaim 2012).

Öffentlich besonders umstritten ist der Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft. Während der Nutzen der Gentechnik nur auf der Seite von multinationalen Konzernen gesehen wird, wird die

Technologie als risikoreich für Umwelt und Gesundheit eingestuft (Europäische Kommission 2010). Demgegenüber können für bisherige Anwendungen positive Effekte auf die landwirtschaftliche Produktivität, auch bei Kleinbauern, nachgewiesen werden (Qaim 2009; Carpenter 2010) (siehe auch Teil fünf dieser Dissertation), während bislang keine bedeutenden Umweltrisiken nachgewiesen werden konnten. Bisher dominieren als transgene Merkmale Herbizidtoleranz und Insektenresistenz bei Soja, Mais, Raps und Baumwolle. Die Gentechnik ist jedoch weder auf diese Anwendungen beschränkt, noch stellt sie ein neues Paradigma für die Landwirtschaft dar. Kombiniert mit herkömmlichen Züchtungsmethoden kann die Gentechnik helfen, Pflanzen zu entwickeln, die höhere Erträge liefern, bessere ernährungsphysiologische Wertigkeit haben, robuster gegen Hitze, Dürre, Überschwemmung und andere Stressfaktoren sind und negative Umwelteffekte durch Agrarchemie und Treibhausgasemissionen reduzieren. Einige dieser Züchtungsziele sind noch weit von der Praxisreife entfernt, wobei andere heute schon Realität sind. Der Anbau transgener Pflanzen hat in den vergangenen Jahren rapide zugenommen. 2013 wurden bereits etwa 13% der weltweiten Ackerfläche mit solchen Pflanzen bestellt (James 2013).

Wie bereits diskutiert, kann die Gentechnik keine Patentlösung sein und ihr Einsatz sollte fallspezifisch abgewogen werden. Aber die überwiegend kritische öffentliche Meinung innerhalb Europas in Bezug auf Gentechnik ist wissenschaftlich nicht gerechtfertigt und kontraproduktiv für die globale Ernährungssicherung. Teil fünf dieser Arbeit geht näher auf die Thematik gentechnisch veränderter Nutzpflanzen ein.

Wo muss die Produktion gesteigert werden?

Die Frage, wo eine Produktionssteigerung zu geschehen hat, ist unmittelbar mit dem Konzept der nachhaltigen Produktivitätssteigerung verknüpft. Die landwirtschaftliche Produktivität ist in den meisten Entwicklungsländern deutlich niedriger als in den Industrieländern. Dies liegt einerseits an nicht beeinflussbaren klimatischen Faktoren. Andererseits sind auch die Ertragslücken, also die Differenz zwischen klimatisch möglichem und tatsächlichem Ertrag, in den Entwicklungsländern am

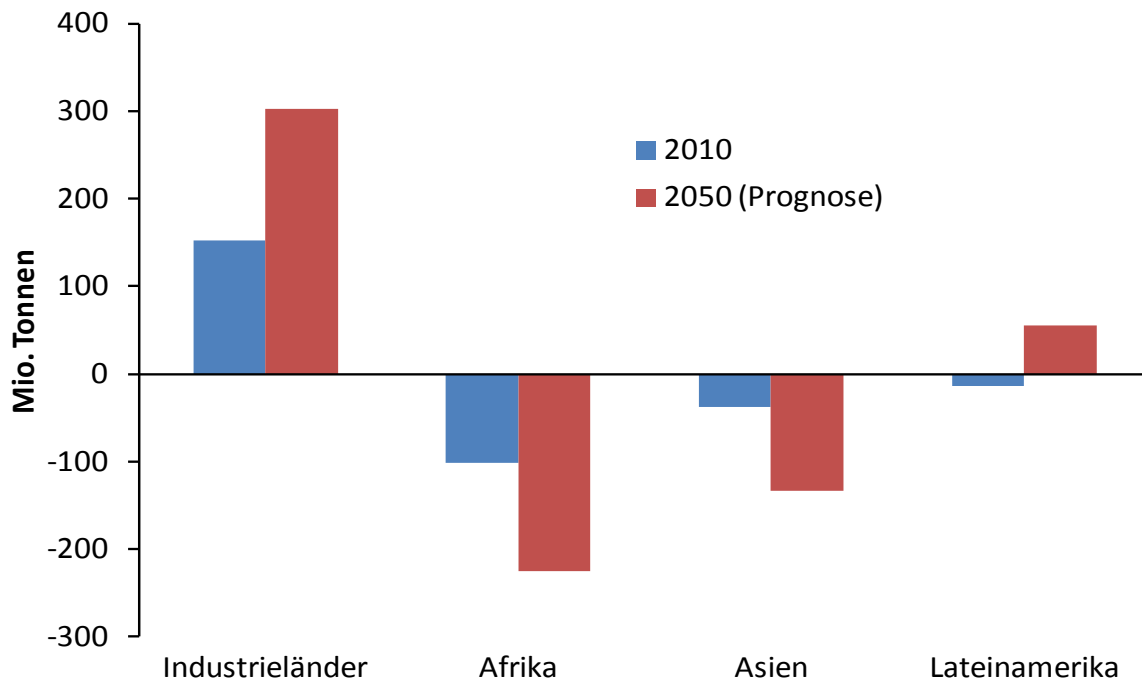
größten (Licker et al. 2010; Neumann et al. 2010). Neben technologischen Bedingungen und einem Mangel an Inputs, resultierend aus institutionellen Defiziten, ist auch die technische Effizienz häufig gering (Bravo-Ureta et al. 2007).

Das alles bedeutet, dass die bereits erwähnte Berücksichtigung der Produktivität aller Produktionsfaktoren inkl. belasteter Umweltgüter auch eine Produktionssteigerung in erster Linie dort nahelegt, wo die Intensität bisher relativ niedrig ist. So zeigen West et al. (2014), dass eine Schließung der Ertragslücken nur bis auf 50% des potenziellen Ertrages die Nahrungsmittelproduktion um den Kalorienbedarf von 850 Mio. Menschen steigern könnte. Unabhängig von natürlichen und produktionstechnischen Voraussetzungen in den Entwicklungsländern wurde bereits angesprochen, dass etwa 70% der Hungernden Kleinbauern- und Landarbeiterfamilien sind (World Food Programme 2014). Können im Kleinbauernsektor die Erträge gesteigert werden, hat dies somit nachfrageseitige Effekte. Etwaige Preissteigerungen für Agrarrohstoffe werden somit besser abgedeckt oder sind sogar von Nutzen, wenn Kleinbauern zu Nettoproduzenten werden.

Allerdings heißt dies nicht, dass Entwicklungsländer in jedem Fall das Ziel der Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln verfolgen sollten. Schon heute sind die meisten Entwicklungsländer Nettoimporteure von Getreide. Vor dem Hintergrund sozio-demographischer Entwicklungen werden die benötigten Getreideimporte zukünftig weiter ansteigen (Abbildung 2.6) – selbst dann, wenn in den Entwicklungsländern ein massiver Produktivitätsschub erreicht würde.

Das hängt auch damit zusammen, dass in den tropischen Entwicklungsländern komparative Vorteile für tropische Feldfrüchte wie z.B. Kaffee und Kakao bestehen, deren Nettoexporte aus den Entwicklungsländern vor dem Hintergrund global steigender Einkommen und damit steigender Nachfrage im selben Zeitraum zunehmen werden (World Bank 2008).

Abbildung 2.6: Nettoexportsituation im internationalen Getreidehandel



Hinweis: Positiv abgetragene Mengen kennzeichnen Nettoexporte, während negative Mengen Nettoimporte bedeuten.

Quelle: Abgewandelt nach Qaim (2012).

Auch zukünftig muss mit Blick auf die Welternährung ein nachhaltiges Produktivitätswachstum in Europa ein wichtiges Ziel bleiben. Die hier für die Landwirtschaft zur Verfügung stehenden natürlichen Ressourcen nicht so effizient wie möglich zu nutzen, hieße dieser Verantwortung nicht gerecht zu werden.

Vor dem Hintergrund globaler Knappheit und einer regional sehr unterschiedlichen Ressourcenausstattung sollten Nahrungsmittel und andere Agrarprodukte stets dort produziert werden, wo die jeweils knappen Ressourcen am besten genutzt werden können. Der internationale Handel ermöglicht eine weltweit effiziente Ressourcennutzung (Bauhus et al. 2012). Handelsschranken behindern also tendenziell global nachhaltige Entwicklung. Bedingung für die effizienzsteigernde Wirkung von Handel ist allerdings, dass weltweit Umweltgüter und Externalitäten

in gleichem Maße in die Kalkulation einbezogen werden. Dies sollte durch nationale Politiken wie auch Handelsregeln geschehen.

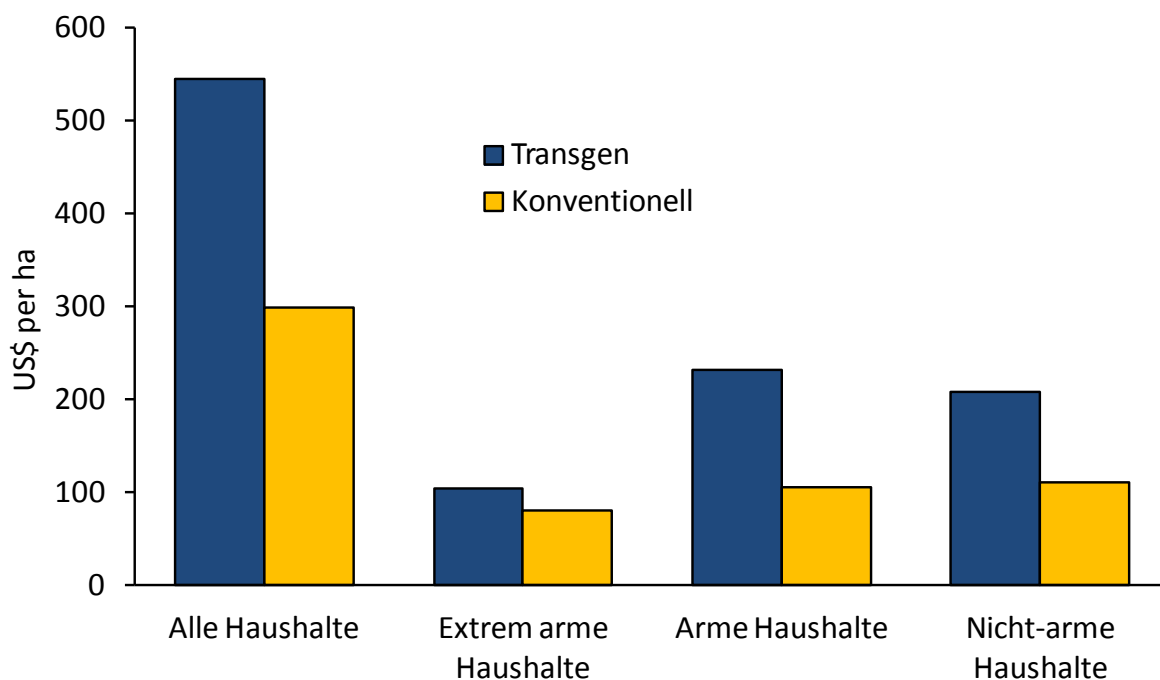
2.4.3 Armutsreduktion, Kleinbauern und ländliche Entwicklung

Wie einleitend erwähnt, ist eine global ausreichende Nahrungsproduktion und -verfügbarkeit zwar eine notwendige aber nicht hinreichende Bedingung für eine Situation ohne Hunger. Über die physische Verfügbarkeit hinaus erfordert Ernährungssicherung vor allem auch ökonomischen Zugang zu Nahrung für alle Menschen, also ein ausreichendes Einkommen. Insofern ist Armutsbekämpfung entscheidend für die Ernährungssicherung. Neben der Stärkung von Ausbildung, Gesundheit und sozialen Sicherungssystemen sind Ansätze zur Förderung des Wirtschaftswachstums in den Entwicklungsländern von besonderer Bedeutung. Wachstum hat vor allem dann armutsmindernde Effekte, wenn es in denjenigen Sektoren stattfindet, die für arme Bevölkerungsgruppen besonders wichtig sind. Auch hier muss die Landwirtschaft eine zentrale Rolle spielen, denn 80% aller armen und hungernden Menschen leben im ländlichen Raum der Entwicklungsländer (World Bank 2008). Thirtle et al. (2003) konnten dementsprechend den armutsmindernden Effekt einer Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität für eine Vielzahl an Ländern nachweisen.

Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Einkommenssteigerung im Kleinbauernsektor sind verbesserte Infrastruktur und Marktanbindung. Gerade in Afrika ist die Subsistenzproduktion vor allem deswegen so weit verbreitet, weil durch schlechte Straßen und Transportmöglichkeiten Preisanreize für Innovation und Kommerzialisierung fehlen. Durch mangelnden Zugang zu Information ist zudem das Marktrisiko sehr hoch. Studien zeigen, dass Infrastrukturmaßnahmen – kombiniert mit landwirtschaftlichen Beratungsprogrammen und Kleinkrediten – einen erheblichen Beitrag zur Armutsreduktion leisten können (World Bank 2008). Durch solche Förderprogramme wird Kleinbauern auch die Anbindung an neue Märkte mit hohem Wertschöpfungspotential eröffnet. Für Kenia zeigen Rao und Qaim (2011) beispielsweise, dass Zugang zu Krediten, Beratung und Transport

eine wichtige Voraussetzung für die lokalen Bauern ist, um in Zulieferprogramme für moderne Supermarktketten aufgenommen zu werden. Diese Supermarktketten zahlen für Erzeugnisse mit Mindestqualitätsstandards höhere und stabilere Preise, wodurch die Armutsrate in den Zulieferregionen um 20% gesenkt werden konnte.

Abbildung 2.7: Effekte von transgener Baumwolle auf das Einkommen ländlicher Haushalte in Indien im Vergleich mit konventioneller Baumwolle



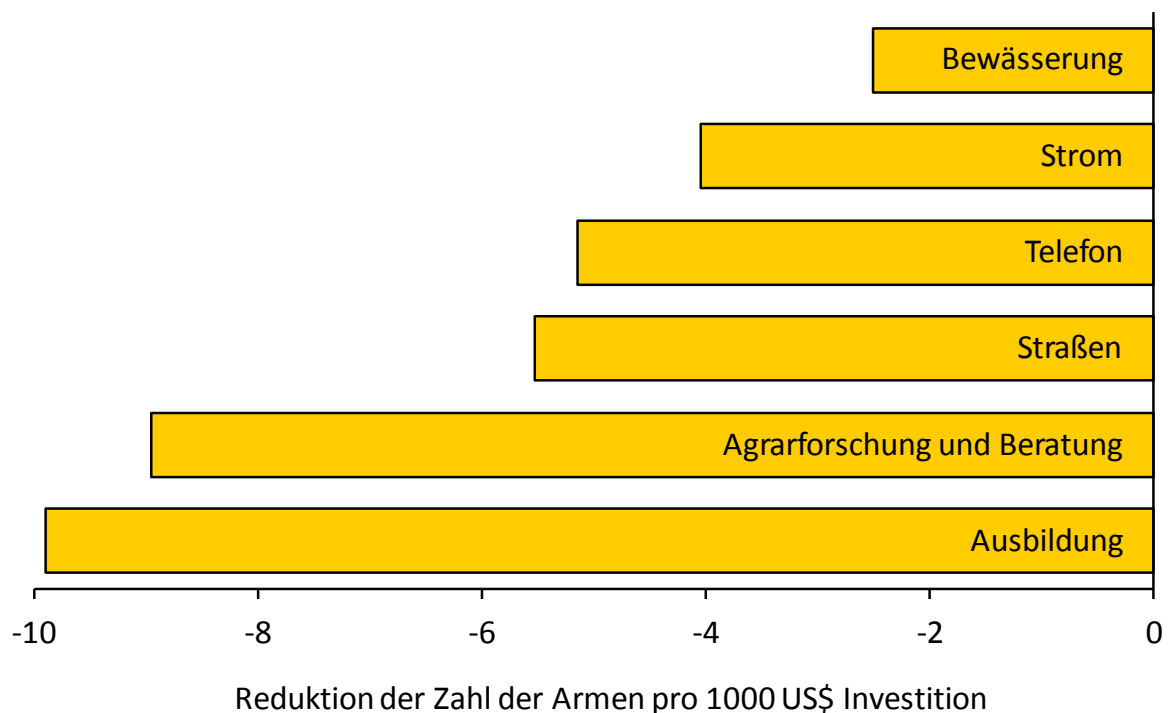
Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Subramanian und Qaim (2010).

Auch angepasste Agrartechnologie kann erheblich zur Einkommenssteigerung im Kleinbauernsektor beitragen. Während Mechanisierung oftmals eher für größere landwirtschaftliche Betriebe geeignet ist, können verbessertes Saatgut, Bewässerung, neue bodenschonende Maßnahmen oder Nachernteverfahren auch gewinnbringend von kleinen Produktionseinheiten eingesetzt werden. Auch transgene Pflanzen können helfen, Armut zu reduzieren, wenn sie an die agronomischen und sozialen Bedingungen im Kleinbauernsektor angepasst sind. Eine Studie zu transgener insektenresistenter Baumwolle in Indien belegt, dass diese Technologie die Erträge und Einkommen von Kleinbauern

deutlich erhöht hat, während der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel um 50% gesenkt wurde (Kathage und Qaim 2012). Durch die höhere Ernte haben sich auch positive Beschäftigungseffekte im ländlichen Raum ergeben, wovon vor allem Landarbeiterfamilien profitieren. Von den positiven Einkommenseffekten der transgenen Baumwolle entfallen in Indien 60% auf Haushalte unterhalb der Armutsgrenze (Abbildung 2.7) (Subramanian und Qaim 2010).

Allgemein ist ländliche Entwicklung einer der wichtigsten Ansatzpunkte zur Bekämpfung von Hunger und Armut. Für das Beispiel China konnte gezeigt werden, dass Investitionen im ländlichen Raum nicht nur wirkungsvoll, sondern auch sehr effizient für die Armutsreduktion sind. Pro 1000 US\$ an Investitionen in ländliche Schulbildung konnten in den vergangenen Jahrzehnten in China rund 10 Menschen aus der Armut befreit werden (Abbildung 2.8).

Abbildung 2.8: Effizienz der Armutsreduktion in China für unterschiedliche Maßnahmen der ländlichen Entwicklung



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Fan et al. (2004).

Ähnlich erfolgreich waren Investitionen in Agrarforschung und Beratung, aber auch der Bau von Straßen sowie Telefon- und Stromanschlüssen hat deutlich und effizient zur Armutsreduktion

beigetragen. Dabei spielen auch nicht-landwirtschaftliche Sektoren eine wichtige Rolle. Zum Beispiel ist Elektrizität ein wichtiger Input für kleine Handwerksbetriebe, so dass sich die Erwerbsmöglichkeiten im ländlichen Raum auf breiter Ebene verbessern. Diese konkreten Ergebnisse sind spezifisch für China, allerdings zeigen auch Studien für andere Entwicklungsländer, dass ländliche Investitionen sich lohnen – sowohl mit Blick auf wirtschaftliches Wachstum als auch hinsichtlich der Verteilungsgerechtigkeit (World Bank 2008).

2.4.4 Komplementarität und Endogenität politischer Maßnahmen

Dieser Teil der Arbeit hat bis hierher verschiedene potenzielle Entwicklungen und Maßnahmen sowohl auf der Angebots- wie Nachfrageseite der Agrarrohstoff- und Nahrungsmittelmärkte diskutiert.

Es muss beachtet werden, dass bis hierher eine statische Betrachtung von Einflussfaktoren auf das Angebot und die Nachfrage auf der globalen Ebene vorgenommen wurde. In einer dynamischen Betrachtung kann es durchaus darauf ankommen, in welcher Reihenfolge und in welcher Kombination bestimmte Entwicklungen stattfinden und Maßnahmen getroffen werden. In Abschnitt 2.4.2 wurde bereits von der Notwendigkeit gesprochen, durch Handelsregeln und nationale Politikmaßnahmen sicherzustellen, dass Externalitäten und öffentliche Güter in den Preisen abgebildet werden. Sollte dies jedoch nicht geschehen, muss nach der Theorie des Zweitbesten (Lipsey und Lancaster 1956) das komplette Bündel politischer Maßnahmen überdacht werden.

In diesem Zusammenhang gilt es weiterhin zu beachten, dass auch die in diesem Kapitel diskutierten Maßnahmen, die angebotsausweitend oder nachfragedämpfend wirken sollen, endogen sein können. D.h. dass bestimmte Angebots-, Nachfrage- und Preisentwicklungen die Umsetzung bestimmter Maßnahmen auf der politischen Ebene begünstigen oder erschweren können. So wurden z.B. als Reaktion auf den starken Preisanstieg für Agrarrohstoffe im Jahr 2008 Mittel für die Agrarentwicklungsförderung aufgestockt (siehe Einleitung 2.1). Auch auf der Nachfrageseite ist eine gewisse Elastizität des Diskurses und der politischen Entscheidungen zu beobachten. So sind die Rufe

nach einer Begrenzung der Förderung der Bioenergie sowie die Initiative „Zu gut für die Tonne“ und auch eine vermehrte Diskussion unseres Fleischkonsums auch vor dem Hintergrund von hohen Agrarpreisen entstanden, während in der Tiefpreisphase der 1990er-Jahre Flächenstilllegung ganz oben auf der politischen Agenda stand. Als neues Phänomen wurde auch das unter dem Schlagwort „Land Grabbing“ bekannt gewordene Phänomen großer Landkäufe durch hohe Agrarpreise mitausgelöst (Borras et al. 2011).

Aber auch der umgekehrte Zusammenhang ist durchaus, zumindest kurzfristig, beobachtbar. So sind bestimmte angebotsverknappende Politikmaßnahmen immer dann zu beobachten, wenn das Angebot ohnehin knapp ist. Hier sind vor allem Exportrestriktionen großer Getreideexportnationen zu nennen. Diese führen kurzfristig zu Verwerfungen auf dem Weltmarkt (Shei und Thompson 1977) aber reduzieren auch die Preise in den Exportländern (Götz et al. 2013), was potenziell auch Einfluss auf das mittelfristige Angebot hat, da Produktionsanreize verloren gehen.

2.5 Fazit

Hunger und Unterernährung sind nach wie vor weit verbreitete Probleme in den Entwicklungsländern, die höhere öffentliche und politische Aufmerksamkeit erfordern. Die globale Nachfrage nach Nahrungsmitteln und anderen Agrarprodukten wächst hauptsächlich bedingt durch die zunehmende Weltbevölkerung derzeit schneller als das Angebot, so dass die Preise auf dem Weltmarkt steigen. Bis 2050 könnte sich die Nachfrage verdoppeln. Dieser Nachfragetrend wird sich durch veränderte Bioenergiepolitik und nachhaltigeren Konsum etwas bremsen aber nicht umkehren lassen. Insofern muss auch die landwirtschaftliche Produktion stark gesteigert werden, was vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen eine enorme Herausforderung darstellt. Die Priorität muss hierbei klar auf die Entwicklungsländer gelegt werden. Trotzdem trägt auch Europa Verantwortung, durch eine produktive und effiziente Landwirtschaft zur globalen Versorgungssicherung beizutragen. Eine deutliche Produktionssteigerung in der globalen Landwirtschaft ist möglich, auch ohne dabei die natürlichen Ressourcen und Umweltgüter überzustrapazieren. Allerdings erfordert dies die

konsequente und standortangepasste Ausnutzung der Wissenschaft in all ihren Facetten, inkl. der Förderung und Umsetzung auch neuer Technologien wie der Gentechnik.

Eine global ausreichende Nahrungsproduktion ist aber nur notwendige und nicht hinreichende Bedingung für Ernährungssicherung. Ernährungssicherheit erfordert auch einen besseren ökonomischen Zugang zu Nahrungsmitteln für alle Menschen. Hierfür ist Armutsbekämpfung zentrale Voraussetzung. Da ein Großteil der armen und hungernden Menschen im ländlichen Raum der Entwicklungsländer lebt, muss die ländliche Entwicklung besonders gefördert werden. Vor allem die Förderung des Kleinbauernsektors ist nicht nur ein wirkungsvoller, sondern auch ein sehr effizienter Ansatz zur Armutsbekämpfung.

Der Hunger ist sowohl ein Produktions- als auch ein Verteilungsproblem und sollte nicht auf eines der beiden Aspekte reduziert werden. Über die Preise für Nahrungsmittel sind beide Problembereiche eng miteinander verbunden. Es gibt keine einfachen Patentrezepte zur Hungerbekämpfung. Aber durch weitsichtige und umfassende Lösungsansätze in allen genannten Bereichen ist Ernährungssicherheit längerfristig ein erreichbares Ziel. Die Landwirtschaft spielt dabei in mehrfacher Hinsicht eine zentrale Rolle.

Teil drei

3 Simulationen zu Einflussfaktoren auf die weltweite Unterernährung⁴

⁴ Ergebnisse ähnlicher Simulationen sind veröffentlicht in Klümper und Qaim (2013a) und Klümper und Qaim (2013b).

3.1 Einleitung

Im vorangegangenen Kapitel wurden langfristige Trends der Welternährungslage thematisiert und die Bedeutung einer Reduzierung der Nachfrage wie auch einer Ausweitung des Angebots mithilfe landwirtschaftlicher Produktivitätssteigerungen aufgezeigt. Wie sich verschiedene Nachfrage- und Angebotsszenarien unter bestimmten Annahmen auf die Zahl der Hungernden auswirken könnten, wird in diesem Kapitel behandelt.

Häufig werden in der Debatte um die Welternährung produzierte Mengen an Nahrungs- und Futtermitteln mit den Nahrungsbedürfnissen von Menschen verglichen. So errechnen beispielsweise West et al. (2014), dass die Schließung der Ertragslücken der wichtigsten Feldfrüchte auf 50% des klimatisch möglichen Ertrages ausreichend zusätzliche Nahrung bereitstellen würde, um den Nahrungsenergiebedarf von 850 Mio. Menschen zu decken. Analog argumentiert auch da Silva (2013), dass die globalen Nahrungsmittelverluste 870 Mio. Menschen ernähren könnten. Es finden sich viele weitere Beispiele solcher Art.

Dies sind vereinfachte Betrachtungen, da sie Marktmechanismen, also das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage, als Einflussfaktor auf die Nahrungsverteilung ausblenden. Methodisch stehen dieser Herangehensweise komplexere allgemeine Gleichgewichtsmodelle gegenüber, mit denen Zukunftsszenarien berechnet werden können (siehe beispielsweise Nelson et al. 2010), oder der Einfluss bestimmter Politikmaßnahmen auf die landwirtschaftliche Produktion und Agrarpreise (wie beispielsweise in Banse et al. 2008). Diese Computermodelle geben meist Preise als Output aus oder simulieren Wohlfahrtswirkungen unter begrenzten Rahmenbedingungen. Beides erlaubt keine direkten Rückschlüsse auf die weltweite Ernährungssicherheit. Zudem sind CGE-Modelle häufig sehr intransparent, was die zugrunde liegenden Annahmen angeht.

Zur Schätzung der Wirkung verschiedener Einflussfaktoren der Nachfrage nach und des Angebots an Agrargütern auf die Zahl der Hungernden in der Welt wird im Folgenden ein einfaches partielles Gleichgewichtsmodell entwickelt. Dieses verknüpfen wir mit der von der Ernährungs- und

Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen verwendeten Methode (im Folgenden FAO-Methode) zur Ermittlung der Zahl der Hungernden (FAO 2013). Wie im vorangegangenen Kapitel und in der Einleitung angedeutet, ist der Diskurs vielfach geprägt von vereinfachten Paradigmen über die Natur des Welternährungsproblems (Verteilungs-/Produktionsproblem) und die damit einhergehenden, geeigneten Lösungsansätze. In diesem Kapitel der Arbeit werden daher zwei ausgewählte Treiber der Nachfrage nach Agrarrohstoffen - die Nachfrage nach Fleisch und nach Biotreibstoffen - sowie ein Szenario alternativer landwirtschaftlicher Flächenproduktivität in Europa analysiert.

Während viele Publikationen das Zusammenspiel einer ganzen Reihe von Faktoren für die Welternährungslage betonen (Grote 2014; Breustedt und Qaim 2012; Bauhus et al. 2012), gibt es an anderer Stelle Uneinigkeit in dieser Frage. So wird bisweilen der Einfluss von Faktoren der Nachfrage wie der Bioenergie für vernachlässigbar gehalten, mit dem Verweis auf die Bedeutung der Agrarproduktion (Schmitz und Moleva 2013). Auch die gezielte umgekehrte Argumentation ist zu beobachten, z.B. in Tschardt et al. (2012). Oder aber es erfolgt die einseitige Betonung der schädlichen Wirkung einzelner Faktoren der Nachfrage, z.B. des Fleischkonsums, wie in Fritz (2011). Studien zur Wirkung selektiver Einflussfaktoren haben selbstverständlich ihre Berechtigung, laufen jedoch stets Gefahr, einseitig instrumentalisiert zu werden. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Analyse drei Faktoren untersucht, die in der Debatte um die wichtigsten Faktoren für die Lage der Welternährung gegeneinander ins Feld geführt werden.

Dieser Teil der Arbeit ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 3.2 werden Hintergründe zu den in der Analyse behandelten Einflussfaktoren (Fleischkonsum, Biotreibstoffe, landwirtschaftliche Produktivität in Europa) diskutiert. In Abschnitt 2.3 wird die angewandte Methodik erläutert, bevor die Simulationsergebnisse in Kapitel 3.4 vorgestellt und in Kapitel 3.5 diskutiert werden. In Abschnitt 3.6 schließt dieser Teil der Arbeit mit Schlussfolgerungen.

3.2 Hintergrund

Dieser Abschnitt ist in die drei Teile Fleischkonsum, Biotreibstoffe und landwirtschaftliche Produktivität in Europa gegliedert. Die ersten beiden Aspekte werden dabei den nachfrageseitigen Einflussfaktoren auf die Welternährung zugeschrieben, während letzterer dem Angebot zugeordnet ist.

3.2.1 Fleischkonsum

Nach den aktuellsten Daten der FAO liegt der durchschnittliche Fleischkonsum⁵ weltweit bei 42,2 kg pro Person und Jahr (FAO 2014b). Der Fleischkonsum ist global allerdings sehr ungleich verteilt. In den OECD-Ländern betrug die konsumierte Menge im gleichen Zeitraum 84,2 kg pro Person. Die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) liegen bei 300-600 g Fleisch und Wurstwaren pro Woche (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. 2014). Das entspricht einem jährlichen Fleischkonsum von maximal 31,3 kg pro Person und Jahr, also weit weniger als das derzeitige Niveau in den Industrieländern. In den nächsten 10 Jahren prognostiziert die OECD einen weiteren Anstieg des weltweiten Fleischkonsums pro Person um 7% (OECD 2014b). Die wichtigsten Treiber des steigenden Fleischkonsums sind Einkommenssteigerungen und Urbanisierung, und dies unabhängig voneinander (FAO 2009; Rae 1998). Hinzu kommt das globale Bevölkerungswachstum.

Der Fleischkonsum und die damit verbundene Tierhaltung beeinflusst von Hunger betroffene Bevölkerungsgruppen auf vielfältige Art und Weise, u.a. durch die direkte Bereitstellung von Nahrung, als Einkommensquelle oder zur Risikominderung (FAO 2009). In diesem Beitrag werden nur die Auswirkungen des Fleischkonsums auf die Welternährung über die Konkurrenz von Futtererzeugung und Nahrungsmittelerzeugung thematisiert. Futtererzeugung konkurriert mit

⁵ Bei diesen Zahlen handelt es sich um den Konsum von Fleisch, nicht um den Verzehr. Den beiden Begriffen liegen unterschiedliche Definitionen zugrunde.

Nahrungsmittelerzeugung um begrenzte Ressourcen, allen voran Land. Durch die sog. Veredlungsverluste wird zur Erzeugung der gleichen Menge Nahrungsenergie aus tierischen Produkten mehr Land benötigt als zur Erzeugung der gleichen Menge pflanzlicher Nahrungsenergie (Wilkinson 2011). Genauere Zahlen finden sich in Abschnitt 3.4.1. Zukünftig wird die Nachfrage nach Konzentratfuttermitteln stärker steigen als die Nachfrage nach Fleisch, da deren Anteil in der Fütterung ansteigt. Keyzer et al. (2005) gehen von jährlichen Wachstumsraten von etwa 4% pro Jahr aus, den Nachfrageanstieg bei Fleisch schätzen sie auf etwa 2% jährlich.

3.2.2 Biotreibstoffe

Analog zum Fleischkonsum geht es bei den Biotreibstoffen um die (Flächen-)Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion. Die weltweite Produktion von Biodiesel betrug im Jahr 2013 26,2 Mrd. Liter, die von Bioethanol 104,8 Mrd. Liter. Hauptproduzenten sind die USA und Brasilien. Bis 2023 wird ein Anstieg der jährlichen Produktion auf über 200 Mrd. Liter Biotreibstoff prognostiziert (OECD 2014a).

Verschiedene Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Biotreibstoffproduktion zu steigenden Nahrungsmittelpreisen beigetragen hat (Banse et al. 2008; Rosegrant 2008; Mitchell 2008). Über die Höhe des Einflusses der Biotreibstoffproduktion auf den Welthunger bestehen keine umfassenden Untersuchungen, jedoch besteht Konsens, dass eine preissteigernde Wirkung vorliegt. Somit ist davon auszugehen, dass die Biotreibstoffproduktion die Unterernährung in globalem Maßstab verstärkt.

3.2.3 Landwirtschaftliche Produktivität in Europa

Die Flächenproduktivität in der Europäischen Union ist in den vergangenen Jahrzehnten stark angestiegen. Die Produktivitätszuwächse bei den wichtigsten Getreidearten, Weizen und Mais, waren dabei in Europa auch höher als im Rest der Welt (Kirschke et al. 2011). Dieser Trend verlief allerdings nicht linear. Insbesondere in den Ländern mit höheren Erträgen stagnieren die Ertragszuwächse.

Beispielsweise stiegen die Erträge bei Weizen in Deutschland und Frankreich von 1960-2000 von 3 t/ha auf 7 t/ha, seitdem verbleiben sie auf etwa dem gleichen Niveau.

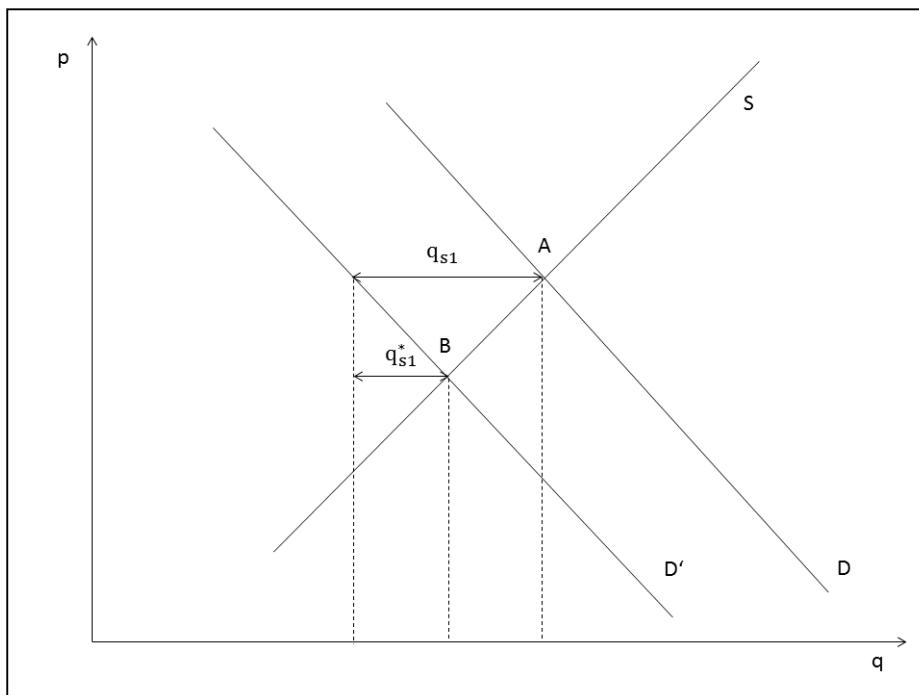
3.3 Methodik

Dieser Abschnitt ist in zwei Teile gegliedert: zunächst wird das partielle Gleichgewichtsmodell erläutert, bevor auf die Methode der FAO eingegangen wird.

3.3.1 Partielles Gleichgewichtsmodell

Mit einem partiellen Gleichgewichtsmodell lassen sich die Auswirkungen verschiedener Angebots- und Nachfrageszenarien auf die verfügbare Kalorienmenge simulieren. Eine Veränderung der Nachfrage oder des Angebots kann als ein Nachfrage- bzw. Angebotsschock aufgefasst werden, der eine Verschiebung des Marktgleichgewichts induziert. Im Ergebnis verändert sich die Menge an gehandelten Agrarprodukten in Richtung des Schocks, wird jedoch durch Anpassungen der angebotenen und der nachgefragten Menge abgepuffert.

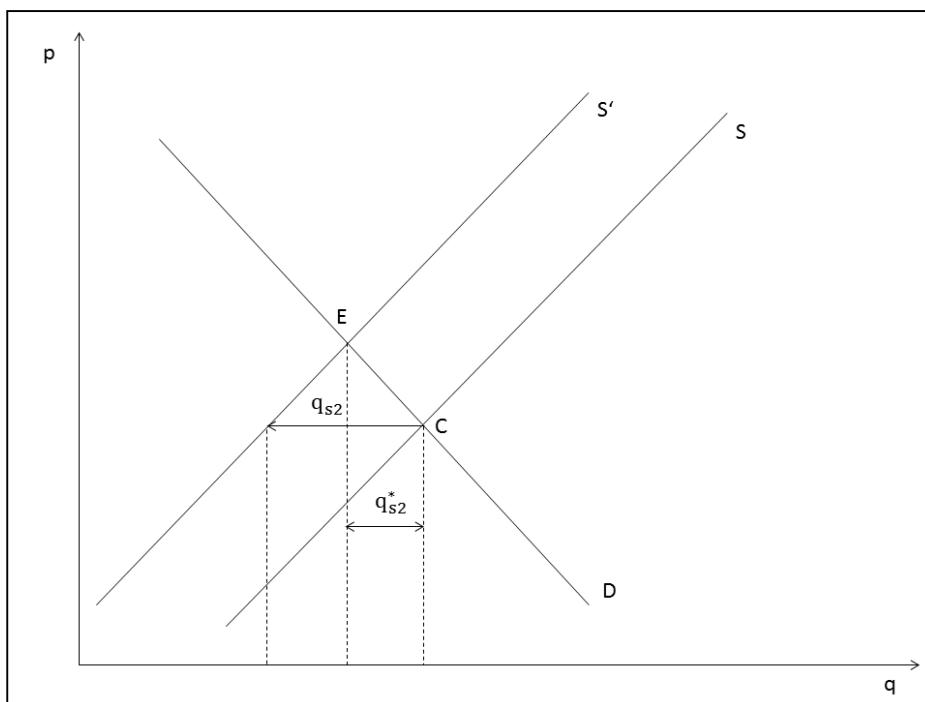
Abbildung 3.1: Mechanismus eines Nachfrageschocks



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3.1 veranschaulicht beispielhaft einen negativen Nachfrageschock. Simuliert man beispielsweise einen Nachfragerückgang der Höhe q_{s1} auf den Weltgetreidemärkten, ausgelöst beispielsweise durch eine verminderte Nachfrage nach Biotreibstoffen oder Futtermitteln für die Fleischproduktion, verschiebt sich das Marktgleichgewicht von Punkt A zu Punkt B. Verglichen mit dem ursprünglichen Nachfragerückgang der Höhe q_{s1} steht den Märkten die Menge q_{s1}^* zusätzlich zur Verfügung.

Abbildung 3.2: Mechanismus eines Angebotsschocks



Quelle: eigene Darstellung

Eine Veränderung der landwirtschaftlichen Produktivität in Europa kann als Angebotsschock modelliert werden. Abbildung 3.2 veranschaulicht dies. Der negative Angebotsschock von der Höhe q_{s2} resultiert in einer Verschiebung des Marktgleichgewichts von Punkt C zu Punkt E. Die tatsächlich an den Märkten weniger zur Verfügung stehende Menge an Agrarprodukten wäre jedoch geringer als der ursprüngliche Schock, nämlich q_{s2}^* .

In welchem Maße simulierte Mengenveränderungen auf dem Weltmarkt für Getreide mit einer Veränderung des Hungers zusammenhängen, hängt davon ab, inwieweit von Unterernährung betroffene Staaten und auch Haushalte mit einer Änderung ihrer nachgefragten Menge (im Beispiel

q_{s1}^* und q_{s2}^*) auf die simulierten Preisänderungen auf den Weltmärkten reagieren. In der Realität hängt dies von vielen Faktoren ab, die nicht ohne weiteres in ein einfaches Modell integrierbar sind. In den vorliegenden Simulationen wird daher die vereinfachte Annahme getroffen, dass die Änderung der nachgefragten Menge zu 49,3% auf den Bereich Futtermittel entfällt und zu 50,7% auf den Bereich Nahrungsmittel. Dies ist laut food balance sheet (siehe Abschnitt 3.3.2 für weitere Erläuterungen) für das Referenzjahr 2011 das globale Verhältnis der Energie in Futtermitteln und in der Nahrung (FAO 2014b). Weiterhin wird eine Gleichverteilung der zusätzlichen Nahrung (50,7% der zusätzlich nachgefragten Menge) auf alle Menschen der Erde simuliert. Dies entspricht einer einheitlichen Menge an Nahrungsenergie, die jedem Menschen zusätzlich zur Verfügung steht.

Entscheidend für den Einfluss eines Schocks auf die Gleichgewichtsverschiebung sind die Eigenpreiselastizitäten der Nachfrage und des Angebots. Neben den Märkten für Fleisch geht es in diesem Artikel in erster Linie um einen fiktiven Weltmarkt für Konzentratfuttermittel wie Mais und Sojaschrot. Mais ist das weltweit am meisten eingesetzte Getreide zur Fütterung. Die verfügbaren Elastizitäten sind laut FAPRI (2014) sehr heterogen für einzelne Ländermärkte. Die Nachfrageelastizitäten reichen von -0,39 bis -0,02, bei Mais als Nahrungsmittel von -0,51 bis -0,08. Die Angebotselastizitäten für Mais als Futter- oder Nahrungsmittel reichen von 0,07 bis 0,7. Betragsmäßig kann also von etwa gleich hohen Elastizitäten ausgegangen werden. Zur Schaffung einer transparenten Simulation werden die Elastizitäten deshalb auf -0,5 bzw. 0,5 für Nachfrage bzw. Angebot festgesetzt, d.h. es wird angenommen, dass ein Schock genau zur Hälfte in einer Verschiebung des Marktgleichgewichts übersetzt wird. Die Simulation erfolgt nicht simultan. Auf diese Weise bleiben in den Simulationen zu Änderungen der Fleischnachfrage Angebotsänderungen aufgrund einer Futtermittelverbilligung unberücksichtigt.

In einem nächsten Schritt wird die so ermittelte Menge an Nahrungsenergie in die Berechnung der Zahl der Hungernden nach der FAO-Methode einbezogen.

3.3.2 Die FAO-Methode

Die FAO nutzt food balance sheets zur Berechnung der verfügbaren Nahrungsmenge in jedem Land der Erde. Ein Hauptindikator, der sich hieraus ableiten lässt, ist die durchschnittlich zur Verfügung stehende Menge an Nahrungsenergie (dietary energy supply, DES). Neuerdings werden auch Verluste auf Haushaltsebene berücksichtigt, was zu einer Schätzung der durchschnittlich konsumierten Menge an Nahrungsenergie (dietary energy consumption, DEC) führt. Weiterhin ermittelt die FAO länderspezifische Dichtefunktionen der Verteilung der Nahrungsenergie sowie den minimalen Nahrungsenergiebedarf, welcher Ernährungssicherheit garantiert (minimum dietary energy requirement, MDER) (FAO 2012). Hieraus kann abgeleitet werden, welcher Anteil der Bevölkerung eines Landes nicht ausreichend mit Nahrungsenergie versorgt ist.

Die länderspezifische Verteilungsfunktion wird u.a. mit Haushaltsbefragungen ermittelt. Als Funktion verwendet die FAO für einen Teil der Länder die Log-Normal-Verteilung, für andere Länder eine schiefe Normalverteilung (FAO 2012). In diesen Simulationen wird lediglich die Log-Normal-Verteilung mit Daten aus (FAO 2012) verwendet.

3.4 Szenarienformulierung und Ergebnisse

Dieser Abschnitt beinhaltet die Beschreibung der simulierten Szenarien sowie die erzielten Ergebnisse. Hierbei werden die drei Einflussfaktoren Fleischkonsum, Biotreibstoffe und landwirtschaftliche Produktivität in Europa in einzelnen Unterabschnitten separat betrachtet.

3.4.1 Fleischkonsum

Bezüglich des Fleischkonsums wird ein Rückgang der Fleischnachfrage um 50% für die geographischen Regionen Deutschland, die Europäische Union und alle OECD-Länder (Szenarien A-C) simuliert. In zwei weiteren Szenarien (Szenarien D-E) erfolgt die Simulation eines 50-prozentigen Rückgangs der Nachfrage in den OECD-Ländern bei einem gleichzeitigen 50-prozentigen Anstieg der Nachfrage in den Nicht-OECD-Ländern. Zum Ersatz der aus Fleisch stammenden Nahrungsenergie wird dabei ein

simultaner Schock auf dem Markt für Getreide angenommen und simuliert, sodass mehr Getreide für die menschliche Ernährung benötigt wird. Gleichzeitig sinkt die verfütterte Menge an Getreide stärker als die Menge für die menschliche Ernährung zunimmt. Der Nachfrageschock führt auch auf den Weltfleischmärkten zu Anpassungsreaktionen, die die Schocks abfedern: so steigt bei einem Nachfragerückgang die nachgefragte Menge im Rest der Welt (der Rest der Welt umfasst alle Länder, für die kein Schock simuliert wird) und umgekehrt.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass Nahrungsenergie aus Fleisch genauso verteilt ist wie andere Arten von Nahrungsenergie. Der Fleischkonsum der von Unterernährung Betroffenen ist sehr unterdurchschnittlich, besonders wenn es sich um Fleisch handelt, das auf weltweit integrierten Märkten gehandelt wird. Aus diesem Grund wird die Veränderung der Nahrungsenergie aus Fleisch im Rest der Welt nicht in die Berechnung mit einbezogen.

Die für die Erzeugung von Fleisch benötigte Menge an Konzentratfuttermitteln lässt sich nicht als globaler Durchschnitt ermitteln. Insbesondere ist der Beitrag der Gesamtmengen zu den verschiedenen Hauptproduktkategorien - Milchprodukte, Fleisch und Eier - auf globaler Ebene nicht identifizierbar. Wir gehen hier davon aus, dass das Fleisch aus Intensivtierhaltung stammt. In den Industrieländern ist der Anteil der Intensivtierhaltung bereits recht hoch. Für die Simulation eines Schocks in Nicht-OECD-Ländern, kann davon ausgegangen werden, dass eine starke Ausdehnung der Fleischproduktion nicht ohne Intensivtierhaltung möglich ist. Messer und DeRose (1998) geben Quotienten für die Futtermittelverwertung (Futtergetreidemenge/Fleischmenge) von 2, 4 und 7 für respektive Hähnchen, Schwein und Rind an. Für die USA kommen Eshel et al. (2014) bei einer neueren Untersuchung auf Zahlen von 1,8 kg Getreide pro kg Fleisch für Hähnchen und 3,2 kg beim Schwein. Wilkinson (2011) ermittelt Werte der Verwertung aller Konzentrate für das Vereinigte Königreich und kommt auf Quotienten von 2,3 beim Hähnchen, 4 beim Schwein und 8,8 beim Rind in Intensivmast. Daher wird in diesen Simulationen die Annahme eines Verhältnisses von 3 kg Getreide für die Erzeugung eines kg Fleisch getroffen. Die Annahme ist also als eher vorsichtig einzuschätzen, da

geringere Futtermittelnachfragen (höhere Quotienten) zu größeren Nachfragerückgängen nach Futtergetreide führen würden.

Die einzelnen Berechnungsschritte für die Szenarien A-E finden sich in Tabelle 3.1. Durch einen Nachfrageschock auf den Fleischmärkten (1) entsteht eine Verschiebung des Marktgleichgewichts (2). Das bedeutet eine erhöhte Verfügbarkeit von Nahrungsenergie aus Fleisch für die Regionen, für die kein Schock simuliert wurde (3). Diese Nahrungsenergie wird aus o.g. Gründen nicht in der FAO-Methode berücksichtigt. Aus der Kombination des Ersatzes von Nahrungsenergie aus tierischen Produkten durch Nahrungsenergie aus Getreide sowie dem Rückgang der benötigten Futtermenge entsteht ein Netto-Nachfrageschock auf den Weltgetreidemärkten (4). Dieser Schock wird durch eine Angebotsreduzierung teilweise abgedeckt (5) und nur ein Teil der zusätzlich verfügbaren Menge geht in die menschliche Ernährung (6), ein Anteil von 51% in die Tierernährung. Dies führt zu einer Veränderung in der verfügbaren Nahrungsenergie aus Getreide (7).

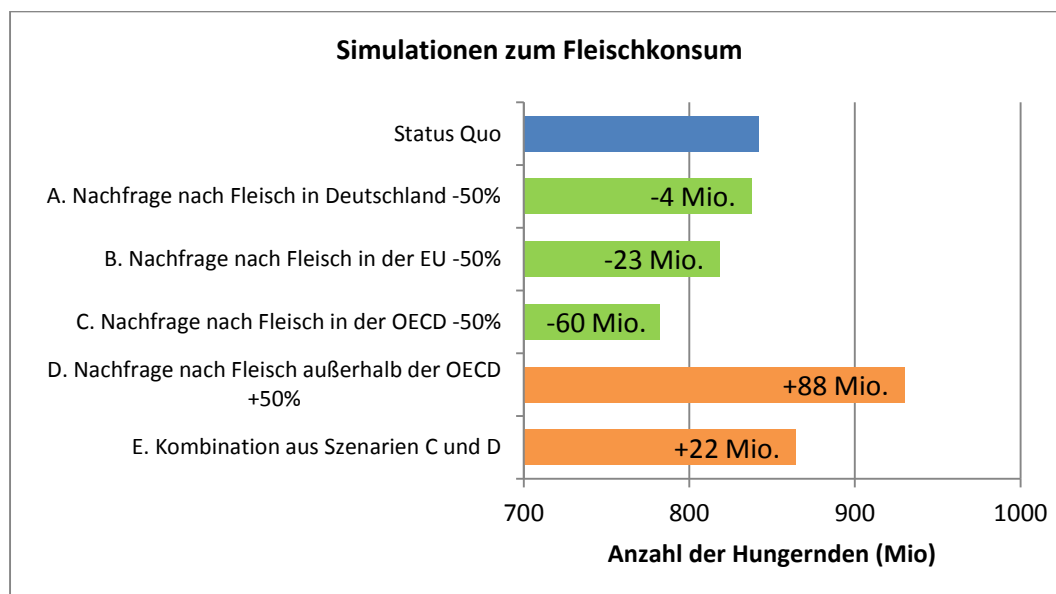
Tabelle 3.1: Simulationsschritte in den Szenarien A bis E zum Fleischkonsum

	A	B	C	D	E
Simulierter Schock der Fleischnachfrage	-50% in Deutschland	-50% in der EU	-50% in OECD-Ländern	+50% in Nicht-OECD-Ländern	Kombination aus Szenarien C und D
(1) Veränderung Fleischnachfrage (Nachfrageschock) (1000 t)	-3644	-20943,5	-52571	92753,5	40182,5
(2) Verschiebung des Marktgleichgewichts für Fleisch (1000 t)	-1822,0	-10471,8	-26285,5	46376,8	20091,3
(3) Veränderung in der verfügbaren Nahrungsenergie aus Fleisch (nach Schock) (kcal/Person/Tag)	-1,1	-7,0	-16,1	42,4	18,4
(4) Resultierender Nachfrageschock Getreidemärkte (1000 t)*	-3770,5	-20523,7	-53721,5	72859,3	19137,8
(5) Zusätzlich verfügbare Getreidemenge (1000 t)	1885,2	10261,9	26860,7	-36429,7	-9568,9
(6) Anteil aus (5) zur menschlichen Ernährung (1000 t)	929,6	5060,1	13244,8	-17963,2	-4718,4
(7) Veränderung in der verfügbaren Nahrungsenergie aus Getreide (kcal/Person/Tag)	1,2	6,5	17,0	-23,1	-6,1

*Gesamteffekt aus Futtermittelnachfrage und Ersatz von Nahrungsenergie aus Fleisch durch Nahrungsenergie aus Getreide; Quelle: eigene Berechnungen mit Daten aus FAO (2014b)

In den Szenarien A-C stehen mehr Kalorien für die menschliche Ernährung zur Verfügung. Insgesamt sind die Auswirkungen der Fleischnachfrageszenarien auf die verfügbare Nahrungsenergie aus Getreide nicht sehr hoch, wenn zu der im Jahr 2011 global durchschnittlich verfügbaren Nahrungsenergie von 2868 kcal/Person/Tag ins Verhältnis gesetzt werden. Eine große Rolle hierfür spielt die simulierte Elastizität der globalen Fleischnachfrage. Somit überträgt sich nur ein kleinerer Teil des Nachfrageschocks auf die Getreidemärkte. Trotzdem wirken sich diese Zahlen nicht unerheblich auf die Zahl der Unterernährten aus. Die Ergebnisse der Simulation nach der FAO-Methode finden sich in Abbildung 3.3: Auswirkungen der simulierten Änderungen der Fleischnachfrage auf die Anzahl der Hungernden.

Abbildung 3.3: Auswirkungen der simulierten Änderungen der Fleischnachfrage auf die Anzahl der Hungernden



Quelle: eigene Berechnungen mit Daten aus FAO (2012)

Ausgehend vom Status Quo von 842 Mio. Hungernden im Jahr 2011 könnte durch eine Halbierung des Fleischkonsums in der EU die Anzahl der Hungernden um 23 Mio. verringert werden und sogar um 60 Mio. bei einer OECD-weiten Simulation. Es wird aber ebenfalls deutlich, dass der Einfluss der Nicht-OECD-Länder noch größer ist. Eine 50%-prozentige Erhöhung der Nachfrage ergibt ein Simulationsergebnis von 88 Mio. zusätzlichen Hungernden, und bei einer gleichzeitigen Reduktion um die Hälfte in der OECD ergibt sich immer noch eine Steigerung ihrer Anzahl um 22 Millionen.

3.4.2 Biotreibstoffe

In einer separaten Analyse wird ein Nachfrageschock auf den Weltmärkten für Biotreibstoffe simuliert. Dabei variiert das Ausmaß des Schocks auf zwei Ebenen: einerseits hinsichtlich des Anteils der Transportenergie aus Biotreibstoffen an der gesamten Transportenergie, andererseits hinsichtlich der geographischen Reichweite des Schocks. Es wird ein jeweils vollständiger Verzicht auf Biotreibstoffe in der EU sowie in den OECD Ländern (Szenarien A und B) simuliert. In den Szenarien C und D wird dagegen eine Deckung von 10% der Transportenergie über Biotreibstoffe in der EU und in der gesamten OECD angenommen.

Dabei wird davon ausgegangen, dass Biotreibstoffquoten politisch gesetzt werden, so dass die Biotreibstoffnachfrage vom Preis unabhängig ist. Die Anpassungsreaktionen auf den Agrarrohstoffmärkten erfolgen durch ein erhöhtes Angebot sowie durch einen Rückgang der nachgefragten Menge für andere Zwecke als Treibstoff.

Bei der Biotreibstoffherstellung aus Mais entsteht Trockenschlempe (Dried Distillers Grains with Solubles, DDGS) als Nebenprodukt, welche als proteinreiches Futtermittel dient. Sie wird bei den Simulationen berücksichtigt, wobei vereinfachend von einer unelastischen Nachfrage nach Futterprotein ausgegangen wird. DDGS besitzt lediglich 24,8 % des Energiegehaltes von Mais (Feedipedia 2014), ersetzt Futtermais also hinsichtlich des Proteins zu ebendiesem Teil, hinsichtlich des Proteins vollständig. Deshalb finden Nachfrageschocks nur zu 75,2 % Berücksichtigung. Die Verarbeitung von Mais zu Ethanol wirkt also auf vier Märkten, von denen nur beim ersten keine Preiseffekte simuliert werden: dem Markt für Proteinfuttermittel (hier wird angenommen, dass die durch die Biotreibstoffproduktion zusätzlich entstehende DDGS abgenommen wird, aber keine Preiswirkung besitzt), dem Markt für Energiefuttermittel (der geringere Energiegehalt von DDGS gegenüber Mais wird berücksichtigt), dem Markt für Mais als Futtermittel und dem Markt für Mais für den menschlichen Verzehr. Die Berechnungen ausgewählter Simulationsschritte sowie die Ergebnisse finden sich in Tabelle 3.2.

Eine Veränderung der Biotreibstoffnachfrage führt hier zu einer Verschiebung der Nachfrage nach den entsprechenden Substraten. In den Simulationen wird ein Anteil von jeweils 50% nordamerikanischem Mais und südamerikanischem Zuckerrohr zugrunde gelegt, da Bioethanol gegenüber Biodiesel weltweit bedeutender ist, wenngleich in der EU Biodiesel überwiegt. Die Bioethanolausbeute wird mit 3,3 t/ha bei Mais (FAPRI 2006) angesetzt und mit 4,95 t/ha für Zuckerrohr (Brown 2006).

Aus diesen Zahlen und dem Nachfrageschock bei Biotreibstoff ergibt sich ein veränderter Flächenbedarf. Es wird angenommen, dass die Fläche, auf denen die Substrate angebaut werden, sowohl in Nord- wie auch Südamerika mit Mais zu nord- bzw. südamerikanischen Durchschnittserträgen bewirtschaftet werden könnte. Somit simulieren wir einen indirekten Angebotsschock auf den Weltgetreidemärkten.

Tabelle 3.2: Simulationsschritte in den Szenarien A bis D zur Biotreibstoffnachfrage

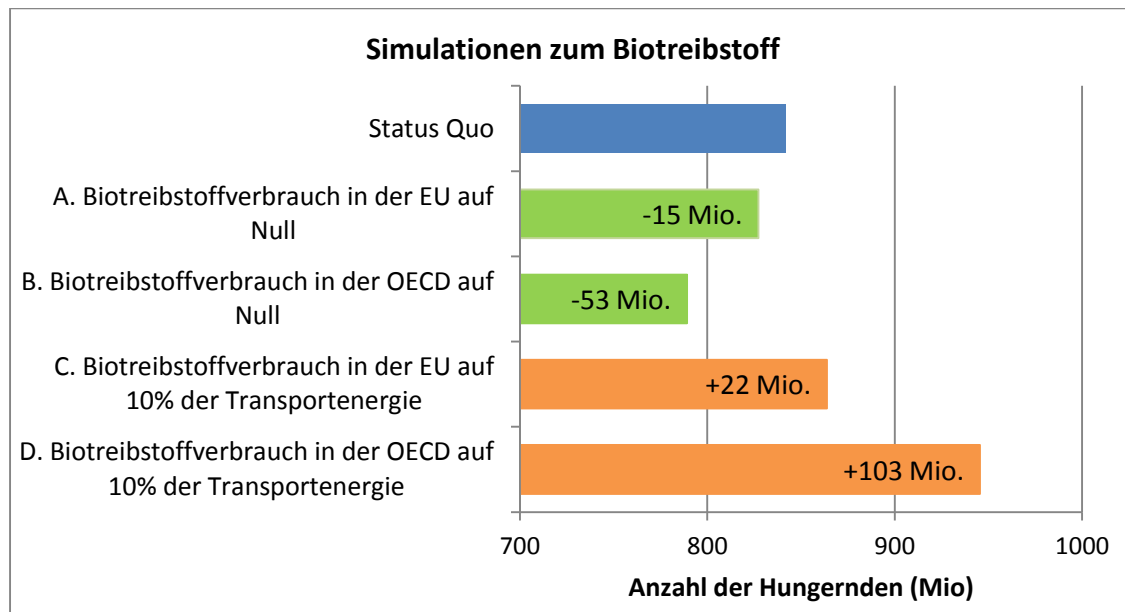
	A	B	C	D
Simulierter Schock der Biotreibstoffnachfrage	Kein Biotreibstoff in der EU	10% der Transportenergie in EU	Kein Biotreibstoff in der OECD	10% der Transportenergie in OECD
(1) Transportenergie aus Biotreibstoffen in 2011 (1000 t Öläquivalent)		13958		42000
(2) Transportenergie aus Biotreibstoffen in 2011 (% der gesamten Transportenergie)		4,09		3,56
(3) Simulierte Anteil von Biotreibstoffen an Transportenergie (%)	0	10	0	10
(4) Angebotsschock auf den Getreidemärkten (1000 t)	27922,0	-40430,5	101624,8	-184134,5
(5) Zusätzlich verfügbare Getreidemenge (1000 t)	13961,0	-20215,2	50812,4	-92067,2
(6) Anteil aus (5) zur menschlichen Ernährung (1000 t)	6884,1	-9968,0	25055,2	-45397,7
(7) Veränderung in der verfügbaren Nahrungsenergie aus Getreide (kcal/Person/Tag)	8,3	-12,0	30,2	-54,7

Quelle: eigene Darstellung mit Daten aus FAO (2014b), IEA (2014), Europäische Union (2014)

Aufgrund der angenommenen Elastizitäten (siehe Kapitel 1.3.1) sowie eines angenommenen Anteils von 51% des Weltgetreidemarktes, der nicht für die menschliche Ernährung bestimmt ist, wird lediglich ein Viertel des ursprünglichen Schocks (4) auf die verfügbare Menge an Getreide für

Nahrungsmittel (6) übertragen. Hieraus ergeben sich die entsprechenden Werte für die Nahrungsenergie pro Person und Tag (7), die eine Verringerung von bis zu 55 kcal/Person/Tag bedeuten können. Die Auswirkungen der Szenarien A bis D auf die Anzahl der Hungernden finden sich in Abbildung 3.4.

Abbildung 3.4: Auswirkungen der simulierten Änderungen der Biotreibstoffnachfrage auf die Anzahl der Hungernden



Quelle: eigene Berechnungen mit Daten aus FAO (2012)

Ein Verzicht auf Biotreibstoffe in der EU oder der OECD hätte gemäß dieser Simulationen eine Reduktion der Anzahl der Hungernden von 15 bzw. 53 Mio. zur Folge. Unter den Annahmen des Modells sind Biotreibstoffe somit für mehr als 10% der Hungernden verantwortlich. Eine Erhöhung der Nachfrage auf 10% der Transportenergie aus Biotreibstoffen hätte 22 Mio. bzw. 103 Mio. zusätzlich Hungernde zur Folge.

3.4.3 Landwirtschaftliche Produktivität

Die landwirtschaftliche Flächenproduktivität in der heutigen Europäischen Union ist von 1980 bis 2011 stark gestiegen. Trotz eines Flächenrückgangs um 9,05% konnte die Getreideproduktion um 28,5 % gesteigert werden. Dies beruht auf einem Ertragszuwachs von 41,3 % (FAO 2014b). Die Simulation beschränkt sich auf Getreide, es werden die Anbaufläche von 2011 und die Erträge von 1980

verwendet. Es werden die Auswirkungen eines Angebotsschocks auf die Weltgetreidemärkte simuliert, durch den die Ertragssteigerungen in der EU seit 1980 verloren gehen. Die Ergebnisse der Berechnungsschritte finden sich in Tabelle 3.3.

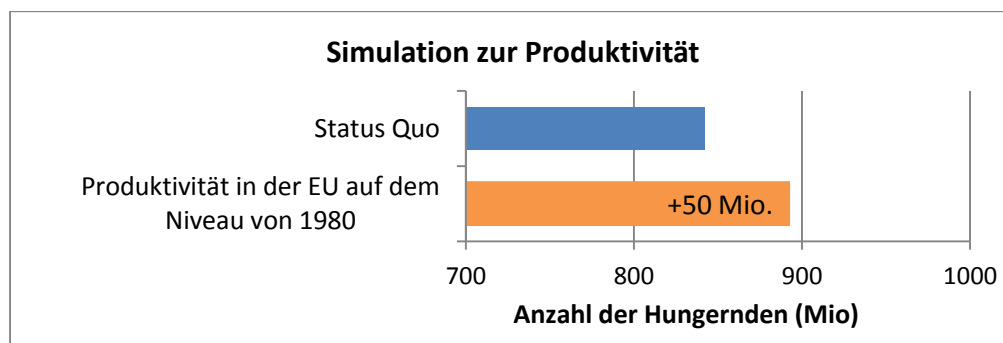
Tabelle 3.3: Simulationsschritte im Szenario veränderter Produktivität in der EU

(1)	Getreideproduktion in der EU in 2011 (1000 t)	294308,2
(2)	Getreideproduktion in der EU in 1980 (1000 t)	228973,0
(3)	Angebotsschock bei Wegfall der Ertragssteigerung (1000 t)	-86051,6
(4)	Wegfallende Getreidemenge (1000 t) unter Markt Anpassung	-43025,8
(5)	Anteil aus (4) zur menschlichen Ernährung (1000 t)	-21215,7
(6)	Veränderung in der verfügbaren Nahrungsenergie aus Getreide (kcal/Person/Tag)	-27,3

Quelle: eigene Darstellung mit Daten aus FAO (2014b)

Im Vergleich mit den anderen Szenarien, die die EU betreffen (Biotreibstoff auf null und Fleischkonsum auf 50 %), hat die Steigerung der Flächenproduktivität den vier- bis fünffachen Einfluss auf die Welternährung: Für jeden Bewohner der Erde stehen 27,3 kcal/Person/Tag mehr zur Verfügung. Eine Stagnation der Flächenproduktivität zwischen 1980 und 2011 hätte demnach eine Steigerung der Zahl der Hungernden von 50 Mio. zur Folge gehabt (siehe Abbildung 3.5).

Abbildung 3.5: Auswirkungen veränderter Produktivität auf die Anzahl der Hungernden



Quelle: Eigene Berechnungen mit Daten aus FAO (2014b)

3.5 Diskussion

Die simulierten Nachfrage- und Angebotsschocks auf dem Weltmarkt für Getreide lassen sich in Nahrungsenergie umrechnen. Bei einem angenommenen Energiebedarf von 2200 kcal/Person/Tag entspricht der Futterbedarf zur Erzeugung von 50% des Fleischkonsums in der EU dem gesamten Bedarf von 251 Mio. Menschen. Demgegenüber führen die Simulationen, die

Gleichgewichtsverschiebungen berücksichtigen, für dieses Szenario zu einer Reduktion der Zahl der Hungernden um 23 Mio. Menschen, also weniger als einem Zehntel des zuvor genannten Wertes. Dies macht deutlich, dass eine ökonomische Analyse zu fundamental anderen Schlussfolgerungen führt als ein rein buchhalterischer Vergleich. Die Höhe der geschätzten Effekte ist bezogen auf die Zahl der Hungernden im Status Quo signifikant. Auch wenn die Ergebnisse nur eine Größenordnung darstellen, sind die Einflüsse beträchtlich.

Für eine weitergehende Bewertung der drei Faktoren über die Ergebnisse der vorliegenden Simulationen hinaus, sind jedoch die Wirkungen auf andere Ziele, insbesondere durch z.B. Landnutzungswandel auf die Umwelt, mitentscheidend (Searchinger et al. 2008). Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die Welternährungswirkungen im Falle einer geringen globalen Angebotselastizität sehr hoch sind, während die Landnutzungswirkungen im umgekehrten Fall hoher globaler Angebotselastizität beträchtlich sein dürften. Dies stützt negative Gesamtbewertungen einer Nachfrageausweitung nach Fleisch und Biokraftstoffen und die positive Bewertung einer Angebotssteigerung in Europa.

Diese Studie weist einige Limitierungen auf, die kurz diskutiert werden sollen. Es wird angenommen, dass der Ersatz der Nahrung tierischen Ursprungs im Zuge der initialen Präferenzänderung (des initialen Schocks) in den Szenarien durch Getreide erfolgt. Wenn die Konsumenten stattdessen auf Gemüse mit einem hohen Flächenverbrauch zurückgreifen, wären die Einsparungen durch Fleischverzicht nicht in dieser Form gegeben.

Zweitens wird eine globale Marktintegration angenommen, die in der Realität keineswegs vorhanden ist. So zeigen etwa Coxhead et al. (2012) am Beispiel Vietnam, dass zumindest kurzfristig Preise für das Grundnahrungsmittel Reis nur zu einem kleinen Teil vom Weltmarkt in die lokalen Märkte übertragen werden. Jensen und Miller (2008) finden in einer Studie zu China kaum Auswirkungen der Preiskrise des Jahres 2008 auf die aufgenommene Nahrungsenergie der untersuchten Haushalte und schreiben dies in erster Linie der Marktintervention der chinesischen Regierung zu. Politische Markteingriffe werden also nicht berücksichtigt, kommen in der Realität aber häufig vor.

Drittens lassen sich die Schlussfolgerungen nur treffen, wenn bei den von der Unterernährung Betroffenen von Nettokonsumenten ausgegangen wird. Nur so schlagen sich Preissenkungen in einer höheren Kalorienverfügbarkeit nieder und vice versa. Erschwerend für die Bewertung kommt hinzu, dass es auch Arbeitsmarkteffekte geben kann (Headey 2014).

Bei aller möglichen Kritik beruhen jedoch alle Szenarien auf demselben Mechanismus, so dass zumindest zwischen den Biotreibstoffszenarien, den Fleischkonsumszenarien und dem Produktivitätsszenario ein Vergleich möglich ist. Hier zeigt sich, dass es nicht gerechtfertigt ist, einem dieser Einflussfaktoren mit Verweis auf andere Treiber der weltweiten Unterernährung die Bedeutung abzusprechen. Die drei diskutierten Treiber von Angebot und Nachfrage sind in gleichem Maße wichtig für die Welternährung. Hinsichtlich der Höhe der Auswirkungen der Biotreibstoffszenarien im Vergleich mit den Szenarien zum Fleischkonsum muss allerdings angemerkt werden, dass zwar auch bei den Biotreibstoffen von drastischen Änderungen der Nachfrage ausgegangen wird (komplette Abschaffung bzw. ungefähre Verzwelfachung), dies geschieht jedoch nur gemessen an den Biotreibstoffen, nicht am Transportenergiebedarf. Gemessen an der totalen Transportenergie ist der Anteil in den Simulationen gering, d.h. dass selbst bei drastischen Abweichungen der Realität von den Annahmen oder auch bei drastischen Produktivitätssteigerungen der Biotreibstoffherzeugung in der Zukunft davon ausgegangen werden kann, dass Biotreibstoffe keine Alternative zu fossilen Brennstoffen sein können.

3.6 Fazit

Die Nachfrage nach Agrargütern in den Industrieländern ist über die Fütterung von Konzentratfuttermitteln zu einem großen Teil von der Nachfrage nach Fleisch bestimmt. Als wichtiger zusätzlicher Faktor der Nachfrage ist in den letzten Jahren die Bioenergie hinzugekommen (vgl. auch Teil zwei dieser Arbeit). Dies führt zu Problemen der Flächenkonkurrenz mit Nahrungsmitteln für den

direkten Verzehr. Die landwirtschaftliche Flächenproduktivität bei Getreide ist in Europa in den letzten Jahrzehnten stark gesteigert worden und kompensiert die steigende Nachfrage zu einem Teil.

In verschiedenen Szenarien wird der Einfluss einzelner Faktoren simuliert und die Zahl der Hungernden geschätzt. Gegenüber dem Status Quo ergeben sich mehr als 5% mehr Hungernde bei einer auf das Niveau von 1980 verringerten Flächenproduktivität in Europa und mehr als 10% mehr Hungernde bei einer OECD-weiten Biotreibstoffquote von 10%. Die Zahl der Hungernden könnte bei halbiertem Fleischkonsum in der OECD um 5% niedriger liegen. Selbst bei starken Abweichungen der Realität von unseren Annahmen stellen die Ergebnisse wichtige Anhaltspunkte bereit, die die Größenordnungen verschiedener Einflussfaktoren deutlich machen können.

Aus den Simulationen lassen sich einige politische Empfehlungen ableiten. Erstens sollten die politischen Akteure anerkennen, dass politische Maßnahmen zur Bekämpfung des Welthungers Maßnahmen in verschiedenen Politikbereichen erfordern. Faktoren der Nachfrage und des Angebots sind gleichermaßen verantwortlich. Somit kann nicht ein Politikbereich mit dem Verweis auf andere Faktoren vernachlässigt werden. Die Zahl der Faktoren geht außerdem weit über die hier behandelten hinaus (vgl. auch Teil zwei dieser Arbeit). Zweitens kann die Politik konkret eingreifen. Solange Biotreibstoff noch nicht konkurrenzfähig ist, lässt sich insbesondere hier der Verbrauch durch eine Änderung der politischen Vorgaben direkt steuern. Drittens ist zur weiteren Steigerung der Produktivität in Europa eine vermehrte Investition in die Agrarforschung anzustreben.

Teil vier

4 Wahrnehmung des Themas Welternährung in der deutschen Öffentlichkeit⁶

⁶ Dieser Teil der Arbeit ist bereits als Klümper et al. (2013) veröffentlicht. Im Vergleich mit dem veröffentlichten Artikel wurden einige Änderungen vorgenommen. Für den Inhalt der Ausführungen hier ist allein der Autor dieser Dissertation verantwortlich.

4.1 Einleitung

Laut den Zahlen der Welternährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen hungern derzeit weltweit rund 842 Mio. Menschen, die meisten davon in Asien und Afrika (FAO 2013). In den Entwicklungsländern sind Hunger und Unterernährung die größten Risikofaktoren für Kindersterblichkeit sowie körperliche und geistige Entwicklungsstörungen (WHO 2002). Derzeit werden global ausreichend Lebensmittel produziert, so dass der Hunger vor allem das Resultat einer ungleichmäßigen Verteilung ist. Viele Menschen in den Entwicklungsländern sind so arm, dass sie sich Nahrung in ausreichender Menge und Qualität schlichtweg nicht leisten können. Allerdings zeichnet sich zunehmend auch eine Mengenproblematik ab, weil die Nachfrage nach Agrarprodukten für Nahrung, Futter sowie stoffliche und energetische Zwecke weiterhin stark zunimmt, während die für die Produktion benötigten natürlichen Ressourcen zunehmend knapp werden (Bauhus et al. 2012). In den vergangenen 10 Jahren hinkte das globale Produktionswachstum der Nachfrageentwicklung hinterher, was zu steigenden Agrar- und Lebensmittelpreisen führte. Auch zukünftig wird tendenziell eher von steigenden Preisen ausgegangen, die den Zugang zu Nahrung für arme Menschen zusätzlich erschweren könnten (Godfray et al. 2010; OECD 2014c; Breustedt und Qaim 2012).

Über Expertenkreise hinaus spielen Hunger und Welternährungsfragen auch in den Medien und der öffentlichen Diskussion eine Rolle, häufig punktuell auf bestimmte Teilaspekte bezogen. Ebenso werden unterschiedliche Ansätze und Technologien in der Landwirtschaft zunehmend kontrovers diskutiert. Ein besseres Verständnis der öffentlichen Wahrnehmung und Meinungsbildung ist wichtig, um Politik- und Kommunikationsstrategien entsprechend gestalten und anpassen zu können. Vor diesem Hintergrund haben wir eine Öffentlichkeitsbefragung zum Thema Welternährung durchgeführt, deren wesentliche Ergebnisse in diesem Teil der Dissertation vorgestellt werden. Unseres Wissens ist eine Befragung mit dieser Thematik bisher weder in Deutschland noch in anderen Ländern durchgeführt worden.

Dieser Teil der Dissertation ist wie folgt aufgebaut: In Abschnitt 4.2 wird die Datenerhebung beschrieben, in Abschnitt 4.3 folgt eine Vorstellung spezifischer Fragen aus der Befragung und ausgewählter Ergebnisse. In Kapitel 4.4 werden Schlussfolgerungen gezogen.

4.2 Datenerhebung

Im März 2012 nahmen insgesamt 1200 Personen in Deutschland an einer von uns durchgeführten, internet-basierten Befragung zum Thema Welternährung teil. Die nach Alter, Geschlecht, Bildung und Region stratifizierte Stichprobenauswahl erfolgte durch ein Marktforschungsinstitut aus einem Internet-Panel. Das Panel ist repräsentativ für die deutsche Bevölkerung im Alter von 14-69 Jahren mit mindestens einmal wöchentlicher Internetnutzung. Das waren zum Zeitpunkt der Befragung etwa 75% der Gesamtbevölkerung in Deutschland.

Der Online-Fragebogen umfasste u.a. folgende Themenkomplexe: Bewertung von Ursachen des Hungerproblems, Maßnahmen zur Verbesserung der Situation bis 2050, die Rolle der Landwirtschaft und des Konsumverhaltens in der Europäischen Union (EU) und persönliche Informationsquellen. Darüber hinaus wurden sozioökonomische Charakteristika der Teilnehmer – wie Ausbildung, Alter, Einkommen, Wohnsitz und politische Gesinnung – abgefragt. Für die Antworten auf die Mehrzahl der Fragen waren Rating-Skalen oder Polaritätsprofile zur Messung der Einstellung hinsichtlich konkreter Sachverhalte vorgesehen.

4.3 Spezifische Fragen und Ergebnisse

4.3.1 Einschätzung der Ursachen des Hungers und konkreter Maßnahmen

Zu Beginn der Befragung wurden die Teilnehmer mit einer Liste 15 möglicher Ursachen des Hungerproblems konfrontiert, wobei jede der 15 Möglichkeiten auf einer 5-Punkteskala zwischen „keine Ursache“ und „sehr bedeutende Ursache“ bewertet werden sollte. Die Möglichkeiten umfassten ein breites Spektrum von Aspekten, die üblicherweise als Ursachen diskutiert werden. Begrifflichkeiten wurden kurz erläutert, dort wo Unklarheiten zu vermuten waren. Außerdem wurde

die Reihenfolge der genannten Möglichkeiten für jeden Teilnehmer zufällig variiert, um Ausstrahlungseffekte auszuschließen. Tabelle 4.1 zeigt die Ursachen, die im Durchschnitt der Teilnehmer als besonders bedeutend und besonders unbedeutend eingestuft wurden.

Tabelle 4.1: Ursachen des Hungers aus Sicht der Öffentlichkeit

Drei bedeutendste Ursachen aus Sicht der Öffentlichkeit	Drei unbedeutendste Ursachen aus Sicht der Öffentlichkeit
Wasserknappheit, Dürren	Nachernteverluste
Kriege und Konflikte	Bioenergie/Biokraftstoffe
Korruption in den Entwicklungsländern	Zu geringer Einsatz von modernen Agrartechnologien in Entwicklungsländern

Quelle: eigene Darstellung

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass akute Hungerkrisen, wie sie durch Naturkatastrophen und kriegerische Konflikte entstehen, in der Öffentlichkeit stärker wahrgenommen werden als der weit verbreitete chronische Hunger in den Entwicklungsländern, der gemessen an der Zahl der Todesfälle aber das weitaus größere Problem darstellt. Dies ist nicht überraschend, weil die Medien vor allem akute Krisen aufgreifen, während über den chronischen Hunger viel weniger berichtet wird. Deutlich wird auch, dass die Landwirtschaft und die niedrige landwirtschaftliche Produktivität in den Entwicklungsländern aus Sicht der Öffentlichkeit nicht im Vordergrund der Ursachenbewertung stehen. Dies liegt vermutlich daran, dass die Mehrheit der Deutschen den Hunger primär als Verteilungsproblem betrachtet. Tatsächlich gab ein Großteil der Befragten an, dass sie den Hunger in erster Linie als Verteilungsproblem wahrnehmen.

In ähnlicher Weise wurden die Teilnehmer nach ihrer Einschätzung zu verschiedenen potenziellen Entwicklungen und Maßnahmen befragt. Diese sollten mit Blick auf Auswirkungen auf die Welternährung auf einer 5-Punkteskala zwischen „verschlechtern“ und „verbessern“ beurteilt werden. Bei dieser Frage wurde deutlich gemacht, dass es nicht um Nothilfemaßnahmen, sondern um

eine langfristige Perspektive bis 2050 geht. Ebenso wurde erwähnt, dass bis dahin die Weltbevölkerung auf vermutlich über 9 Mrd. Menschen angestiegen sein wird. Die drei jeweils am stärksten als verbessernd bzw. verschlechternd bewerteten potenziellen Entwicklungen und Maßnahmen sind in Tabelle 4.2 dargestellt.

Tabelle 4.2: Bewertung von Maßnahmen zur Verbesserung der Welternährung bis 2050

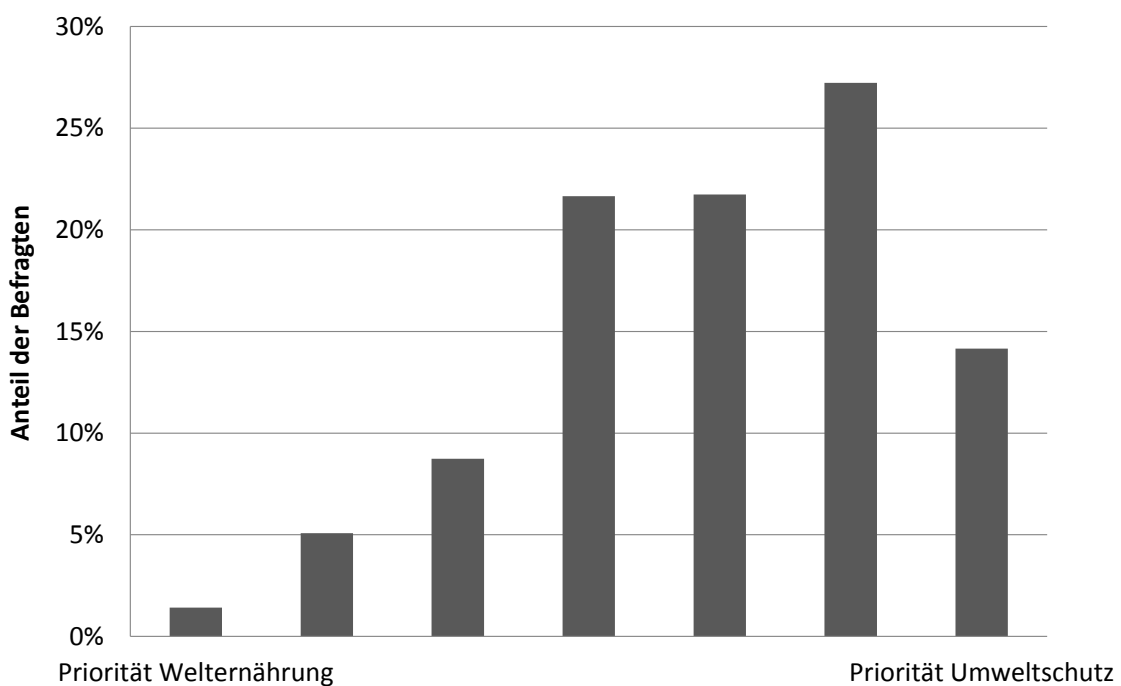
Drei am stärksten verbessernde Maßnahmen aus Sicht der Öffentlichkeit	Drei am stärksten verschlechternde Maßnahmen aus Sicht der Öffentlichkeit
Ausbau des Fairen Handels	Abschottung der Entwicklungsländer vom Weltmarkt
Absatzmärkte für Bauern in Entwicklungsländern verbessern	Vermehrter Einsatz der Grünen Gentechnik
Spekulation mit Lebensmitteln verbieten	Höherer Einsatz von Dünger und Pflanzenschutz in Entwicklungsländern

Quelle: Eigene Darstellung

Handel auf nationaler und internationaler Ebene wird insgesamt als wichtig eingestuft. Eine Abschottung der Entwicklungsländer vom Weltmarkt wird negativ gesehen, die Schaffung von Absatzmärkten für Bauern in Entwicklungsländern positiv. Dies unterstreicht, dass die Mehrheit der Befragten nicht grundsätzlich gegen Globalisierung ist. Einem Ausbau des Fairen Handels wird allerdings auch ein großes Potenzial zur Verringerung des Hungers zugesprochen, was die positive Beurteilung freier Märkte relativiert. Ein Verbot von Spekulation mit Lebensmitteln wird als wichtige Maßnahme zur Verbesserung der Welternährung eingestuft. Dies verwundert nicht vor dem Hintergrund der medialen Berichterstattung. Spekulation an den Warenterminbörsen wird in vielen Berichten und Dokumentationen als Hungertreiber dargestellt (OXFAM Deutschland 2012). Dabei wird oftmals übersehen, dass die langfristigen Preisentwicklungen durch Spekulation nicht beeinflusst werden (Breustedt und Qaim 2012).

Tabelle 4.2 zeigt auch, dass die landwirtschaftliche Produktion wiederum nicht im Vordergrund bei der Bewertung von Maßnahmen zur Verbesserung der Welternährung steht. Offensichtlich werden das sich abzeichnende Produktionsproblem und die Ressourcenknappheit in der Öffentlichkeit so noch nicht wahrgenommen. Der vermehrte Einsatz der Grünen Gentechnik sowie Dünger und Pflanzenschutz werden als negativ für die Welternährung eingestuft, vermutlich deswegen, weil diese Begriffe mit negativen Umwelteffekten und im Falle der Gentechnik auch mit negativen sozialen Effekten assoziiert werden. Low-input-Produktionssysteme werden von der Mehrheit der Deutschen aus Umweltgesichtspunkten bevorzugt. Wie hoch Umweltziele von den Teilnehmern gewichtet wurden zeigt Abbildung 4.1.

Abbildung 4.1: Antworten auf die Frage „Angenommen es gäbe einen Konflikt zwischen Welternährung und Umweltschutz, wie würden Sie sich hinsichtlich der Maßnahmen positionieren?“



Quelle: Eigene Darstellung

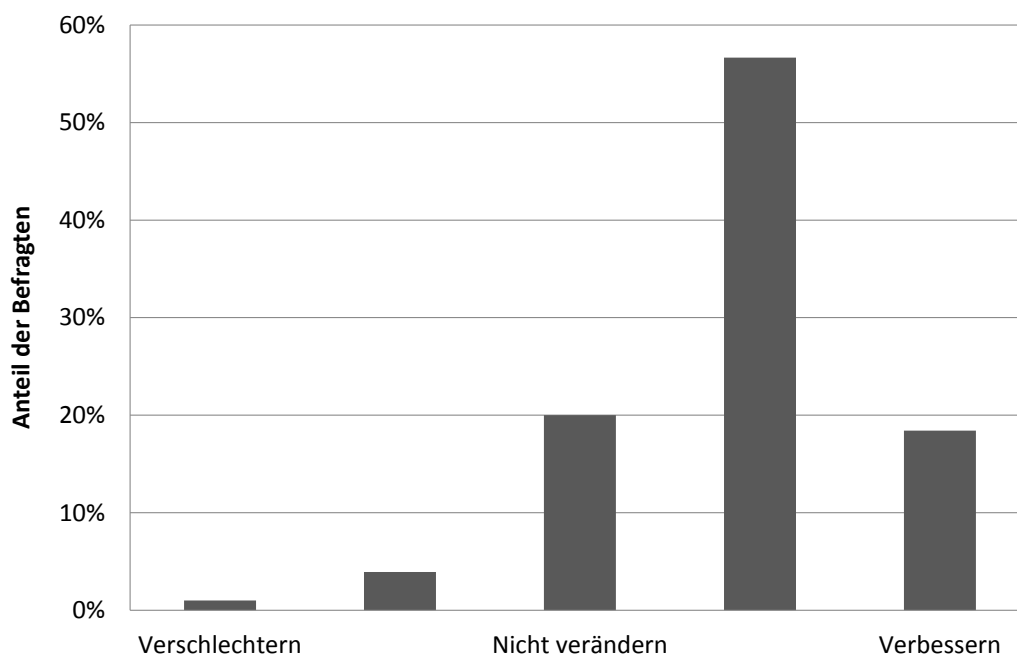
Wenn es einen Konflikt zwischen Welternährung und Umweltschutz gäbe, würden 63% der Befragten eher eine Priorität auf Maßnahmen des Umweltschutzes legen; fast 15% würden sogar ausschließlich auf den Umweltschutz setzen. Dieses überraschende Ergebnis ist möglicherweise damit zu begründen, dass nicht alle Befragten sich der Tragweite des Welternährungsproblems vollkommen bewusst sind.

Hingegen ist der Umweltschutz als wichtiges Thema in der deutschen Bevölkerung seit langem etabliert. Potentiell ist auch denkbar, dass einige der Befragten kurzfristige gegen langfristige Effekte betrachteten und Umweltschutz mit einem Erhalt der langfristigen Nahrungsgrundlage assoziieren.

4.3.2 Ambivalenz bei Fragen der Pflanzenzüchtung

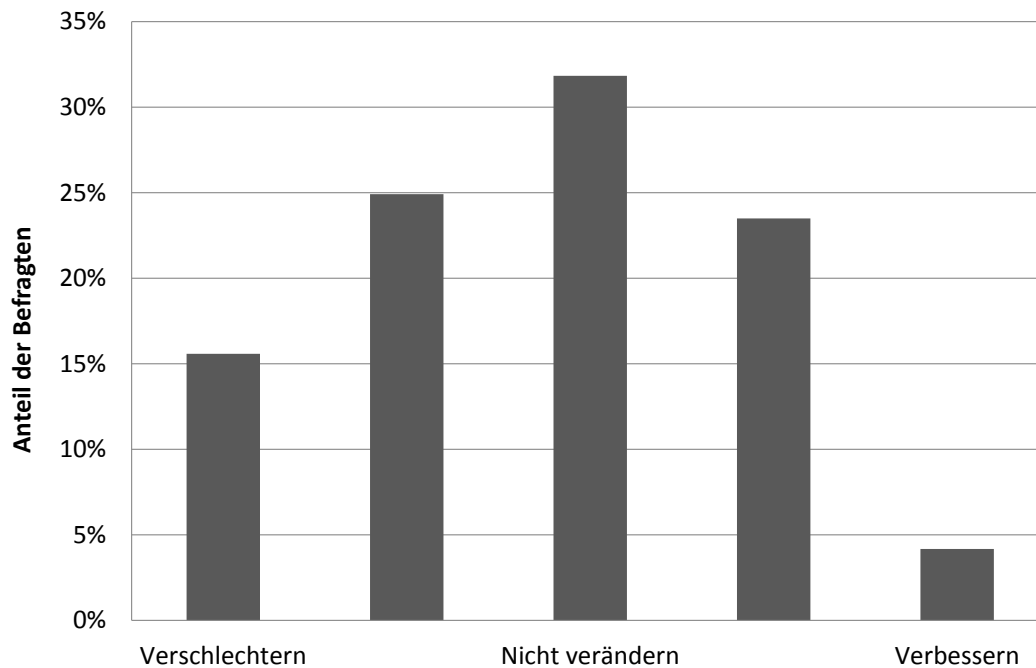
Unter den vielen möglichen Maßnahmen zur Verbesserung der Welternährung bis 2050 waren in der Befragung auch zwei Maßnahmen auf Aspekte der Pflanzenzüchtung bezogen. Eine Frage betraf die Einschätzung eines verstärkten Einsatzes ertragreicherer Sorten, während die andere sich konkret auf die Grüne Gentechnik bezog. Die Verteilungen der Antworten sind in den Abbildung 4.2 und Abbildung 4.3 dargestellt.

Abbildung 4.2: Antworten auf die Frage „Wie würde ein verstärkter Einsatz ertragreicherer Pflanzensorten die Welternährung beeinflussen?“



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4.3: Antworten auf die Frage „Wie würde ein vermehrter Einsatz von Gentechnik in der Landwirtschaft die Welternährung beeinflussen?“



Quelle: Eigene Darstellung

75% der Befragten gaben an, dass ein verstärkter Einsatz ertragreicher Pflanzensorten die Welternährung tendenziell verbessern würde (Abbildung 4.2). Umgekehrt meinten 41%, dass ein vermehrter Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft die Welternährung tendenziell verschlechtern würde (Abbildung 4.3). Zum Teil handelt es sich bei den gegenläufigen Einschätzungen um die gleichen Personen; 27% der Befragten gaben an, dass die Welternährung durch ertragreiche Sorten positiv und durch Gentechnik negativ beeinflusst wird. Dies ist insofern interessant, als dass die Gentechnik lediglich ein spezielles Werkzeug in der Züchtung ist, mit dem unter anderem das Ziel höherer Erträge verfolgt wird. Möglicherweise trauen die Befragten der Gentechnik nicht zu, dieses Ziel tatsächlich zu erreichen. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass die Ambivalenz auf das Negativimage der Gentechnik zurückzuführen ist. Dieses Negativimage rührt vor allem aus Ängsten vor Umwelt- und Gesundheitsrisiken, die hier – so eine mögliche Erklärung – auf das Thema Welternährung übertragen werden. Es tritt möglicherweise ein Halo-Effekt (Nisbett und Wilson 1977) auf: Was als schlecht für

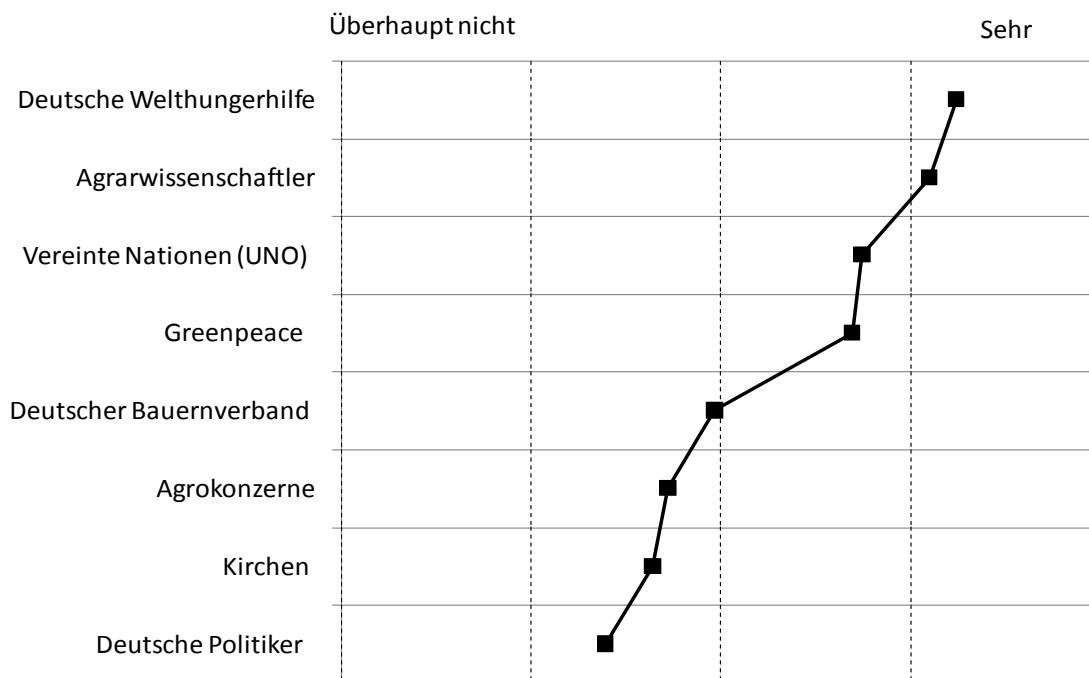
die Umwelt wahrgenommen wird, wird möglicherweise pauschal auch als schlecht für die Welternährung eingestuft. Andere Begründungen können allerdings nicht ausgeschlossen werden.

Besonders negativ werden die Potentiale der Gentechnik für die Welternährung von Frauen und älteren Menschen eingestuft, während ein höherer Ausbildungsgrad zu einer positiveren Einschätzung führt. Auch die Medien beeinflussen das Meinungsbild. Menschen, die häufiger Beiträge zum Thema Welternährung in den klassischen Massenmedien (Zeitung, Radio, Fernsehen) verfolgen, beurteilen das Potenzial der Gentechnik stärker negativ.

4.3.3 Einschätzung der Kompetenz unterschiedlicher Akteure

Außer den Massenmedien sind Aussagen von Interessengruppen und anderen Akteuren wichtig für die öffentliche Meinungsbildung. Vor diesem Hintergrund haben wir die Teilnehmer gefragt, für wie kompetent sie unterschiedliche Organisationen in Bezug auf Welternährungsfragen halten. Die Antworten sind in Abbildung 4.4 zusammengefasst.

Abbildung 4.4: Mittelwerte von Antworten auf die Frage „Für wie kompetent in Fragen der Welternährung halten Sie die folgenden Akteure?“



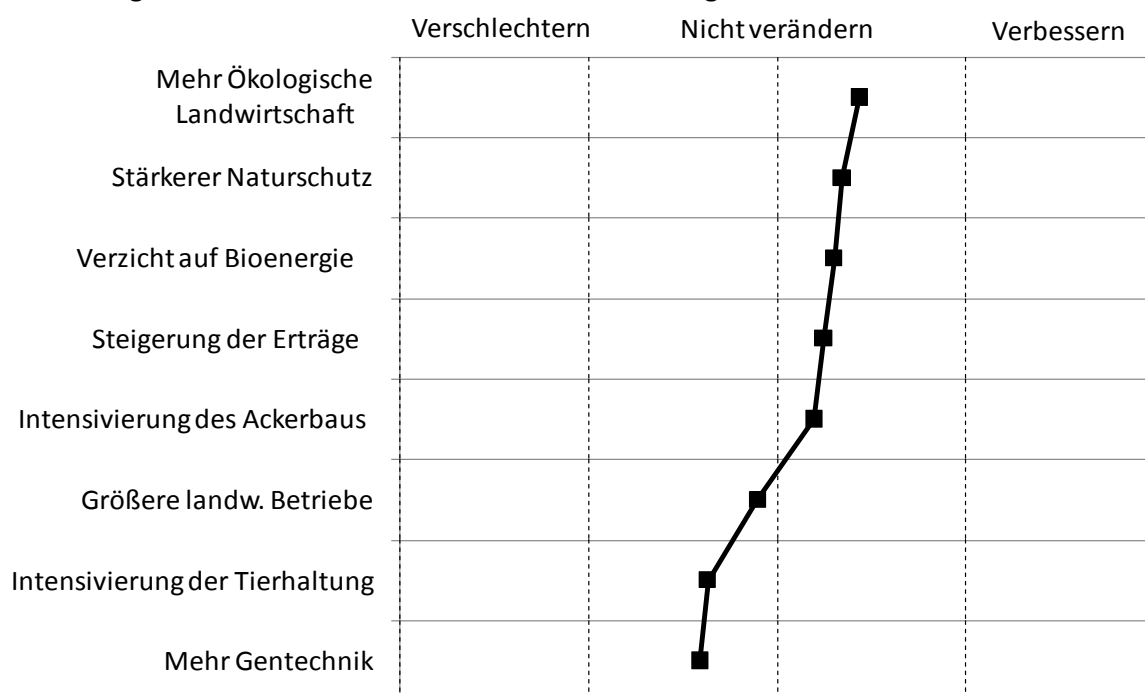
Quelle: Eigene Darstellung

Von den zur Auswahl stehenden Akteuren wurde der Deutschen Welthungerhilfe die größte Kompetenz zugeschrieben. Als sehr kompetent wurden auch Agrarwissenschaftler eingestuft. Hohes Vertrauen im Hinblick auf Welternährungsfragen genießt die Organisation Greenpeace, die ihre Kernkompetenz sonst eher im Bereich Umwelt hat. Dies unterstreicht die Hypothese, dass Einstellungen und Meinungen aus dem Umweltbereich auf das weniger vertraute Thema Welternährung übertragen werden. Als wenig kompetent in Sachen Welternährung wurden von den Befragten deutsche Politiker, Kirchen und Agrokonzerne eingestuft.

4.3.4 Rolle der EU-Landwirtschaft

Welche Rolle spielt die Landwirtschaft in Europa für die Welternährung aus Sicht der deutschen Öffentlichkeit? Um dies einschätzen zu können, haben wir eine Reihe konkreter Vorschläge für Veränderungen in der EU-Agrarproduktion formuliert, die die Befragten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Welternährung auf einer 5-Punkteskala zwischen „verschlechtern“ und „verbessern“ bewerten sollten. Die Mittelwerte für die Antworten sind in Abbildung 4.5 dargestellt.

Abbildung 4.5: Mittelwerte von Antworten auf die Frage „Wie würden die folgenden Veränderungen in der EU-Landwirtschaft die Welternährung beeinflussen?“



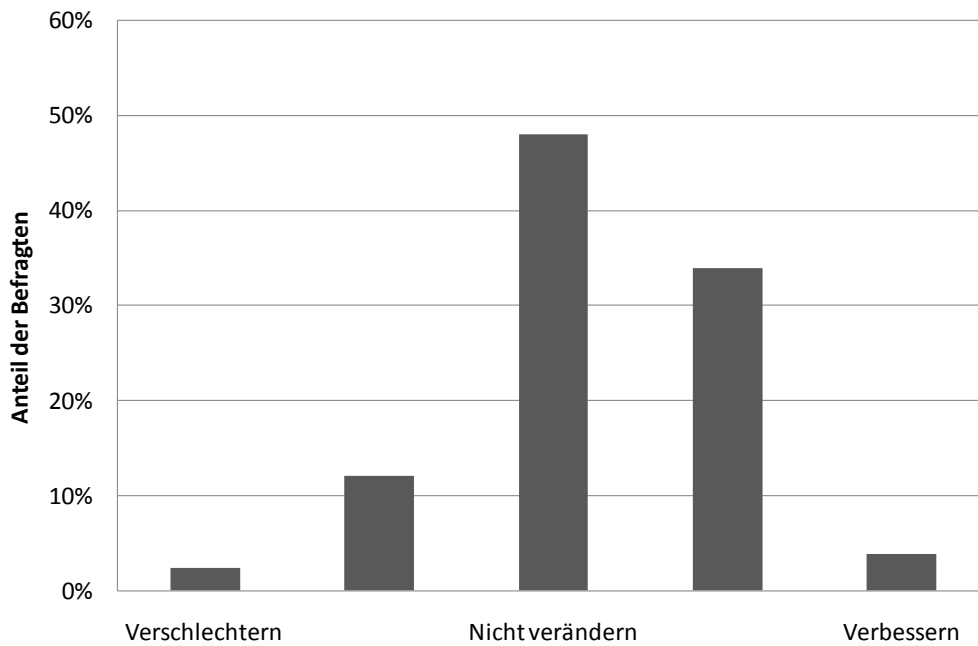
Quelle: Eigene Darstellung

Als erstes fällt auf, dass die Antworten überwiegend im Bereich nahe von „nicht verändern“ liegen. Dies ist ein Indikator dafür, dass die Rolle der EU-Agrarproduktion für die globale Welternährung von der Mehrheit der Befragten als nicht besonders groß eingeschätzt wird.

Im Detail lassen sich jedoch wesentliche Unterschiede in der Bewertung erkennen. Mehr Gentechnik und eine weitere Intensivierung der Tierhaltung in der EU-Landwirtschaft werden als tendenziell verschlechternd für die Welternährung eingestuft. Diese Begriffe sind in der öffentlichen Debatte negativ belegt, auch aufgrund der jüngeren Skandale, über die breit in den Medien berichtet wurde. Am positivsten für die Welternährung werden hingegen mehr Ökologische Landwirtschaft und Naturschutz in der EU bewertet. Gleichzeitig werden eine Steigerung der Erträge und eine Intensivierung des Ackerbaus in der EU von den Befragten als tendenziell verbessernd für die Welternährung eingestuft. Hieraus ergibt sich ein gewisser Widerspruch, denn unter europäischen Bedingungen sind die durchschnittlichen Erträge im Ökolandbau niedriger als in der konventionellen Landwirtschaft.

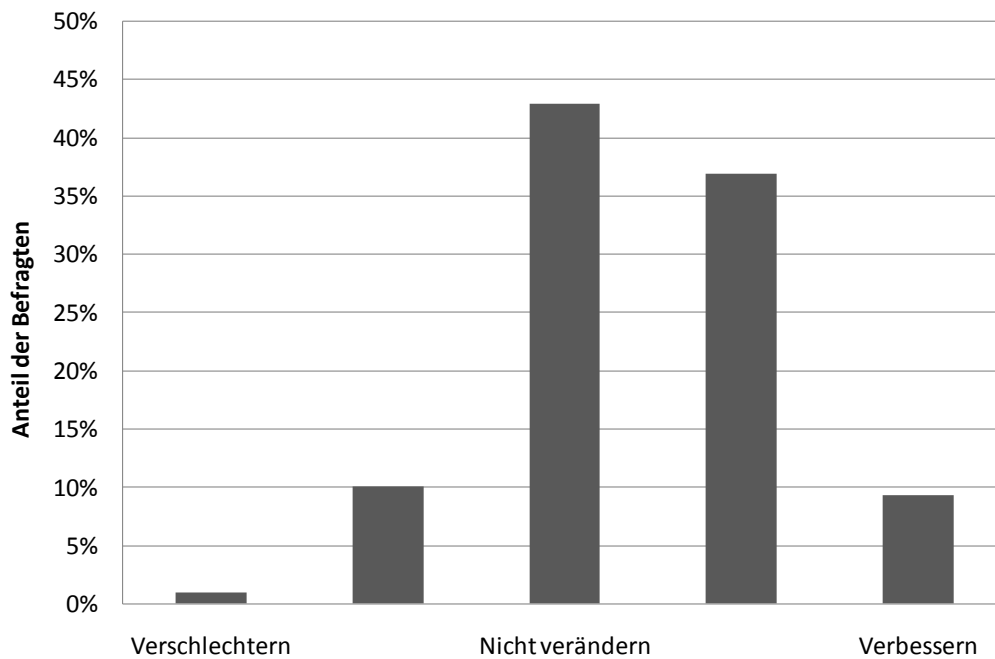
Diese Ambivalenz ist auch in den Abbildung 4.7 und Abbildung 4.6 gezeigt. Fast die Hälfte aller Befragten glaubt, dass eine Steigerung der Erträge in der EU die Welternährung nicht verändern würde. Immerhin 38% meinen aber, dass eine Ertragssteigerung die Welternährungslage tendenziell verbessern würde (Abbildung 4.7). Gleichzeitig gab fast die Hälfte der Befragten an, dass mehr Ökolandbau in der EU die Welternährung tendenziell verbessern würde (Abbildung 4.6).

Abbildung 4.7: Antworten auf die Frage „Wie würde eine Steigerung der Erträge in der EU die Welternährung beeinflussen?“



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4.6: Antworten auf die Frage „Wie würde mehr Ökologische Landwirtschaft in der EU die Welternährung beeinflussen?“



Quelle: Eigene Darstellung

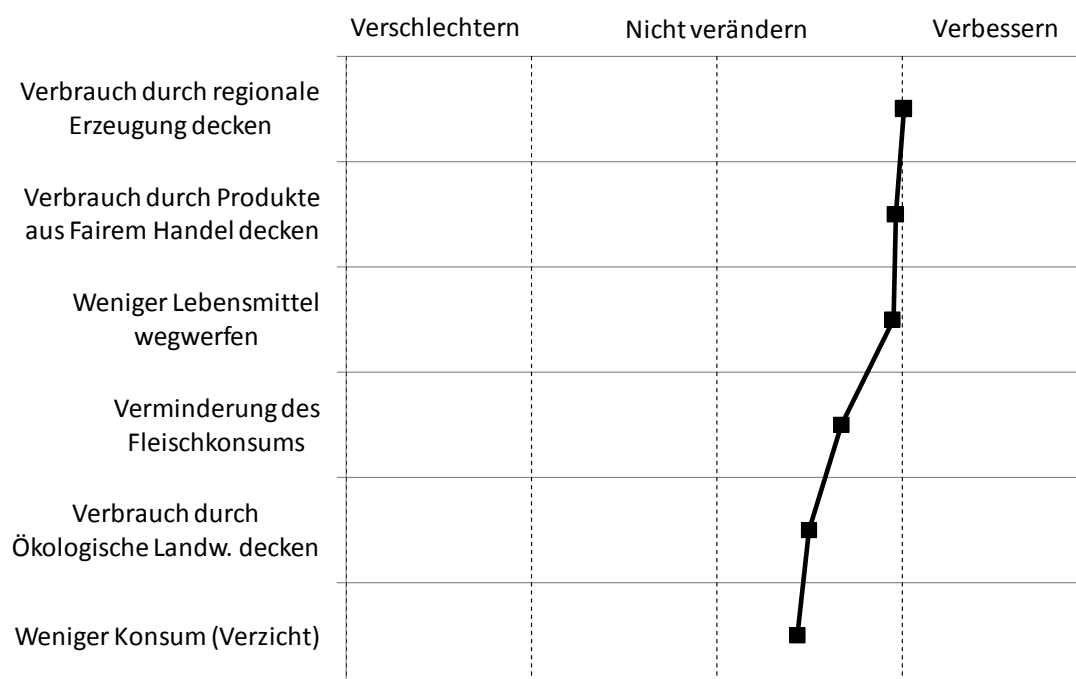
Teilweise überschneiden sich die genannten Gruppen: 19% gaben an, dass sowohl höhere Erträge als auch mehr Ökolandbau in der EU die Welternährung verbessern würden. Die Gründe für diese

widersprüchlich erscheinende Bewertung sind nicht ganz klar. Wir vermuten, dass auch hier Pauschalurteile eine Rolle spielen. Die Ökologische Landwirtschaft genießt in der deutschen Bevölkerung ein sehr positives Image und gilt als besonders umweltfreundlich. Dieses positive Bild wird möglicherweise unreflektiert auf den Bereich Welternährung übertragen.

4.3.5 Rolle des EU-Konsums

Nicht nur die europäische Landwirtschaft, sondern auch das Konsumverhalten in Europa kann Auswirkungen auf die Welternährung haben. Einschätzungen zu diesem Zusammenhang wurden ebenfalls erfragt und sind in Abbildung 4.8 gezeigt.

Abbildung 4.8: Mittelwerte von Antworten auf die Frage „Wie würden die folgenden Veränderungen im EU-Konsum die Welternährung beeinflussen?“



Quelle: Eigene Darstellung

Die Effekte des EU-Konsums werden insgesamt als stärker eingestuft als die Effekte der EU-Agrarproduktion. Als besonders positiv für die Welternährung wird der Verbrauch aus regionaler Erzeugung und aus Fairem Handel eingeschätzt. Als ähnlich wichtig wird eine Verringerung der

Wegwerfproblematik eingestuft. Die Verschwendung durch das weit verbreitete Wegwerfen von Lebensmitteln wurde zum Zeitpunkt der Befragung von der Politik und den Medien stark thematisiert (z.B. BMELV 2012), was vermutlich die Beantwortung dieser Frage beeinflusst hat.

Schließlich haben wir die Teilnehmer nach ihrem eigenen Konsumverhalten gefragt und danach, wie stark das Thema Welternährung sie in ihren persönlichen Konsumentscheidungen beeinflusst. Die durchschnittlichen Antworten zeigen, dass das Thema für die tatsächlichen Konsumentscheidungen keine wichtige Rolle spielt. Insbesondere der persönliche Fleischkonsum wird praktisch nicht durch Welternährungsaspekte beeinflusst. Dies ist insofern interessant, als dass in öffentlichen Diskussionen eine Reduktion des Fleischkonsums und der damit verbundenen Veredelungsverluste häufig als Hebel für die Verbesserung der Welternährung genannt wird. Die in solchen Diskussionen vorgebrachten Argumente spiegeln aber nicht immer die tatsächlichen Verhaltensmuster wider. Der individuelle Fleischkonsum wird in Deutschland stärker von anderen Faktoren beeinflusst.

4.4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass das Thema Welternährung vor allem als ein immer wieder akut auftretendes Problem gesehen wird, denn die Merkmale akuter Hungerkrisen werden am stärksten in einen Zusammenhang mit der Welternährung gesetzt. Chronischer Hunger und Unterernährung als weit verbreitete Dauerprobleme erfahren deutlich weniger öffentliche Aufmerksamkeit. Bei der Bewertung von Ursachen und Maßnahmen wird deutlich, dass Hunger in erster Linie als Verteilungsproblem gesehen wird. Ansätze zur Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft werden von der Mehrheit als nicht zentral für die Verbesserung der Welternährungslage gesehen.

Die Öffentlichkeit bewertet Ziele des Umweltschutzes höher als das Ziel der Verbesserung der Welternährung. Die sich ergebenden Muster bei der Bewertung der Wirkungszusammenhänge legen die Präsenz eines Halo-Effekts nahe. Was als positiv für die Umwelt wahrgenommen wird, wird auch

als positiv für die Welternährung eingestuft. Ein Beispiel hierfür ist der Ökolandbau. Umgekehrt werden Technologien, die als umweltschädlich eingestuft werden, auch als negativ für die Welternährung bewertet. Dies trifft für chemische Inputs und für die Gentechnik zu.

Insgesamt werden aufgrund der hohen Priorität für den Umweltschutz extensive Formen der Landwirtschaft von der deutschen Öffentlichkeit bevorzugt, während neue Technologien in vielen Fällen kritisch gesehen werden. Unserer Interpretation nach stehen bei dieser Einschätzung Umwelteffekte auf lokaler Ebene im Vordergrund. Globale Zusammenhänge werden teilweise nicht ausreichend berücksichtigt. Zum Beispiel nutzt extensive Produktion die knappe Ressource Land oftmals nicht effizient, was bei steigender Nachfrage nach Agrarprodukten zu mehr Flächenverbrauch mit global negativen Umwelt- und Klimawirkungen führen kann. Die globale Ressourcenknappheit wird in Bezug auf Welternährung von der deutschen Bevölkerung noch nicht als ernsthaftes Problem betrachtet. Eine stärkere Bewusstseinsbildung für die globalen Zusammenhänge und Herausforderungen und ein schrittweiser Abbau von Vorurteilen erfordern verbesserte öffentliche Kommunikation.

5 A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops⁷

5.1 Introduction

Despite the rapid adoption of genetically modified (GM) crops by farmers in many countries, public controversies about the risks and benefits continue (Gilbert 2013; Fernandez-Cornejo et al. 2014; Anonymous 2013; Andreasen 2014). Numerous independent science academies and regulatory bodies have reviewed the evidence about risks, concluding that commercialized GM crops are safe for human consumption and the environment (DeFrancesco 2013; European Academies Science Advisory Council 2013; European Commission 2010). There are also plenty of studies showing that GM crops cause benefits in terms of higher yields and cost savings in agricultural production (Pray et al. 2002; Huang et al. 2008; Morse et al. 2004; Qaim und Traxler 2005; Sexton und Zilberman 2011), and welfare gains among adopting farm households (Ali und Abdulai 2010; Kathage und Qaim 2012; Qaim und Kouser 2013). However, some argue that the evidence about impacts is mixed and that studies showing large benefits may have problems with the data and methods used (Stone 2012; Smale et al. 2009; Glover 2010). Uncertainty about GM crop impacts is one reason for the widespread public suspicion towards this technology. We have carried out a meta-analysis that may help to consolidate the evidence.

⁷ Dieser Teil der Arbeit ist bereits als Klümper und Qaim (2014) veröffentlicht. Im Vergleich mit dem veröffentlichten Artikel wurden einige Änderungen vorgenommen. Für den Inhalt der Ausführungen hier ist allein der Autor dieser Dissertation verantwortlich.

While earlier reviews of GM crop impacts exist (Qaim 2009; Carpenter 2010; Finger et al. 2011; Areal et al. 2013), our approach adds to the knowledge in two important ways. First, we include more recent studies into the meta-analysis. In the emerging literature on GM crop impacts, new studies are published continuously, broadening the geographical area covered, the methods used, and the type of outcome variables considered. For instance, in addition to other impacts we analyze effects of GM crop adoption on pesticide quantity, which previous meta-analyses could not because of the limited number of observations for this particular outcome variable. Second, we go beyond average impacts and use meta-regressions to explain impact heterogeneity and test for possible biases.

Our meta-analysis concentrates on the most important GM crops, including herbicide-tolerant (HT) soybean, maize, and cotton, as well as insect-resistant (IR) maize and cotton. For these crops, a sufficiently large number of original impact studies have been published to estimate meaningful average effect sizes. We estimate mean impacts of GM crop adoption on crop yield, pesticide quantity, pesticide cost, total production cost, and farmer profit. Furthermore, we analyze several factors that may influence outcomes, such as geographic location, modified crop trait, and type of data and methods used in the original studies.

This part of the dissertation is structured as follows: Section 5.2 presents the procedure of the literature search, the sample selection process and the methods of statistical analysis used. In section 5.3 results are presented and discussed before a conclusion is reached in section 5.4.

5.2 Materials and Methods

5.2.1 Literature search

Original studies for inclusion in this meta-analysis were identified through keyword searches in relevant literature databanks. Studies were searched in the ISI Web of Knowledge, Google Scholar, EconLit, and AgEcon Search. We searched for studies in the English language that were published after 1995. We did not extend the review to earlier years, because the commercial adoption of GM crops

started only in the mid-1990s (James 2013). The search was performed for combinations of keywords related to GM technology and related to the outcome of interest. Concrete keywords used related to GM technology were (an asterisk is a replacement for any ending of the respective term; quotation marks indicate that the term was used as a whole, not each word alone): GM*, “genetically engineered”, “genetically modified”, transgenic, “agricultural biotechnology”, HT, “herbicide tolerant”, Roundup, Bt, “insect resistant”. Concrete keywords used related to outcome variables were: impact*, effect*, benefit*, yield*, economic*, income*, cost*, soci*, pesticide*, herbicide*, insecticide*, productivity*, margin*, profit*. The search was completed in March 2014.

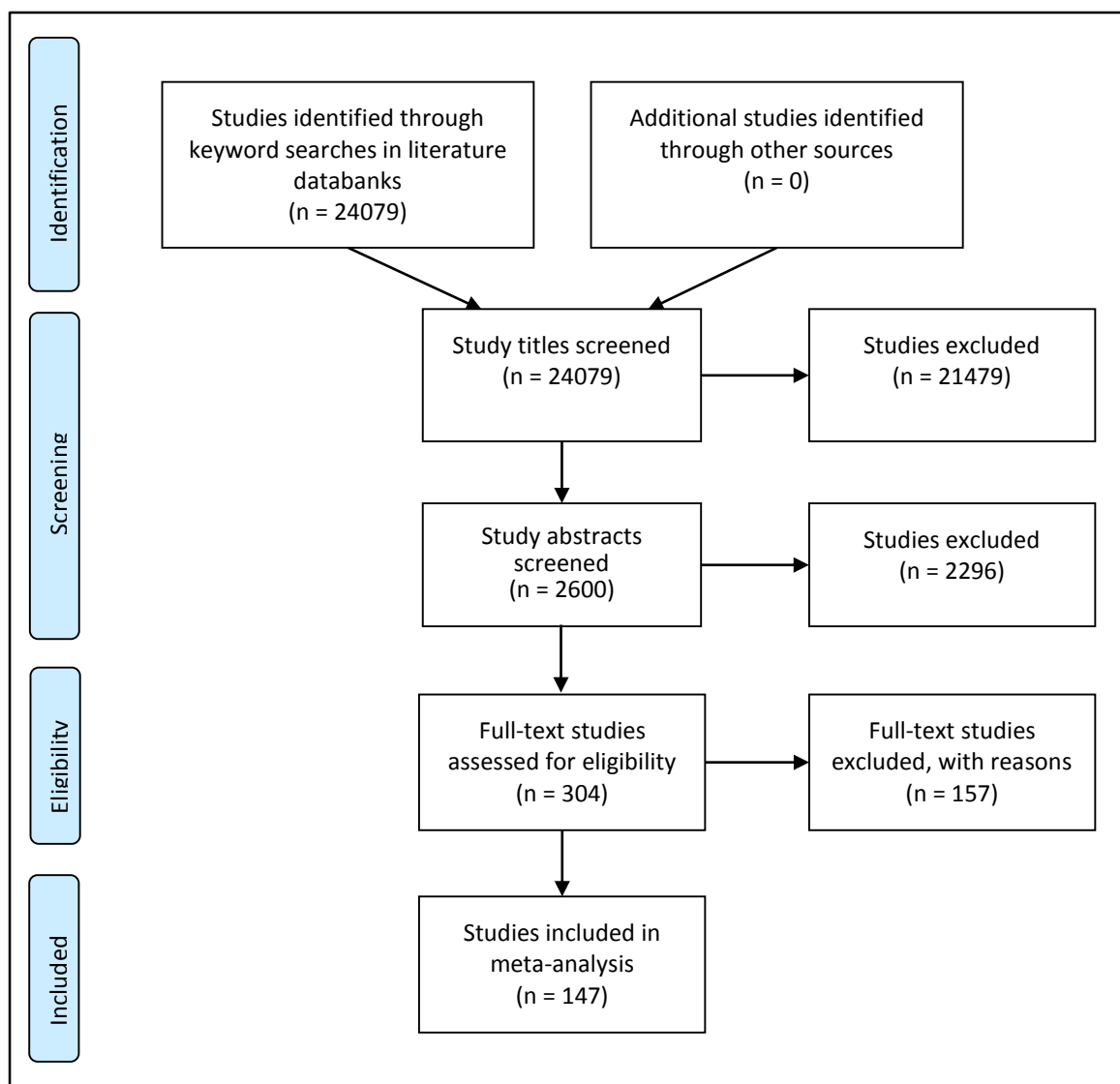
Most of the publications in the ISI Web of Knowledge are articles in academic journals, while Google Scholar, EconLit, and AgEcon Search also comprise book chapters and grey literature such as conference papers, working papers, and reports in institutional series. Articles published in academic journals have usually passed a rigorous peer-review process. Most papers presented at academic conferences have also passed a peer-review process, which is often less strict than that of good journals though. Some of the other publications are peer reviewed, while many are not. Some of the working papers and reports are published by research institutes or government organizations, while others are NGO publications. Unlike previous reviews of GM crop impacts, we did not limit the sample to peer-reviewed studies but included all publications for two reasons. First, a clear-cut distinction between studies with and without peer review is not always possible, especially when dealing with papers that were not published in a journal or presented at an academic conference (Rothstein und Hopewell 2009). Second, studies without peer review also influence the public and policy debate on GM crops; ignoring them completely would be short-sighted.

Of the studies identified through the keyword searches, not all reported original impact results. We classified studies by screening titles, abstracts, and full texts. Studies had to fulfill the following criteria to be included:

- The study is an empirical investigation of the agronomic and/or economic impacts of GM soybean, GM maize, or GM cotton using micro-level data from individual plots and/or farms. Other GM crops such as GM rapeseed, GM sugarbeet, and GM papaya were commercialized in selected countries (Rothstein und Hopewell 2009), but the number of impact studies available for these other crops is very small.
- The study reports GM crop impacts in terms of one or more of the following outcome variables: yield, pesticide quantity (especially insecticides and herbicides), pesticide costs, total variable costs, gross margins, farmer profits. If only the number of pesticide sprays was reported, this was used as a proxy for pesticide quantity.
- The study analyzes the performance of GM crops by either reporting mean outcomes for GM and non-GM, absolute or percentage differences, or estimated coefficients of regression models that can be used to calculate percentage differences between GM and non-GM crops.
- The study contains original results and is not only a review of previous studies.

In some cases, the same results were reported in different publications; in these cases, only one of the publications was included to avoid double counting. On the other hand, several publications involve more than one impact observation, even for a single outcome variable, for instance when reporting results for different geographical regions or derived with different methods (e.g., comparison of mean outcomes of GM and non-GM crops plus regression model estimates). In those cases, all observations were included. Moreover, the same primary dataset was sometimes used for different publications without reporting identical results (e.g., analysis of different outcome variables, different waves of panel data, use of different methods). Hence, the number of impact observations in our sample is larger than the number of publications and primary datasets. The number of studies selected at various stages is shown in the flow diagram in Figure 5.1. The number of publications finally included in the meta-analysis is 147 (Appendix A 1).

Figure 5.1: Sample selection process



Source: Own depiction

5.2.2 Effect sizes and influencing factors

Effect sizes are measures of differences in outcome variables between groups. We chose the percentage difference between GM and non-GM crops for five different outcome variables, namely yield, pesticide quantity, pesticide cost, total production cost, and farmer profits per unit area. Most studies that analyze production costs focus on variable costs, which are the costs primarily affected through GM technology adoption. Accordingly, profits are calculated as revenues minus variable production costs (profits calculated in this way are also referred to as gross margins). These production

costs also take into account the higher prices charged by private companies for GM seeds. Hence, the percentage differences in profits considered here are net economic benefits for farmers using GM technology. Percentage differences, when not reported in the original studies, were calculated from mean value comparisons between GM and non-GM or from estimated regression coefficients.

Since we look at different types of GM technologies (different modified traits) that are used in different countries and regions, we do not expect that effect sizes are homogenous across studies. Hence, our approach of combining effect sizes corresponds to a random-effects model in meta-analysis (Borenstein et al. 2009). To explain impact heterogeneity and test for possible biases, we also compiled data on a number of study descriptors that may influence the reported effect sizes. These influencing factors include information on the type of GM technology (modified trait), the region studied, the type of data and method used, the source of funding, and the type of publication. All influencing factors are defined as dummy variables. The exact definition of these dummy variables is given in Table 5.1. Variable distributions of the study descriptors are shown in Appendix A 2.

Table 5.1: Definition of study descriptor variables

Variable	Definition
Insect resistance (0/1)	Variable takes the value of 1 for observations with impact estimates of insect resistant plants and zero for observations with impact estimates of herbicide tolerant plants.
Developing country (0/1)	Variable takes the value of 1 for developing countries, zero for developed countries.
Field-trial data (0/1)	Variable takes the value of 1 for observations from field trials, values of zero for all other.
Industry-funded study (0/1)	Variable takes on the value of 1 for observations from industry funded studies, zero for all other, including public and non-industry-private funding.
Regression model result (0/1)	Variable takes on the value of 1 for observations where impact estimates are derived from regression models which control for covariates; it takes the value of zero where impact estimates stem from mean comparisons.
Journal publication (0/1)	Variable takes the value of 1 for observations from journal articles, zero otherwise.
Journal/academic conference (0/1)	Variable takes the value of 1 for observations from journal articles and academic conference papers, zero otherwise.

Source: own depiction

5.2.3 Statistical analysis

In a first step, we estimate average effect sizes for each outcome variable. To test whether these mean impacts are significantly different from zero, we regress each outcome variable on a constant with cluster correction of standard errors by primary dataset. Thus, the test for significance is valid also when observations from the same dataset are correlated. We estimate average effect sizes for all GM crops combined. However, we expect that the results may differ by modified trait, so that we also analyze mean effects for HT crops and IR crops separately.

Meta-analyses often weight impact estimates by their variances; estimates with low variance are considered more reliable and receive a higher weight (Shadish und Haddock 1994). In our case, several of the original studies do not report measures of variance, so that weighting by variance is not possible. Alternatively, weighting by sample size is common, but sample sizes are also not reported in all studies considered, especially not in some of the grey literature publications. To test the robustness of the results, we employ a different weighting procedure, using the inverse of the number of impact observations per dataset as weights. This procedure avoids that individual datasets that were used in several publications dominate the calculation of average effect sizes.

In a second step, we use meta-regressions to explain impact heterogeneity and test for possible biases.

Linear regression models are estimated separately for all of the five outcome variables:

$$\% \Delta(Y)_{hij} = \alpha_h + \mathbf{X}_{hij} \boldsymbol{\beta}_h + \varepsilon_{hij}$$

$\% \Delta(Y)_{hij}$ is the effect size (percentage difference between GM and non-GM) of each outcome variable h for observation i in publication j , and \mathbf{X}_{hij} is a vector of influencing factors. α_h is a coefficient and $\boldsymbol{\beta}_h$ a vector of coefficients to be estimated; ε_{hij} is a random error term. Influencing factors used in the regressions are defined in Table 5.1.

5.3 Results and Discussion

5.3.1 Average effect sizes

Distributions of all five outcome variables are shown in Appendix A 4. Table 5.2 presents unweighted mean impacts. As a robustness check, we weighted by the inverse of the number of impact observations per dataset. Comparing unweighted results (Table 5.2) with weighted results (Appendix A 3) we find only very small differences. This comparison suggests that the unweighted results are robust.

Table 5.2: Mean impacts of GM crop adoption (effect sizes expressed in %)

	(1)	(2)	(3)
Outcome variable	Total sample	Insect resistance	Herbicide tolerance
Yield	21.57*** (15.65; 27.48)	24.85*** (18.49; 31.22)	9.29** (1.78; 16.80)
<i>n/m</i>	451 / 100	353 / 83	94 / 25
Pesticide quantity	-36.93*** (-48.01; -25.86)	-41.67*** (-51.99; -31.36)	2.43 (-20.26; 25.12)
<i>n/m</i>	121 / 37	108 / 31	13 / 7
Pesticide cost	-39.15*** (-46.96; -31.33)	-43.43*** (-51.64; -35.22)	-25.29*** (-33.84; -16.74)
<i>n/m</i>	193 / 57	145 / 45	48 / 15
Total production cost	3.25 (-1.76; 8.25)	5.24** (0.25; 10.73)	-6.83 (-16.43; 2.77)
<i>n/m</i>	115 / 46	96 / 38	19 / 10
Profit	68.21*** (46.31; 90.12)	68.78*** (46.45; 91.11)	64.29 (-24.73; 153.31)
<i>n/m</i>	136 / 42	119 / 36	17 / 9

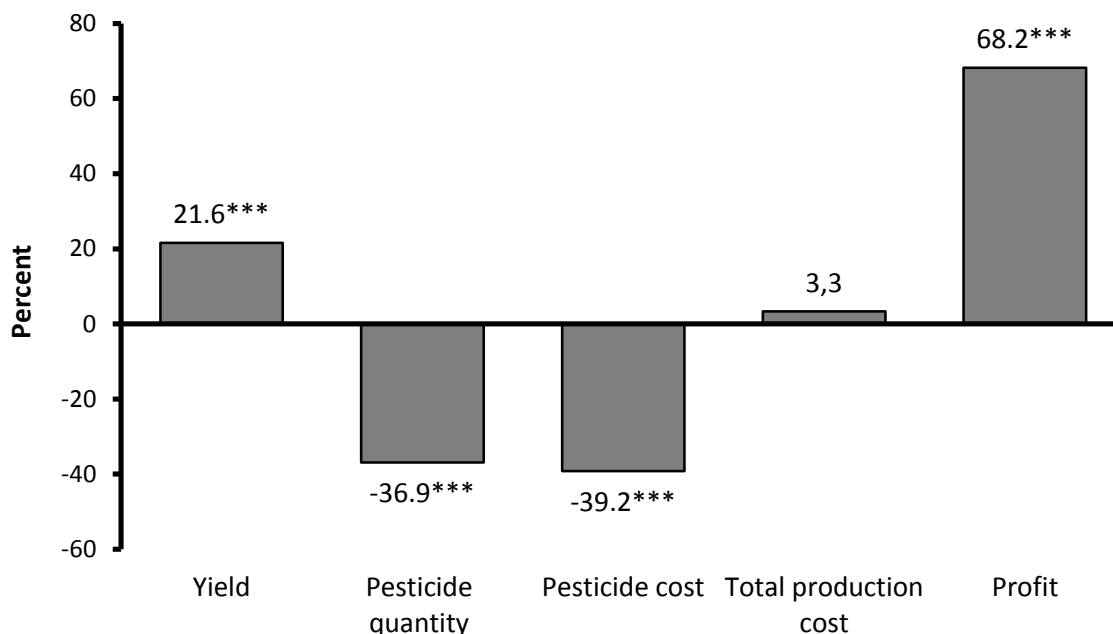
Source: own calculation

Average percentage differences between GM and non-GM crops are shown with 95% confidence intervals in parentheses. *, **, *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively. *n* is the number of observations, *m* the number of different primary datasets from which these observations are derived.

On average, GM technology has increased crop yields by 21%. These yield increases are not due to higher genetic yield potential, but to more effective pest control and thus lower crop damage (Qaim und Zilberman 2003). At the same time, GM crops have reduced pesticide quantity by 37% and pesticide cost by 39%. The effect on the cost of production is not significant. GM seeds are more expensive than non-GM seeds, but the additional seed costs are compensated through savings in

chemical and mechanical pest control. Average profit gains for GM-adopting farmers are 68%. The results are presented graphically in Figure 5.2.

Figure 5.2: Impacts of GM crop adoption



Source: own calculation

Results of Cochran’s test (Borenstein et al. 2009), which are reported in Appendix A 4, confirm that there is significant heterogeneity across study observations for all five outcome variables. Hence it is useful to further disaggregate the results. Table 5.2 also shows a breakdown by modified crop trait. While significant reductions in pesticide costs are observed for both HT and IR crops, only IR crops cause a consistent reduction in pesticide quantity. Such disparities are expected, because the two technologies are quite different. IR crops protect themselves against certain insect pests, so that spraying can be reduced. HT crops, on the other hand, are not protected against pests but against a broad-spectrum chemical herbicide (mostly glyphosate), use of which facilitates weed control. While HT crops have reduced herbicide quantity in some situations, they have contributed to increases in the use of broad-spectrum herbicides elsewhere (Fernandez-Cornejo et al. 2014; Qaim und Traxler 2005; Qaim 2009). The savings in pesticide costs for HT crops in spite of higher quantities can be explained by the fact that broad-spectrum herbicides are often much cheaper than the selective

herbicides that were used before. The average farmer profit effect for HT crops is large and positive, but not statistically significant because of considerable variation and a relatively small number of observations for this outcome variable.

5.3.2 Impact heterogeneity and possible biases

Table 5.3 shows how different factors influence impact heterogeneity. Controlling for other factors, yield gains of IR crops are almost 7 percentage points higher than those of HT crops (column 1). Furthermore, yield gains of GM crops are 14 percentage points higher in developing countries than in developed countries. Especially smallholder farmers in the tropics and subtropics suffer from considerable pest damage that can be reduced through GM crop adoption (Qaim und Zilberman 2003).

Table 5.3: Factors influencing results on GM crop impacts (%)

Variables	(1) Yield	(2) Yield	(3) Pesticide quantity	(4) Pesticide cost	(5) Total cost	(6) Profit	(7) Profit
Insect resistance (IR)	6.58** (2.85)	5.25* (2.82)	-37.38*** (11.81)	-7.28 (5.44)	5.63 (5.60)	-22.33 (21.62)	-33.41 (21.94)
Developing country	14.17*** (2.72)	13.32*** (2.65)	-10.23 (8.99)	-19.16*** (5.35)	3.43 (4.78)	59.52*** (18.02)	60.58*** (17.67)
Field-trial data	-7.14** (3.19)	-7.81** (3.08)	--#	-17.56 (11.45)	-10.69* (5.79)	--#	--#
Industry-funded study	1.68 (5.30)	1.05 (5.21)	37.04 (23.08)	-7.77 (10.22)	--#	--#	--#
Regression model result	7.38* (3.90)	7.29* (3.83)	9.67 (10.40)	--#	--#	-11.44 (24.33)	-9.85 (24.03)
Journal publication	12.00*** (2.52)	--	9.95 (6.79)	-3.71 (4.09)	-3.08 (3.30)	48.27*** (15.48)	--
Journal/academic conference	--	16.48*** (2.64)	--	--	--	--	65.29*** (17.75)
Constant	-0.22 (2.84)	-2.64 (2.86)	-4.44 (10.33)	-16.13 (4.88)	-1.02 (4.86)	8.57 (24.33)	-1.19 (24.53)
Observations	451	451	121	193	115	136	136
R ²	0.23	0.25	0.20	0.14	0.12	0.12	0.14

Source: own calculation

Coefficient estimates from linear regression models are shown with standard errors in parentheses. Dependent variables are GM crop impacts measured as percentage differences between GM and non-GM (see section 5.2.2). All explanatory variables are 0/1 dummies (Table 5.1). *, **, *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively. # indicates that the variable was dropped because the number of observations with a value of one was smaller than 5.

Most original studies in this meta-analysis build on farm surveys, although some are based on field-trial data. Field-trial results are often criticized to overestimate impacts, because farmers may not be able to replicate experimental conditions. However, results in Table 5.3 (column 1) show that field-trial data do not overestimate the yield effects of GM crops. Reported yield gains from field trials are even lower than those from farm surveys. This is plausible, because pest damage in non-GM crops is often more severe in farmers' fields than on well-managed experimental plots.

Another concern often voiced in the public debate is that studies funded by industry money might report inflated benefits. Our results show that the source of funding does not significantly influence the impact estimates. We also analyzed whether the statistical method plays a role. Many of the earlier studies just compared yields of GM and non-GM crops without considering possible differences in other inputs and conditions that may also affect the outcome. Net impacts of GM technology can be estimated with regression-based production function models that control for other factors. Interestingly, results derived from regression analysis report higher average yield effects.

Finally, we examined whether the type of publication matters. Controlling for other factors, the regression coefficient for journal publications in column (1) of Table 5.3 implies that studies published in peer-reviewed journals show 12 percentage points higher yield gains than studies published elsewhere. Indeed, when only including observations from studies that were published in journals, the mean effect size is larger than if all observations are included (Appendix A 5). On first sight, one might suspect publication bias, meaning that only studies that report substantial effects are accepted for publication in a journal. A common way to assess possible publication bias in meta-analysis is through funnel plots (Borenstein et al. 2009), which we show in Appendix A 6. However, in our case these funnel plots should not be over-interpreted. First, only studies that report variance measures can be included in the funnel plots, which holds true only for a subset of the original studies used here. That is why mean effect sizes in funnel plots differ from our estimates in Table 5.2. Second, even if there were publication bias at the stage of the publishing process, our mean results would be

estimated correctly because we include studies that were not published in peer-reviewed journals, assuming that the studies not published in journal papers are available in the databases. Furthermore, the funnel plot method assumes an underlying symmetric distribution of effect sizes. It is possible, however, that for results from farm surveys the distribution is skewed because farmers will choose to not adopt the technology if effects are expected to be negative. This may cut off a part of an otherwise symmetric distribution.

Further analysis suggests that the journal review process does not systematically filter out studies with small effect sizes. The journal articles in the sample report a wide range of yield effects, even including negative estimates in some cases. Moreover, when combining journal articles with papers presented at academic conferences, average yield gains are even higher (Table 5.3, column 2). Studies that were neither published in a journal nor presented at an academic conference encompass a diverse set of papers, including reports by NGOs and outspoken biotechnology critics. These reports show lower GM yield effects on average, but not all meet common scientific standards. Hence, rather than indicating publication bias, the positive and significant journal coefficient may be the result of a negative NGO bias in some of the grey literature.

Concerning other outcome variables, IR crops have much stronger reducing effects on pesticide quantity than HT crops (Table 5.3, column 3), as already discussed above. In terms of pesticide costs, the difference between IR and HT is less pronounced and not statistically significant (column 4). The profit gains of GM crops are 60 percentage points higher in developing countries than in developed countries (column 6). This large difference is due to higher GM yield gains and stronger pesticide cost savings in developing countries. Moreover, most GM crops are not patented in developing countries, so that GM seed prices are lower (Qaim 2009). Like for yields, studies published in peer-reviewed journals report higher profit gains than studies published elsewhere, but again we do not find evidence of publication bias (column 7).

5.4 Conclusion

This meta-analysis confirms that – in spite of impact heterogeneity – the average agronomic and economic benefits of GM crops are large and significant. Impacts vary especially by modified crop trait and geographic region. Yield gains and pesticide reductions are larger for IR crops than for HT crops. Yield and farmer profit gains are higher in developing countries than in developed countries. Recent impact studies used better data and methods than earlier studies, but these improvements in study design did not reduce the estimates of GM crop advantages. Rather, NGO reports and other publications without scientific peer review seem to bias the impact estimates downward. But even with such biased estimates included, mean effects remain sizeable.

One limitation is that not all of the original studies included in this meta-analysis reported sample sizes and measures of variance. This is not untypical for analyses in the social sciences, especially when studies from the grey literature are also included. Future impact studies with primary data should follow more standardized reporting procedures. Nevertheless, our findings reveal that there is robust evidence of GM crop benefits. Such evidence may help to gradually increase public trust in this promising technology.

Teil sechs

6 Allgemeine Schlussfolgerungen

6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Das Welternährungsproblem kann auf sehr unterschiedliche Weise betrachtet werden (vgl. Generelle Einleitung). Für diese Arbeit wird das Konzept der Ernährungssicherheit zugrunde gelegt. Daraus leitet sich ab, sich mit Einflussfaktoren auf das globale Nahrungsangebot, der globalen Nachfrage nach Nahrungsmitteln, sowie den Einkommen von Kleinbauern zu beschäftigen. In Teil zwei, sowie vertiefender in Teil drei, werden verschiedene Einflussfaktoren auf Nachfrage und Angebot bewertet. In Teil fünf wird mit der Grünen Gentechnik eine Technologie bewertet, die zur Einkommenssteigerung für Kleinbauern beitragen kann.

Die durchgeführte Simulation zu Einflussfaktoren auf die Welternährungssituation ist durch drei grundlegende Sachverhalte motiviert: Erstens liegt in den Ländern der OECD der Fleischkonsum pro Kopf in etwa doppelt so hoch wie im Rest der Welt, was einen entsprechend hohen Verbrauch an Futtergetreide mit sich bringt. Zweitens bestehen in vielen Industrieländern Beimischungsquoten für Biotreibstoff. Somit fragen die Industrieländer im Vergleich zu den Entwicklungsländern relativ mehr Agrargüter pro Kopf nach. Drittens sind die Getreideerträge in Industrieländern höher als in den Entwicklungsländern. In allen drei Fällen ist die Bedeutung dieser besonderen Nachfrage- und Angebotssituation für die Welternährung unklar.

Mithilfe eines simplen partiellen Gleichgewichtsmodells werden Schocks auf den Märkten für Fleisch, Biotreibstoff und Getreide simuliert. Gleichgewichtsverschiebungen führen zur Veränderung der globalen Verfügbarkeit von Nahrungsenergie. Diese Änderung wird mithilfe der FAO-Methode zur Schätzung der Zahl der Hungernden in eine Veränderung der globalen Prävalenz der Unterernährung überführt.

Im Vergleich mit dem Status Quo führt eine Reduktion des Fleischkonsums in den OECD-Ländern um 50% zu einer Reduktion der Zahl der Hungernden um 5%. Eine Flächenproduktivität im Getreideanbau

in der EU auf dem Niveau von 1980 steigert die Zahl der Hungernden um mehr als 5%, ein Anstieg der Biotreibstoffquote in der OECD auf 10% erhöht die Zahl der Hungernden gar um 10%.

Die Grüne Gentechnik ist eine meist diskutierte Technologie im Agrarbereich. Aufgrund der öffentlichen Kontroverse um diese Technologie sind singuläre Primärstudien häufig dem Vorwurf ausgesetzt, selektive oder verfälschte Ergebnisse zu zeigen. Die in Teil fünf dieser Arbeit präsentierte Meta-Analyse ist in dieser Hinsicht weniger angreifbar. Es können Ergebnisse von 147 Studien verglichen werden.

Die Studie ermittelt zunächst mittlere Effekte des Anbaus von GV-Pflanzen. Der Ertrag konnte durch die untersuchten gentechnischen Anwendungen durchschnittlich um 22% gesteigert werden, die Menge der angewendeten Pflanzenschutzmittel um 37% reduziert und die Profite der Bauern um 68% gesteigert werden. Wir identifizieren Determinanten der Effektgröße mittels einer Regressionsanalyse. Die Effekte sind für alle drei genannten Variablen *ceteris paribus* (c.p.) in Entwicklungsländern betragsmäßig größer als in Industrieländern. Auch sind die Effekte des Anbaus von GV-Pflanzen bei Erträgen und beim Pflanzenschutzmitteleinsatz c.p. betragsmäßig höher für insektenresistente Pflanzen als bei solchen mit Herbizidtoleranz. Bei der Meta-Regression musste aufgrund von Limitierungen der Daten auf eine Gewichtung mit einem inversen Varianzmaß verzichtet werden. Ein weiteres Ergebnis der Meta-Regression war ein positiver Effekt für Effektgrößen aus Publikationen in referierten Zeitschriften. Es zeigte sich jedoch, dass für Konferenzpapiere ein noch größerer Effekt auftritt. Somit handelt es sich wahrscheinlich nicht um einen Publikationsbias auf der Ebene der Zeitschriften.

Das Problem des Hungers ist im kollektiven Bewusstsein präsent. Dabei ist allerdings unklar, welche Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge die Öffentlichkeit unterstellt und welche Lösungsansätze aus ihrer Sicht geeignet sind. Die in Teil vier dieser Arbeit präsentierte Studie wertet dazu die Antworten einer Online-Befragung aus. Bei der Frage, bei welchen der zur Auswahl stehenden potenziellen

Ursachen sie eine große Wirkung auf den Welthunger vermuten, gaben die Befragten klassische Merkmale von akuten (Hunger-)Krisen an. Das Welternährungsproblem wird demnach nicht als ein chronisches Problem verstanden, es sei denn es wird für die krisenhaften Phänomene (Dürre, Kriege) ein Dauerzustand unterstellt. Einer Intensivierung der Landwirtschaft trauen die Befragten nur einen geringen Beitrag zur Lösung des Problems zu.

Diese Ergebnisse haben wichtige Implikationen. Weil die Öffentlichkeit keinen oder nur einen geringen Zusammenhang zwischen einer intensiven Landwirtschaft in Europa und der Welternährung sieht, überwiegen im politischen Prozess der Regulierung der Landwirtschaft andere Treiber.

6.2 Empfehlungen

Die wichtigsten Erkenntnisse aus dieser Arbeit sind folgende:

- Eine pauschale Nicht-Berücksichtigung von bestimmten Maßnahmen zur Bekämpfung des Welternährungsproblems, z.B. die Fokussierung auf entweder nur nachfrage- oder nur angebotsverändernde Maßnahmen ist nicht gerechtfertigt. Auch die Nahrungsmittelnachfrage und das Angebot an Agrarprodukten in Europa wirken sich auf die Welternährungslage aus.
- Bei den derzeit dominierenden Anwendungen der Gentechnik verschafft die Adoption von gentechnisch veränderten Sorten den Bauern bzw. den landwirtschaftlichen Betrieben höhere Erträge und höhere Profite im Vergleich zum Anbau nicht-gentechnisch veränderter Sorten.
- Das Welternährungsproblem wird von der Öffentlichkeit weniger als ein Problem chronischer Unterernährung gesehen denn als ein Problem akuter Krisen. Außerdem wird der intensiven Landwirtschaft kein Potenzial zugesprochen, zur Lösung des Welthungerproblems beizutragen.

Hieraus schlussfolgernd gibt es an dieser Stelle drei verschiedene Arten von Handlungsaufträgen:

1. Die Politik kann Maßnahmen treffen, die positive Wirkungen auf die Relation von globalem Angebot an und globaler Nachfrage nach Agrargütern haben.
2. Wenn es ein gesellschaftlich gewolltes Ziel ist, dass die Bevölkerung in Deutschland ein besseres Verständnis des Themenkomplexes Welternährung entwickelt, muss über Veränderungen in der Bildung ein solches Verständnis gefördert werden.
3. Die Konsumenten und der Lebensmittelhandel sind ebenfalls Akteure, die über ihr Verhalten einen Einfluss auf die Welternährungslage ausüben können.

Zu 1.

Eine langfristige weitere Steigerung landwirtschaftlicher Produktion erfordert in erster Linie weitere Ertragssteigerungen unter Berücksichtigung von Ressourcenschonung. Dies kann am ehesten mithilfe der Pflanzenzüchtung realisiert werden, insbesondere für Industrieländer, wo das Ertragspotential immer nahezu vollständig ausgeschöpft wird. Teil zwei der Arbeit hat viele weitere Möglichkeiten der politischen Intervention angedeutet. Diese sollen aber hier nicht noch einmal aufgegriffen werden, da Teil zwei der Arbeit keine eigenen empirischen Befunde liefert.

Die Forschungsförderung muss aber über die Förderung singulärer Disziplinen hinausgehen. Für die in Teil zwei der Arbeit geforderte Entwicklung standortangepasster Systemlösungen bedarf es eines transdisziplinären Wissenschaftsansatzes.

Die Regulierung der Pflanzengentechnik muss die positiven Effekte berücksichtigen, um die richtige Balance zwischen Risikovermeidung und entgangenem Nutzen zu finden.

Mithilfe der Simulationen in Teil drei weisen wir die schädliche Wirkung von Biotreibstoffen nach. Die Beimischungsquoten für Biotreibstoff sollten überdacht werden.

Zu 2.

Die Ergebnisse der Befragung der Öffentlichkeit decken auf, dass die Bedeutung von chronischem Hunger unterschätzt und die von akuten Hungerkrisen im Zuge von z.B. Dürren und Konflikten

stattdessen als das Hauptproblem gesehen wird. Hier könnten Bildungsmaßnahmen ansetzen. Hinsichtlich der Bedeutung von intensiver Landwirtschaft für die Welternährung handelt es sich nicht um ein Problem reiner Faktenvermittlung. Zu der Aussage, dass eine ertragreiche Landwirtschaft für die Welternährung wichtig ist, ist die in Teil zwei und drei der Arbeit präsentierte Argumentation gelangt, weil eine bestimmte Konzeptualisierung vorgenommen wurde. Bildungsinitiativen müssten somit auch diese Meta-Ebene einbeziehen.

Zu 3.

Die Konsumenten können in erster Linie den Konsum tierischer Produkte verändern und so zu einer geringeren Futtermittelnachfrage beitragen. Überdies können sie Nahrungsmittelverluste minimieren. Hier hat auch der Lebensmittelhandel Spielraum für Verhaltensänderungen.

Wie auch im Bereich der Steigerung landwirtschaftlicher Produktion kann transdisziplinäre Wissenschaft hier eine Rolle spielen, indem sie beispielsweise Pilotprojekte zu verändertem Konsumverhalten begleiten.

6.3 Limitierungen und zukünftige Forschung

Die drei präsentierten empirischen Studien (Teil drei bis fünf) in dieser Dissertation weisen jede für sich Limitierungen auf, die im Folgenden separat für jeden Teil thematisiert werden.

Die Simulationen zu Nachfrage- und Angebotsszenarien in Teil drei haben zwei entscheidende Schwachstellen. Erstens werden die Weltagarmärkte durch ein Modell des Weltmarktes nur unzureichend abgebildet, zweitens ist die Simulation abhängig von einer Modellkalibrierung, die auf Annahmen gestützt ist, die nicht empirisch belegt werden.

In der Abbildung der Weltgetreidemärkte in nur einem Marktmodell wird die Annahme eines perfekten Marktes ohne Handelsbarrieren getroffen. Zudem impliziert die gleichverteilte Zuschreibung der simulierten Veränderung der verfügbaren Nahrungsenergie auf die gesamte

Erdbevölkerung ein bestimmtes rigides Verhältnis der Nachfrageelastizitäten über alle Nachfrager. Die Alternative einer Kombination von CGE-Modellen mit stochastischen Methoden der Schätzung der Zahl der Hungernden als Verbesserung der Simulationen wurde bereits in Teil drei angesprochen. Dies ginge jedoch auch mit einem Verlust an Transparenz einher. In Teil zwei der Dissertation wurde außerdem thematisiert, dass von Preissenkungen für Grundnahrungsmittel nur Nettokonsumenten profitieren. Eine weitergehende Analyse müsste berücksichtigen, dass einige Nettoproduzenten von Unterernährung bedroht sind und dies in den Berechnungen berücksichtigen.

Die Analyse der Meinungen der Öffentlichkeit zum Thema Welternährung deckt einige wichtige Muster auf, kann jedoch keine stringente Kausalanalyse liefern. So können zwar Hypothesen über die Präsenz eines Halo-Effekts gemacht werden, dieser kann jedoch nicht belegt werden. Ebenso gut ist es denkbar, dass die Befragten bestimmte Annahmen über Wirkungszusammenhänge treffen, aus denen dann Ihre Einschätzung resultiert. Auch erlauben es die Daten nicht, zu analysieren, ob mögliche Verzerrungen durch motiviertes Denken oder Affektheuristiken verursacht werden. Da dies Implikationen für die Wissenschaftskommunikation hat, sollte hierzu weiter geforscht werden. Gleichmaßen wichtig für politische Empfehlungen für die Bildung und Wissenschaftskommunikation ist die Frage, welches Wissen zum Thema Welternährung und eng verwandten Themenkomplexen in der Öffentlichkeit vorhanden ist. Diese Fragestellung ist ebenfalls ein Auftrag an weitere Forschung. Auch können bei den abgefragten potenziellen Wirkungszusammenhängen zwischen bestimmten potenziellen Ursachen und der Welternährung sowie Maßnahmen und der Welternährung keine von den Befragten unterstellten Mechanismen aufgedeckt werden. Zukünftige Forschung sollte daher Argumentationsmuster zum Thema Welternährung untersuchen. Schlussendlich wäre eine Untersuchung der Wahrnehmung und Meinung vermeintlicher Experten, etwa Agrarwissenschaftlern oder Angestellten von Organisationen der Entwicklungszusammenarbeit, sowie eine kulturübergreifende Untersuchung interessant.

Die Metaanalyse zu den Auswirkungen von GV-Nutzpflanzen weist bezüglich mehrerer Aspekte Limitierungen auf: Zunächst erlaubt die Datenbasis nur eine eingeschränkte Anwendung der Standard-Methoden einer Meta-Analyse. Eine Gewichtung der Beobachtungen nach ihren Varianzmaßen kann nicht durchgeführt werden, da letztere in vielen Publikationen nicht angegeben werden. Weiterhin beschränkt sich die Analyse ebenfalls aus Gründen der Datenverfügbarkeit auf herbizidtolerante Sojabohnen und Mais sowie auf insektenresistente und herbizidtolerante Baumwolle. In der Zwischenzeit ist jedoch ein großer Teil der angebauten GV-Pflanzen sowohl mit Herbizidtoleranz als auch mit Insektenresistenz gleichermaßen ausgestattet. Zu diesen Anwendungen gibt es ebenso wenig ausreichend Primärstudien wie auch zu Anwendungen in anderen Pflanzenarten. Wie auch durch die Primärstudien in unserem Meta-Datensatz kann mit dem hier präsentierten Ansatz keine Erkenntnis über Gleichgewichtseffekte getroffen werden. Es ist denkbar, dass die Bauern, die GV-Sorten einsetzen, zwar in einem Querschnitts-Vergleich mit den Anwendern konventionellen Saatguts große Vorteile genießen können, die Steigerung ihrer Gewinne durch die Adoption der Technologie aber geringer ausgefallen ist.

7 Literaturverzeichnis

- Ali, A.; Abdulai, A. (2010): The adoption of genetically modified cotton and poverty reduction in Pakistan. *Journal of Agricultural Economics* 61 (1), S. 175–192.
- Alston, J. M.; Beddow, J. M.; Pardey, P. G. (2009): Agriculture. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science* 325 (5945), S. 1209–1210.
- American Association for the Advancement of Sciences (2012): Legally Mandating GM Food Labels Could “Mislead and Falsely Alarm Consumers”. Online verfügbar unter <http://www.aaas.org/news/aaas-board-directors-legally-mandating-gm-food-labels-could-mislead-and-falsely-alarm>, zuletzt geprüft am 02.10.2014.
- Andreasen, M. (2014): GM food in the public mind - facts are not what they used to be. *Nature biotechnology* 32 (1), S. 25.
- Anonymous (2013): Contrary to popular belief. *Nature biotechnology* 31 (9), S. 767.
- Areal, F. J.; Riesgo, L.; Rodríguez-Cerezo, E. (2013): Economic and agronomic impact of commercialized GM crops: a meta-analysis. *The Journal of Agricultural Science* 151 (01), S. 7–33.
- Banse, M.; van Meijl, H.; Tabeau, A.; Woltjer, G. (2008): Will EU biofuel policies affect global agricultural markets? *European Review of Agricultural Economics* 35 (2), S. 117–141.
- Bauhus, J.; Christen, O.; Dabbert, S.; Gauly, M.; Heissenhuber, A.; Hess, J. et al. (2012): Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung: Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. *Berichte über Landwirtschaft* 90 (1), S. 5–34.
- BMEL (2014): Zu gut für die Tonne. Online verfügbar unter <https://www.zugutfuerdietonne.de/>, zuletzt geprüft am 24.07.2014.
- Borenstein, Michael; Hedges, Larry V.; Higgins, Julian P.T.; Rothstein, Hannah R. (2009): Introduction to Meta-Analysis. Chichester: Wiley.
- Borras, S. M.; Hall, R.; Scoones, I.; White, B.; Wolford, W. (2011): Towards a better understanding of global land grabbing: an editorial introduction. *Journal of Peasant Studies* 38 (2), S. 209–216.
- Bravo-Ureta, B. E.; Solís, D.; Moreira López, V. H.; Maripani, J. F.; Thiam, A.; Rivas, T. (2007): Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. *Journal of Productivity Analysis* 27 (1), S. 57–72.
- Brazil Institute (2007): The global dynamics of biofuels (Special Report, 3), zuletzt geprüft am 26.07.2014.
- Breustedt, G.; Qaim, M. (2012): Hunger in der Welt – Fakten, Ursachen, Empfehlungen. *Ernährungsumschau* 2012 (18), S. 448–455.
- Brown, Lester (2006): Plan B 2.0. rescuing a planet under stress and a civilization in trouble. New York: W. W. Norton.

- Carpenter, J. E. (2010): Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nature biotechnology* 28 (4), S. 319–321.
- Carter, M. (1997): Intellectual openings and policy closures. In: Frederick Cooper und Randall M. Packard (Hg.): *International development and the social sciences: Essays on the history and politics of knowledge*. Berkeley, CA: University of California Press, S. 119–149.
- Cordell, D.; Drangert, J.-O.; White, S. (2009): The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19 (2), S. 292–305.
- Cordts, A.; Duman, N.; Grethe, H.; Nitzko, S.; Spiller, A. (2013): Auswirkungen eines verminderten Konsums von tierischen Produkten in Industrieländern auf globale Marktbilanzen und Preise für Nahrungsmittel. In: *Sicherung der Welternährung bei knappen Ressourcen*, Bd. 29. Frankfurt/Main, S. 103–136.
- Coxhead, I.; Linh, V. H.; Le Tam, D. (2012): Global market shocks and poverty in Vietnam: the case of rice. *Agricultural Economics* 43 (5), S. 575–592.
- da Silva, J. G. (2013): Food losses mean hunger. *Our Planet*, S. 8–9.
- DeFrancesco, L. (2013): How safe does transgenic food need to be? *Nature Biotechnolgy* 31 (9), S. 794–802.
- Delgado, C.; Rosegrant, M.; Steinfeld, H.; Ehui, S.; Courbois, C. (2001): Livestock to 2020: the next food revolution. *Outlook on Agriculture* 30 (1), S. 27–29.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (2014): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. Online verfügbar unter <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=15>, zuletzt geprüft am 05.09.2014.
- Ecker, O.; Qaim, M. (2011): Analyzing nutritional impacts of policies: an empirical study for Malawi. *World Development* 39 (3), S. 412–428.
- Entman, R. M. (1993): Framing: Toward Clarification of a Fractured Paradigm. *J Communication* 43 (4), S. 51–58.
- Eshel, G.; Shepon, A.; Makov, T.; Milo, R. (2014): Partitioning United States' feed consumption among livestock categories for improved environmental cost assessments. *The Journal of Agricultural Science* (online publiziert: 01. August 2014), S. 1–14.
- Europäische Kommission (2010): *Biotechnologie. Eurobarometer, 73.1*. Brüssel.
- Europäische Union (2014): Anteil erneuerbarer Energien am Kraftstoffverbrauch des Verkehrs. Online verfügbar unter <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=de&pcode=tsdcc340>, zuletzt geprüft am 06.09.2014.
- European Academies Science Advisory Council (2013): *Planting the future. Opportunities and challenges for using crop genetic improvement technologies for sustainable agriculture*,. Halle, Germany.

- European Commission (2010): A decade of EU-funded GMO research (2001-2010). Brussels.
- Evenson, R. E.; Gollin, D. (2003): Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300 (5620), S. 758–762.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013): Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Online verfügbar unter http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/r/z/rz_fnr4_0252_grafik_nawaro_anbau_101013_deut.jpg, zuletzt geprüft am 16.08.2014.
- Fan, S.; Zhang, L.; Zhang, X. (2004): Reforms, investment, and poverty in rural China. *Economic Development and Cultural Change* 52 (2), S. 395–421.
- FAO (2011): Global food losses and food waste - Extent, causes and prevention. Rom.
- FAO (2006): Food security. FAO. Policy Brief, 2. Rome. Online verfügbar unter ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02.pdf.
- FAO (2009): The state of food and agriculture: livestock in the balance. Rom.
- FAO (2010): The state of food insecurity in the world 2010. Rom.
- FAO (2012): SOFI Parameters 2011-2012. Online verfügbar unter www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/Food_security/SOFI_parameters_2012.xls, zuletzt geprüft am 24.09.2014.
- FAO (2013): The State of Food Insecurity in the World 2013: The multiple dimensions of food security. Rom.
- FAO (2014a): FAOSTAT - Production data. FAO. Rom. Online verfügbar unter faostat.fao.org.
- FAO (2014b): FAOSTAT statistical database. Rom. Online verfügbar unter faostat.fao.org.
- FAPRI (2006): Biofuel conversion factors. Online verfügbar unter <http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2006/biofuelconversions.pdf>, zuletzt geprüft am 25.09.2014.
- FAPRI (2014): Elasticity Database. Online verfügbar unter <http://www.fapri.iastate.edu/tools/elasticity.aspx>, zuletzt geprüft am 23.09.2014.
- Feder, G.; Just, R. E.; Zilberman, D. (1985): Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change* 33 (2), S. 255–298.
- Feedipedia (2014): Maize grain, North America. Online verfügbar unter <http://www.feedipedia.org/node/11663>, zuletzt geprüft am 11.09.2014.
- Fernandez-Cornejo, J.; Wechsler, S. J.; Livingston, M.; Mitchell, L. (2014): Genetically engineered crops in the United States. *US Department of Agriculture Economic Research Service*.
- Finger, R.; El Benni, N.; Kaphengst, T.; Evans, C.; Herbert, S.; Lehmann, B. et al. (2011): A meta analysis on farm-level costs and benefits of GM crops. *Sustainability* 3 (5), S. 743–762.

- Foley, J.; Ramankutty, N.; Brauman, K.; Cassidy, E.; Gerber, J.; Johnston, M. et al. (2011): Solutions for a cultivated planet. *Nature* (478), S. 337–342.
- Foley, J. A. (2013): Changing the Global Food Narrative. Online verfügbar unter <http://ensia.com/voices/changing-the-global-food-narrative/#comments>, zuletzt geprüft am 14.11.2013.
- Foley, J. A.; DeFries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R. et al. (2005): Global consequences of land use. *Science* 309 (5734), S. 570–574.
- Fritz, T. (2011): Brot oder Trog. Futtermittel, Flächenkonkurrenz und Ernährungssicherheit. Hg. v. Brot für die Welt, Stuttgart und FDCL-Verlag, Berlin. Online verfügbar unter www.brot-fuer-die-welt.de/fileadmin/mediapool/2_Downloads/Fachinformationen/Analyse/analyse_34_futtermittelstudie.pdf, zuletzt geprüft am 29.09.2014.
- Gamson, William A. (1992): Talking politics: Cambridge University Press New York.
- Gilbert, N. (2013): Case studies: A hard look at GM crops. *Nature* 497 (7447), S. 24–26.
- Glover, D. (2010): Is Bt cotton a pro-poor technology? A review and critique of the empirical record. *Journal of Agrarian Change* 10 (4), S. 482–509.
- Godfray, H. C.; Beddington, J. R.; Crute, I. R.; Haddad, L.; Lawrence, D.; Muir, J. F. et al. (2010): Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327 (5967), S. 812–818.
- Götz, L.; Glauben, T.; Brümmer, B. (2013): Wheat export restrictions and domestic market effects in Russia and Ukraine during the food crisis. *Food policy* 38, S. 214–226.
- Government Office for Science (2011): Foresight. The future of food and farming - final project report. London.
- Greenpeace (2014): Spiel mit ungewissem Ausgang - Gentechnik in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter <http://www.greenpeace.de/themen/landwirtschaft/gentechnik>, zuletzt geprüft am 02.10.2014.
- Grote, U. (2014): Can we improve global food security? A socio-economic and political perspective. *Food Security* 6 (2), S. 187–200.
- Guariso, A.; Squicciarini, M. P.; Swinnen, J. (2014): Food Price Shocks and the Political Economy of Global Agricultural and Development Policy. *Applied Economic Perspectives and Policy* 36 (3), S. 387–415.
- Headey (2014): Food prices and poverty reduction in the long run. IFPRI. IFPRI Discussion Paper, 01331. Washington, DC.
- Hospes, O. (2014): Food sovereignty: the debate, the deadlock, and a suggested detour. *Agric Hum Values* 31 (1), S. 119–130.
- Huang, J.; Hu, R.; Rozelle, S.; Pray, C. (2008): Genetically modified rice, yields, and pesticides: assessing farm-level productivity effects in china. *Economic Development and Cultural Change* 56 (2), S. 241–263.

- Hurley, T. M.; Rao, X.; Pardey, P. G. (2014): Re-examining the Reported Rates of Return to Food and Agricultural Research and Development. *American Journal of Agricultural Economics* 96 (5), S. 1492–1504.
- IEA (2014): World energy balance 2011. Online verfügbar unter <http://www.iea.org/Sankey/index.html>, zuletzt geprüft am 06.09.2014.
- James, C. (2013): Global status of commercialized biotech/GM crops: 2013. ISAAA Brief, 46. Online verfügbar unter <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/executivesummary/default.asp>.
- Jensen, R. T.; Miller, N. H. (2008): The impact of food price increases on caloric intake in China. *Agricultural Economics* 39 (1), S. 465–476.
- Kastner, T.; Rivas, M. J.; Koch, W.; Nonhebel, S. (2012): Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (18), S. 6868–6872.
- Kathage, J.; Qaim, M. (2012): Economic impacts and impact dynamics of Bt (*Bacillus thuringiensis*) cotton in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (29), S. 11652–11656.
- Keckl, G. (2014): Welthunger: Brot für die Welt und Brösel für Afrika. *NovoArgumente*, 2014. Online verfügbar unter http://www.novo-argumente.com/magazin.php/novo_notizen/artikel/0001506, zuletzt geprüft am 23.01.2014.
- Kerr, W. (2011): Food Sovereignty: Old Protectionism in Somewhat Recycled Bottles. *ATDF JOURNAL* 8 (1/2).
- Keyzer, M.; Merbis, M.; Pavel, I.; van Wesenbeeck, C. (2005): Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030? *Ecological Economics* 55 (2), S. 187–202.
- Kirschke, D.; Häger, A.; Noleppa, S. (2011): Rediscovering productivity in European Agriculture. HFFA Working Paper, 2. Berlin.
- Klümper, W.; Kathage, J.; Qaim, M. (2013): Wahrnehmung des Themas Welternährung in der deutschen Öffentlichkeit. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 91 (1).
- Klümper, W.; Qaim, M. (2014): A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLoS ONE* 9(11): e111629.
- Klümper, W.; Qaim, M. (2013a): Europa und der Welthunger. *DLG-Mitteilungen* (2), S. 80–82.
- Klümper, W.; Qaim, M. (2013b): Europe and World Hunger. *Agrifuture* (Summer), S. 16–19.
- Licker, R.; Johnston, M.; Foley, J. A.; Barford, C.; Kucharik, C. J.; Monfreda, C.; Ramankutty, N. (2010): Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the 'yield gap' of croplands around the world? *Global Ecology and Biogeography* 19 (6), S. 769–782.

- Lipsey, R. G.; Lancaster, K. (1956): The general theory of second best. *The review of economic studies* 24 (1), S. 11–32.
- Lobell, D. B.; Bänziger, M.; Magorokosho, C.; Vivek, B. (2011): Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials. *Nature Climate change* 1 (1), S. 42–45.
- Messer, E.; DeRose, L. F. (1998): Food shortage. In: Laurie DeRose, Ellen Messer und Sara Millman (Hg.): *Who's hungry? And how do we know? Food shortage, poverty, and deprivation*. Washington, DC: United Nations University Press.
- Mitchell, D. (2008): A note on rising food prices. World Bank. Washington, DC. Online verfügbar unter <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6820>.
- Morse, S.; Bennett, R.; Ismael, Y. (2004): Why Bt cotton pays for small-scale producers in South Africa. *Nature biotechnology* 22 (4), S. 379–380.
- Murphy, S. P.; Allen, L. H. (2003): Nutritional Importance of Animal Source Foods. *The Journal of Nutrition* 133 (11), S. 3932S–3935S.
- Nelson, G.; Rosegrant, M.; Palazzo, A.; Gray, I.; Ingersoll, C.; Robertson, R. et al. (2010): Food security, farming, and climate change to 2050: Scenarios, results, policy options. IFPRI. Washington, DC.
- Neumann, K.; Verburg, P. H.; Stehfest, E.; Müller, C. (2010): The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems* 103 (5), S. 316–326.
- Nisbett, R. E.; Wilson, T. D. (1977): The halo effect: Evidence for unconscious alteration of judgments. *Journal of Personality and Social Psychology* 35 (4), S. 250–256.
- OECD (2014a): Biofuels. In: OECD (Hg.): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023*: OECD Publishing (OECD-FAO Agricultural Outlook), S. 107–126.
- OECD (2014b): Meat. In: OECD (Hg.): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023*: OECD Publishing (OECD-FAO Agricultural Outlook), S. 171–188.
- OECD (Hg.) (2014c): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023*: OECD Publishing (OECD-FAO Agricultural Outlook).
- Ostrom, E.; Janssen, M. A.; Anderies, J. M. (2007): Going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (39), S. 15176–15178.
- OXFAM Deutschland (2012): Mit Essen spielt man nicht! Die deutsche Finanzbranche und das Geschäft mit dem Hunger. Online verfügbar unter www.oxfam.de/sites/www.oxfam.de/files/o_nms_2013_mb_web.pdf, zuletzt geprüft am 29.09.2014.
- Pray, C. E.; Huang, J.; Hu, R.; Rozelle, S. (2002): Five years of Bt cotton in China - the benefits continue. *The Plant Journal* 31 (4), S. 423–430.
- Qaim, M. (2009): The economics of genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics* 1 (1), S. 665–694.

- Qaim, M. (2012): Wie gelingt die weltweite Ernährungssicherung? In: DLG (Hg.): Welternährung – Welche Verantwortung hat Europa? Frankfurt: DLG-Verlag, S. 17–38.
- Qaim, M.; Klümper, W. (2013): Landwirtschaft für die Hungerbekämpfung. *Chemie in unserer Zeit* 47 (5), S. 318–326.
- Qaim, M.; Kouser, S. (2013): Genetically modified crops and food security. *PLoS ONE* 8 (6), S. e64879.
- Qaim, M.; Traxler, G. (2005): Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects. *Agricultural Economics* 32 (1), S. 73–86.
- Qaim, M.; Zilberman, D. (2003): Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science* 299 (5608), S. 900–902.
- Rae, A. (1998): The effects of expenditure growth and urbanisation on food consumption in East Asia: a note on animal products. *Agricultural Economics* 18 (3), S. 291–299.
- Rao, E. J.; Qaim, M. (2011): Supermarkets, farm household income, and poverty: insights from Kenya. *World Development* 39 (5), S. 784–796.
- Rosegrant, Mark W. (2008): Biofuels and grain prices: impacts and policy responses. Washington, DC: IFPRI.
- Rothstein, H. R.; Hopewell, S. (2009): Grey literature. *The handbook of research synthesis and meta-analysis* 2, S. 103–125.
- Schierhorn, F.; Müller, D.; Beringer, T.; Prishchepov, A. V.; Kuemmerle, T.; Balmann, A. (2013): Post-Soviet cropland abandonment and carbon sequestration in European Russia, Ukraine, and Belarus. *Global Biogeochemical Cycles* 27 (4), S. 1175–1185.
- Schmitz, P. M.; Moleva, P. (2013): Bestimmungsgründe für das Niveau und die Volatilität von Agrarrohstoffpreisen auf internationalen Märkten. UFOP, VDB. Online verfügbar unter www.biokraftstoffverband.de/tl_files/download/Stellungnahmen_und_Studien/05-12-13%20VDB%20Ufop%20-%20Web_Schmitz-Studie_final.pdf, zuletzt geprüft am 29.09.2014.
- Searchinger, T.; Heimlich, R.; Houghton, R. A.; Dong, F.; Elobeid, A.; Fabiosa, J. et al. (2008): Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319 (5867), S. 1238–1240.
- Sexton, S.; Zilberman, D. (2011): Land for food and fuel production: The role of agricultural biotechnology. In: The intended and unintended effects of US agricultural and biotechnology policies: University of Chicago Press, S. 269–288.
- Shadish, W. R.; Haddock, C. K. (1994): Combining estimates of effect size. In: Cooper und Hedges (Hg.): The handbook of research synthesis. New York: The Rusell Sage Foundation, S. 261–281.
- Shei, S.-Y.; Thompson, R. L. (1977): The impact of trade restrictions on price stability in the world wheat market. *American Journal of Agricultural Economics* 59 (4), S. 628.

- Smale, Melinda; Zambrano, Patricia; Gruère, Guillaume; Falck-Zepeda, José; Matuschke, Ira; Horna, Daniela et al. (2009): Measuring the economic impacts of transgenic crops in developing agriculture during the first decade: Approaches, findings, and future directions: IFPRI.
- Stone, G. D. (2012): Constructing Facts. *Economic & Political Weekly* 47 (38), S. 63.
- Subramanian, A.; Qaim, M. (2010): The impact of Bt cotton on poor households in rural India. *Journal of Development Studies* 46 (2), S. 295–311.
- Swinnen, J.; Squicciarini, P. (2012): Mixed Messages on Prices and Food Security. *Science* 335 (6067), S. 405–406.
- Thirtle, C.; Lin, L.; Piesse, J. (2003): The Impact of Research-Led Agricultural Productivity Growth on Poverty Reduction in Africa, Asia and Latin America. *World Development* 31 (12), S. 1959–1975.
- TNS Emnid (2010): Assoziationen zu Afrika - Umfrage. Online verfügbar unter <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/157839/umfrage/assoziationen-zu-afrika/>, zuletzt geprüft am 02.10.2014.
- Tscharntke, T.; Clough, Y.; Wanger, T. C.; Jackson, L.; Motzke, I.; Perfecto, I. et al. (2012): Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification 151 (1), S. 53–59.
- United Nations (2013): World Population Prospects. New York.
- Universität Stuttgart (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Stuttgart. Online verfügbar unter www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Langfassung.pdf.
- Weltagrarbericht.de (2014): Ernährungssouveränität. Online verfügbar unter <http://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichts/ernaehrungssouveraenitaet.html>, zuletzt geprüft am 02.10.2014.
- West, P. C.; Gerber, J. S.; Engstrom, P. M.; Mueller, N. D.; Brauman, K. A.; Carlson, K. M. et al. (2014): Leverage points for improving global food security and the environment. *Science* 345 (6194), S. 325–328.
- WHO (2002): The World Health Report 2002. Reducing Risks, Promoting Healthy Life. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- WHO (2014): Food Security. World Health Organization. Geneva, Switzerland. Online verfügbar unter <http://www.who.int/trade/glossary/story028/en/>, zuletzt geprüft am 02.10.2014.
- Whyte, K. P.; Thompson, P. B. (2012): Ideas for How to Take Wicked Problems Seriously. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 25 (4), S. 441–445.
- Wieters, H. (2012): Die Debatten über das „Welternährungsproblem“ in der Bundesrepublik Deutschland, 1950–1975. In: Dominik Collet, Thore Lassen und Ansgar Schanbacher (Hg.): Handeln in Hungerkrisen. Göttingen: Universitätsverlag Göttingen.

Wilkinson, J. M. (2011): Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal : an international journal of animal bioscience* 5 (7), S. 1014–1022.

World Bank (2008): World Development Report 2008. Agriculture for Development. Washington, DC.

World Food Programme (2014): Who are the hungry? Online verfügbar unter <http://www.wfp.org/hunger/who-are>, zuletzt geprüft am 15.08.2014.

World Food Summit (1996): Rome declaration on world food security. Rom.

Anhang / Appendix A: Additional figures and tables corresponding to part five (“A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops”)

A 1: Studies included in the meta-analysis

No.	Publication
1.	Abdullah, A. 2010. An analysis of Bt cotton cultivation in Punjab, Pakistan using the Agriculture Decision Support System (ADSS). <i>AgBioForum</i> 13 (3), 274–287.
2.	Ali, A. and Abdulai, A. 2010. The adoption of genetically modified cotton and poverty reduction in Pakistan. <i>Journal of Agricultural Economics</i> 61 (1), 175–192.
3.	Andersen, M. N., Sausse, C., Lacroix, B., Caul, S. and Messean, A. 2007. Agricultural studies of GM maize and the field experimental infrastructure of ECOGEN. <i>Pedobiologia</i> 51 (3), 175–184.
4.	Ansingkar, A. S., More, S. S., Bhatade, S. S., Dhuppe, M. V. and Choudhary, L. M. 2005. Evaluation of transgenic Bt cotton hybrids in comparison with non-Bt and checks in rainfed condition. <i>Journal of Soils and Crops</i> 15 (2), 338–342.
5.	Badiz Furlaneto, F. d. P., Reco, P. C., Dias Kanthack, R. A., Tsutsui Esperancinil, M. S. and Oliveira Ojima, A. L. R. 2008. Transgenic versus conventional soybean: estimative of the operational production costs in the Middle Paranapanema, Sao Paulo State. <i>Ciencia e Agrotecnologia</i> 32 (6), 1935–1940.
6.	Banerjee, S. B. and Martin, S. W. 2008. An estimation of producer returns from Bt cotton with varying refuge sizes. <i>Crop Protection</i> 27 (6), 1003–1008.
7.	Barry, B. D., Darrah, L. L., Huckla, D. L., Antonio, A. Q., Smith, G. S. and O'Day, M. H. 2000. Performance of transgenic corn hybrids in Missouri for insect control and yield. <i>Journal of Economic Entomology</i> 93 (3), 993–999.
8.	Barwale, R. B., Gadwal, V. R., Zehr, U. and Zehr, B. 2004. Prospects for Bt cotton technology in India. <i>AgBioForum</i> 7 (1&2), 23–26.
9.	Benbrook, C. 1999. Evidence of the magnitude and consequences of the roundup ready soybean yield drag from University-Based varietal trials in 1998. Ag BioTech InfoNet, Technical Paper 1. Website < http://stopogm.net/sites/stopogm.net/files/EvidenceBenbrook.pdf >. Last accessed on 24.07.14.
10.	Bennett, R., Buthelezi, T. J., Ismael, Y. and Morse, S. 2003. Bt cotton, pesticides, labour and health - A case study of smallholder farmers in the Makhathini Flats, Republic of South Africa. <i>Outlook on Agriculture</i> 32 (2), 123–128.
11.	Bennett, R., Ismael, Y. and Morse, S. 2005. Explaining contradictory evidence regarding impacts of genetically modified crops in developing countries. Varietal performance of transgenic cotton in India. <i>Journal of Agricultural Science</i> 143 (1), 35–42.
12.	Bennett, R., Ismael, Y., Morse, S. and Shankar, B. 2004. Reductions in insecticide use from adoption of Bt cotton in South Africa: impacts on economic performance and toxic load to the environment. <i>Journal of Agricultural Science</i> 142 (6), 665–674.
13.	Bennett, R. M., Ismael, Y., Kambhampati, U. and Morse, S. 2004. Economic impact of genetically modified cotton in India. <i>AgBioForum</i> 7 (3), 96–100.
14.	Bennett, R., Kambhampati, U., Morse, S. and Ismael, Y. 2006. Farm-level economic performance of genetically modified cotton in Maharashtra, India. <i>Review of Agricultural Economics</i> 28 (1), 59–71.
15.	Bennett, R., Morse, S. and Ismael, Y. 2006. The economic impact of genetically modified cotton on South African smallholders: Yield, profit and health effects. <i>Journal of Development Studies</i> 42 (4), 662–677.
16.	Beyers, L., Ismael, Y. and Piesse, J. 2003. Can GM-technologies help the poor? The Impact of Bt cotton in Makhathini flats, Kwazulu-Natal. <i>World Development</i> 31 (4), 717–732.
17.	Beyers, L. and Thirtle, C. G. 2003. Can GM-technologies help African smallholders? The impact of Bt cotton in the Makhathini Flats of Kwazulu-Natal. Paper presented at the Annual Meeting of International Association of Agricultural Economists 2003, Durban, South Africa.

18.	Bheemanna, M., Patil, B. V., Hanchinal, S. G., Hosamani, A. C. and Bansil, A. B. 2008. Comparative performance and economics of bollgard-II Bt cotton under irrigated conditions. <i>Journal of Cotton Research and Development</i> 22 (1), 118–121.
19.	Brethour, C., Mussell, A., Mayer, H. and Larry, M. 2002. Agronomic, economic and environmental impacts of the commercial cultivation of glyphosate tolerant soybeans in Ontario. Research report, Council for Biotechnology Information. Guelph, Canada: George Morris Centre.
20.	Brookes, G. 2005. The farm-level impact of herbicide-tolerant soybeans in Romania. <i>AgBioForum</i> 8 (4), 235–241.
21.	Cattaneo, M. G., Yafuso, C., Schmidt, C., Huang, C. Y., Rahman, M. and Olson, C. 2006. Farm-scale evaluation of the impacts of transgenic cotton on biodiversity, pesticide use, and yield. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> 103 (20), 7571–7576.
22.	Ceddia, M. G., Gomez-Barbero, M. and Rodriguez-Cerezo, E. 2008. An ex-ante evaluation of the economic impact of Bt cotton adoption by Spanish farmers facing the EU cotton sector reform. <i>AgBioForum</i> 11 (2), 82–92.
23.	Crost, B., Shankar, B., Bennett, R. and Morse, S. 2007. Bias from farmer self-selection in genetically modified crop productivity estimates: Evidence from Indian data. <i>Journal of Agricultural Economics</i> 58 (1), 24–36.
24.	Dev, S. M. and Rao, N. C. 2007. Socioeconomic Impact of Bt cotton. Hyderabad: Centre for Economic and Social Studies. Website < http://www.cess.ac.in/cesshome/cessmonograph3.pdf >. Last accessed on 30.07.2014.
25.	Dhillon, M. K., Pampapathy, G., Wadaskar, R. M. and Sharma, H. C. 2012. Impact of Bt transgenic cottons and insecticides on target and non-target insect pests, natural enemies and seed cotton yield in India. <i>Indian Journal of Agricultural Sciences</i> 82 (3), 248-254.
26.	Diaz-Osorio, J., Herrera R., Valderrama J. and Llanos-Ascencio J. L. 2004. Potential changes in the competitiveness of maize growers in Central Chile through the use of transgenic seed (Bt and RR). <i>Spanish Journal of Agricultural Research</i> 2 (2), 145-156.
27.	Dong, H., Li, W., Tang, W. and Zhang, D. 2004. Development of hybrid Bt cotton in China - A successful integration of transgenic technology and conventional techniques. <i>Current Science</i> 86 (6), 778–782.
28.	Doyle, B., Reeve I. and Barclay, E. 2002. The performance of Ingard cotton in Australia during the 2000/2001 season. Research report, Institute for Rural Futures. Armidale, Australia: University of New England.
29.	Doyle, B., Reeve I. and Bock K. 2002. The performance of ingard cotton in Australia during the 2001/2002 season. Institute for Rural Futures. Armidale, Australia: University of New England.
30.	Duffy, M. 2001. Who benefits from biotechnology? Paper presented at the American Seed Trade Association meeting, Chicago, United States.
31.	Duffy, M. 1999. Does planting GMO seed boost farmers' profits? <i>Leopold Letter</i> 11(3), 1-5.
32.	Falck-Zepeda, J. T. G. 2000. Rent creation and distribution from biotechnology innovations: The case of Bt cotton and herbicide-tolerant soybeans in 1997. <i>Agribusiness</i> 16 (1), 21–32.
33.	Fernandez-Cornejo, J. and Li, J. 2005. The impacts of adopting genetically engineered crops in the USA: The case of Bt corn. Paper presented at Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Rhode Island, United States.
34.	Fernandez-Cornejo, J. and Wechsler, S. 2011. Revisiting the impact of Bt corn adoption by U.S. farmers. Paper presented at Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Pittsburgh, United States.
35.	Fernandez-Cornejo, J. and Wechsler, S. 2012. Fifteen years later: Examining the adoption of Bt corn varieties by US farmers. Paper presented at Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Seattle, United States.
36.	Fernandez-Cornejo, J. and Wechsler, S. 2012. Revisiting the impact of Bt corn adoption by U.S. farmers. <i>Agricultural and Resource Economics Review</i> 41 (3), 377–390.
37.	Fok, M. A. C., Gouse M., Hofs J.-L. and Kirsten J. 2007. Contextual appraisal of GM cotton diffusion in South Africa. <i>Life Sciences International Journal</i> 1 (4), 468–482.
38.	Gandhi, V. P. and Namboodiri, N. V. 2006. The adoption and economics of Bt cotton in India: Preliminary results from a study. Working paper number 2006-09-04, Indian Institute of Management, Ahmedabad.
39.	Gaurav, S. and Mishra, S. 2012. To Bt or not to Bt? Risk and uncertainty considerations in technology assessment. Working paper number 2012-001, Indira Gandhi Institute of Development Research, Mumbai.
40.	Gómez-Barbero, M., Berbel, J. and Rodríguez-Cerezo, E. 2008. Adoption and performance of the first GM crop introduced in EU agriculture: Bt maize in Spain. Joint Research Centre Scientific and Technical Report. Seville, Spain: European Commission.
41.	Gouse, M. 2012. GM maize as subsistence crop: The South African smallholder experience. <i>AgBioForum</i> 15 (2), 163–174.

42.	Gouse, M., Piesse, J. and Thirtle, C. G. 2006. Output and labour effects of GM maize and minimum tillage in a communal area of Kwa-Zulu-Natal. <i>Journal of Development Perspectives</i> 2 (2), 71–86.
43.	Gouse, M., Kirsten, J. F. and Jenkins, L. 2003. Bt cotton in South Africa: Adoption and the impact on farm incomes amongst small-scale and large scale farmers. <i>Agrekon</i> 42 (1), 15–29.
44.	Gouse, M., Piesse, J., Thirtle, C. and Poulton, C. 2009. Assessing the performance of GM maize amongst smallholders in KwaZulu-Natal, South Africa. <i>AgBioForum</i> 12 (1), 78–89.
45.	Gouse, M., Pray, C., Schimmelpfennig, D. and Kirsten, J. 2006. Three seasons of subsistence insect-resistant maize in South Africa: Have smallholders benefited? <i>AgBioForum</i> 9 (1), 15–22.
46.	Gouse, M., Pray, C. E., Kirsten, J. and Schimmelpfennig, D. 2005. A GM subsistence crop in Africa: the case of Bt white maize in South Africa. <i>International Journal of Biotechnology</i> 7 (1), 84–94.
47.	Government of Andhra Pradesh. 2003. Performance report of Bt cotton in Andhra Pradesh. Report of State Department of Agriculture, Government of Andhra Pradesh, Hyderabad, India.
48.	Gruere, G. P. and Sun, Y. 2012. Measuring the contribution of Bt cotton adoption to India's cotton yields leap. IFPRI Discussion Paper 1170, Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
49.	Gulden, R. H., Sikkema, P. H., Hamill, A. S., Tardif, F. and Swanton, C. J. 2009. Conventional vs. glyphosate-resistant cropping systems in Ontario: Weed control, diversity, and yield. <i>Weed Science</i> 57 (6), 665–672.
50.	Hategekimana, B. 2002. Genetically modified grain corn and soybean in Quebec and Ontario in 2000 and 2001. Agriculture and Rural Working Paper Series number 54, Statistics Canada, Ontario.
51.	Heatherly, L. G., Elmore, C. D. and Spurlock, S. R. 2002. Weed management systems for conventional and glyphosate-resistant soybean with and without irrigation. <i>Agronomy Journal</i> 94 (6), 1419–1428.
52.	Hofs, J. L., Hau, B., Marais, D. and Fok, M. 2006. Boll distribution patterns in Bt and non-Bt cotton cultivars: II. Study on small-scale farming systems in South Africa. <i>Field Crops Research</i> 98 (2), 210–215.
53.	Hofs, J.-L., Fok, M. and Vaissayre, M. 2006. Impact of Bt cotton adoption on pesticide use by smallholders: A 2-year survey in Makhathini Flats (South Africa). <i>Crop Protection</i> 25 (9), 984–988.
54.	Hu, R., Pray, C., Huang, J., Rozelle, S., Fan, C. and Zhang, C. 2009. Reforming intellectual property rights and the Bt cotton seed industry in China: Who benefits from policy reform? <i>Research Policy</i> 38 (5), 793–801.
55.	Huang, J. K., Rozelle, S., Pray, C. and Wang, Q. F. 2002. Plant biotechnology in China. <i>Science</i> 295 (5555), 674–677.
56.	Huang, J., Hu, R. and Fan, C. 2002. Bt cotton benefits, costs, and impacts in China. <i>AgBioForum</i> 5 (4), 153–166.
57.	Huang, J., Hu, R., Pray, C., Qiao, F. and Rozelle, S. 2003. Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: A case study of Bt cotton in China. <i>Agricultural Economics</i> 29 (1), 55–67.
58.	Huang, J., Hu, R., Rozelle, S., Qiao, F. and Pray, C. 2001. Smallholders, transgenic varieties, and production efficiency: The case of cotton farmers in China. Department of Agricultural and Resource Economics Working Paper number 01-015, University of California, Davis, United States.
59.	Huang, J., Hu, R., Rozelle, S., Qiao, F. and Pray, C. E. 2002. Transgenic varieties and productivity of smallholder cotton farmers in China. <i>Australian Journal of Agricultural and Resource Economics</i> 46 (3), 367–387.
60.	IMRB International. 2005. Socio economic benefits of Bollgard and product satisfaction (in India). Paper presented at the Indian Market Research Bureau, New Delhi, India.
61.	Ismael, Y., Bennett, R. and Morse, S. 2002. Benefits from Bt cotton use by smallholder farmers in South Africa. <i>AgBioForum</i> 5 (1), 1–5.
62.	Ismael, Y., Bennett, R. and Morse, S. 2001. Biotechnology in Africa: The adoption and economic impacts of Bt cotton in the Makhathini flats, Republic of South Africa. Paper presented for AfricaBio Biotechnology Conference for Sub-Saharan Africa Conference, Johannesburg, South Africa.
63.	Janaki, P. and Raja, D. 2009. Performance, benefits and impact of Bt cotton production in Salem, India. <i>Agriculture Update</i> 4 (1&2), 171–173.
64.	Kapadiya, H. J., Butani, A. M., Khanpara, M. D. and Nariya, J. N. 2012. Farmers' participation in front line demonstration (FLD) for Bt cotton in Saurashtra region of Gujarat. <i>Journal of Cotton Research and Development</i> 26 (1), 137–141.
65.	Kathage, J. and Qaim, M. 2012. Economic impacts and impact dynamics of Bt (<i>Bacillus thuringiensis</i>) cotton in India. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> 109 (29), 11652–11656.
66.	Keetch, D. P., Ngqaka, A., Akanbi, R. and Mahlanga, P. 2005. Bt maize for small scale farmers: a case study. <i>African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development</i> 4 (13), 1505–1509.
67.	Kiresur, V. R. and Ichangi, M. 2011. Socio-economic impact of bt cotton—a case study of Karnataka. <i>Agricultural Economics Research Review</i> 24 (1), 67-82.
68.	Klotz-Ingram, C. 1999. Farm-level production effects related to the adoption of genetically modified cotton for pest management. <i>AgBioForum</i> 2 (2), 73–84.

69.	Kouser, S. and Qaim, M. 2011. Impact of Bt cotton on pesticide poisoning in smallholder agriculture: A panel data analysis. <i>Ecological Economics</i> 70 (11), 2105–2113.
70.	Kouser, S. and Qaim, M. 2012. Valuing financial, health, and environmental benefits of Bt cotton in Pakistan. Paper presented at the International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil.
71.	Krishna, V. V. and Qaim, M. 2012. Bt cotton and sustainability of pesticide reductions in India. <i>Agricultural Systems</i> 107, 47–55.
72.	Lalitha, N. R. B. 2009. India's experience with Bt cotton: Case studies from Gujarat and Maharashtra. In R. Tripp (ed.), <i>Biotechnology and agricultural development: Transgenic cotton, rural institutions and resource-poor farmers</i> . Abingdon, Oxon: Routledge. pp. 135–167.
73.	Lin, W., Price, G. K. and Fernandez-Cornejo, J. 2001. Estimating farm-level effects of adopting herbicide-tolerant soybeans. <i>Oil Crops Situation and Outlook</i> , (Oct 2001), 25–34.
74.	Loganathan, R., Balasubramanian, R., Mani, K. and Gurunathan, S. 2009. Productivity and profitability impact of genetically modified crops – An economic analysis of Bt cotton cultivation in Tamil Nadu. <i>Agricultural Economics Research Review</i> 22, 331–340.
75.	Ma, B. L., Meloche, F. and Wei, L. 2009. Agronomic assessment of Bt trait and seed or soil-applied insecticides on the control of corn rootworm and yield. <i>Field Crops Research</i> 111 (3), 189–196.
76.	Ma, B. L. and Subedi, K. D. 2005. Development, yield, grain moisture and nitrogen uptake of Bt corn hybrids and their conventional near-isolines. <i>Field Crops Research</i> 93 (2), 199–211.
77.	Mal, P., Manjunatha, A. V., Bauer, S. and Ahmed, M. N. 2011. Technical efficiency and environmental impact of Bt cotton and Non-Bt Cotton in North India. <i>AgBioForum</i> 14 (3), 164–170.
78.	McBride, W. D. and Brooks, N. 2000. Survey evidence on producer use and costs of genetically modified seed. <i>Agribusiness</i> 16 (1), 6–20.
79.	McBride, W. D. and El-Osta, H. S. 2002. Impacts of the adoption of genetically engineered crops on farm financial performance. <i>Journal of Agricultural and Applied Economics</i> 34 (1), 175–191.
80.	Ministry of Agriculture of the Czech Republic. 2010. Experience with Bt maize cultivation in the Czech Republic 2005–2009. Available online at eagri.cz/public/web/file/52756/CZ_experience_with_Bt_maize_2005_2009.pdf .
81.	Morse, S., Bennett, R. and Ismael, Y. 2004. Why Bt cotton pays for small-scale producers in South Africa. In <i>Nature biotechnology</i> 22 (4), 379–380.
82.	Morse, S., Bennett, R. and Ismael, Y. 2006. Environmental impact of genetically modified cotton in South Africa. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i> 117 (4), 277–289.
83.	Morse, S., Bennett, R. and Ismael, Y. 2007. Inequality and GM Crops: A case-study of Bt cotton in India. <i>AgBioForum</i> 10 (1), 44–50.
84.	Morse, S., Bennett, R. and Ismael, Y. 2007. Isolating the 'farmer' effect as a component of the advantage of growing genetically modified varieties in developing countries: A Bt cotton case study from Jalgaon, India. <i>Journal of Agricultural Science</i> 145 (5), 491–500.
85.	Morse, S., Bennett, R. M. and Ismael, Y. 2005. Genetically modified insect resistance in cotton: some farm level economic impacts in India. <i>Crop Protection</i> 24 (5), 433–440.
86.	Muhammad, S. A. 2012. A comparative farm level cultivation of conventional and Bt cotton. <i>Scientific Papers. Series A. Agronomy</i> 55, 207–211.
87.	Mungai, N. W., Motavalli, P. P., Nelson, K. A. and Kremer, R. J. 2005. Differences in yields, residue composition and N mineralization dynamics of Bt and non-Bt maize. <i>Nutrient Cycling in Agroecosystems</i> 73 (1), 101–109.
88.	Mutuc, M., Rejesus, R. M. and Yorobe, J. M. 2013. Which farmers benefit the most from Bt corn adoption? Estimating heterogeneity effects in the Philippines. <i>Agricultural Economics</i> 44 (2), 231-239.
89.	Mutuc, M. E., Rejesus, R. M. and Yorobe, J. M. 2011. Yields, insecticide productivity, and Bt corn: Evidence from damage abatement models in the Philippines. <i>AgBioForum</i> 14 (2), 35–46.
90.	Mutuc, M. E. M., Rejesus, R. M., Pan, S. and Yorobe, J. M. 2012. Impact assessment of Bt corn adoption in the Philippines. <i>Journal of Agricultural and Applied Economics</i> 44 (1), 117–135.
91.	Naik, G., Qaim M. and Zilberman D. 2005. Bt cotton controversy—some paradoxes explained. <i>Economic and Political Weekly</i> 40 (15), 1514–1517.
92.	Narayanamoorthy, A. and Kalamkar, S. S. 2006. Is Bt cotton cultivation economically viable for Indian farmers? An empirical analysis. <i>Economic and Political Weekly</i> 41 (26), 2716–2724.
93.	Nazli, H., Sarker, R., Meilke, K. D. and Orden, D. 2010. Economic performance of Bt cotton varieties in Pakistan. Paper presented at the Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Denver, Colorado, USA.

94.	Nolte, S. A. and Young, B. G. 2002. Efficacy and economic return on investment for conventional and herbicide-resistant soybean (<i>Glycine max</i>). <i>Weed Technology</i> 16 (2), 388–395.
95.	Orphal, J. 2013. Comparative analysis of the economics of Bt and non-Bt cotton production. Pesticide Policy Project Publication Series Special Issue number 8, Institute of Economics in Horticulture, Universität Hannover, Germany.
96.	Owen, M. D. K., Pedersen, P., Bruin, J. L. de, Stuart, J., Lux, J., Franzenburg, D. and Grossnickle, D. 2010. Comparisons of genetically modified and non-genetically modified soybean cultivars and weed management systems. <i>Crop Science</i> 50 (6), 2597–2604.
97.	Pemsl, D., Waibel, H. and Orphal, J. 2004. A methodology to assess the profitability of Bt-cotton: Case study results from the state of Karnataka, India. <i>Crop Protection</i> 23 (12), 1249–1257.
98.	Penna, J. A. and Lema, D. 2003. Adoption of herbicide tolerant soybeans in Argentina: An economic analysis. In N. Kalaitzandonakes (ed.), <i>The economic and environmental impacts of agbiotech: A global perspective</i> . New York, Dordrecht and London: Springer. pp. 203-221.
99.	Peshin, R., Dhawan, A. K., Vatta, K. and Singh, K. 2007. Attributes and socio-economic dynamics of adopting Bt cotton. <i>Economic and Political Weekly</i> 42 (52), 73–80.
100.	Pray, C., Ma, D., Huang, J. and Qiao, F. 2001. Impact of Bt cotton in China. <i>World Development</i> 29 (5), 813–825.
101.	Price, G., Lin, W., Falck-Zepeda, J. and Fernandez-Cornejo, J. 2003. Size and distribution of market benefits from adopting biotech crops. Technical Bulletin number 1906, United States Department of Agriculture Economic Research Service, Washington, D.C.
102.	Qaim, M. 2003. Bt cotton in India: Field trial results and economic projections. <i>World Development</i> 31 (12), 2115–2127.
103.	Qaim, M., Cap, E. J. and de Janvry, A. 2003. Agronomics and sustainability of transgenic cotton in Argentina. <i>AgBioForum</i> 6 (1-2), 41–47.
104.	Qaim, M. and de Janvry, A. 2003. Genetically modified crops, Corporate pricing strategies, and farmers' adoption: The case of Bt cotton in Argentina. <i>American Journal of Agricultural Economics</i> 85 (4), 814–828.
105.	Qaim, M. and de Janvry, A. 2005. Bt cotton and pesticide use in Argentina: Economic and environmental effects. <i>Environment and Development Economics</i> 10 (2), 179–200.
106.	Qaim, M. and Matuschke, I. 2005. Impacts of genetically modified crops in developing countries: A Survey. <i>Quarterly Journal of International Agriculture</i> 44 (3), 207–227.
107.	Qaim, M., Subramanian, A., Naik, G. and Zilberman, D. 2006. Adoption of Bt cotton and impact variability: Insights from India. <i>Applied Economic Perspectives and Policy</i> 28 (1), 48–58.
108.	Qaim, M. and Traxler, G. 2005. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects. <i>Agricultural Economics</i> 32 (1), 73–86.
109.	Qayum, A. and Sakkhari, K. 2005. Bt cotton in Andhra Pradesh – 3 year assessment, Report of Deccan Development Society, Andhra Pradesh, India.
110.	Qayum, A. and Sakkhari, K. 2013. Did Bt cotton save farmers in Warangal? A season long impact study of Bt Cotton - Kharif 2002. Report of Andhra Pradesh Coalition in Defense of Diversity, Deccan Development Society, Hyderabad.
111.	Ramasundaram, P., Vennila, S. and Ingle, R. 2007. Bt cotton performance and constraints in central India. <i>Outlook on Agriculture</i> 36 (3), 175–180.
112.	Rao, N. C. and Dev, S. M. 2009. Socio-economic impact of transgenic cotton. <i>Agricultural Economics Research Review</i> 22, 461–470.
113.	Reddy, K. N. and Whiting, K. 2000. Weed control and economic comparisons of glyphosate-resistant, sulfonylurea-tolerant, and conventional soybean (<i>Glycine max</i>) systems. <i>Weed Technology</i> 14 (1), 204–211.
114.	Sadashivappa, P. and Qaim, M. 2009. Bt cotton in India: Development of benefits and the role of government seed price interventions. <i>AgBioForum</i> 12 (2), 172–183.
115.	Sahai, S. and Rehman, S. 2004. Bt-cotton performance 2003-2004: Fields swamped with illegal variants. <i>Economic and Political Weekly</i> 39 (26), 2673–2674.
116.	Sahai, S. and R. S. 2003. Performance of Bt cotton: data from first commercial crop. <i>Economic and Political Weekly</i> 38, 3139–3141.
117.	Sanglestsawai, S., Rejesus, R. M. and Yorobe Jr, J. M. 2012. Production Risk, farmer welfare, and Bt corn in the Philippines. Paper presented at the Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Seattle, United States.
118.	Sankula, S. 2006. Quantification of the impacts on US agriculture of biotechnology-derived crops planted in 2005. Report of National Center for Food and Agricultural Policy, Washington, DC.

119.	Sankula, S., Marmon, G. and Blumenthal, E. 2005. Biotechnology-derived crops planted in 2004: impacts on US agriculture. Report of National Center for Food and Agricultural Policy. Washington, DC.
120.	Sarang, D. H., Bhatade, S. S. and Deosarkar, D. B. 2010. Evaluation of some new Bt cotton hybrids for seed cotton yield and fibre quality traits under rainfed conditions. <i>Journal of Cotton Research and Development</i> 24 (2), 149–154.
121.	Sexton, S. E. and Zilberman, D. 2011. How agricultural biotechnology boosts food supply and accommodates biofuels. Working Paper number 16699, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, United States.
122.	Shankar, B., Bennett, R. and Morse, S. 2008. Production risk, pesticide use and GM crop technology in South Africa. <i>Applied Economics</i> 40 (19), 2489–2500.
123.	Sharma, H. C. and Pampapathy, G. 2006. Influence of transgenic cotton on the relative abundance and damage by target and non-target insect pests under different protection regimes in India. <i>Crop Protection</i> 25 (8), 800–813.
124.	Shi, G., Chavas, J.-P. and Lauer, J. 2013. Commercialized transgenic traits, maize productivity and yield risk. <i>Nature biotechnology</i> 31 (2), 111–114.
125.	Shi, G., Chavas, J.-P., Lauer, J. and Nolan, E. 2013. An analysis of selectivity in the productivity evaluation of biotechnology: An application to corn. <i>American Journal of Agricultural Economics</i> 95, 1–16.
126.	Shiva, V. 2008. Toxic genes and toxic papers: IFPRI covering up the link between Bt cotton and farmers suicides. Report of Research Foundation for Science, Technology and Ecology. Available online at http://u2.lege.net/whale.to/b/shiva1.pdf .
127.	Singh, D., Pandey, R. and Kumar, V. 2011. Performance of Bt and non Bt cotton hybrids at wider spacing in north western plain zones. <i>Journal of Cotton Research and Development</i> 25 (2), 217–220.
128.	Skevas, T., Feveireiro, P. and Wesseler, J. 2010. Coexistence regulations and agriculture production: A case study of five Bt maize producers in Portugal. <i>Ecological Economics</i> 69 (12), 2402–2408.
129.	Speese, J., Kuhar, T. P., Bratsch, A. D., Nault, B. A., Barlow, V. M., Cordero, R. J. and Shen, Z. X. 2005. Efficacy and economics of fresh-market Bt transgenic sweet corn in Virginia. <i>Crop Protection</i> 24 (1), 57–64.
130.	Stone, G. D. 2011. Field versus Farm in Warangal: Bt Cotton, Higher Yields, and Larger Questions. <i>World Development</i> 39 (3), 387–398.
131.	Subramanian, A. and Qaim, M. 2009. Village-wide effects of agricultural biotechnology: The case of Bt cotton in India. <i>World Development</i> 37 (1), 256–267.
132.	Subramanian, A. and Qaim, M. 2009. Rural poverty and employment effects of Bt cotton in India. Paper presented at International Association of Agricultural Economists Triennial Conference, Beijing, China.
133.	Sydorovych, O. and Marra, M. C. 2007. A genetically engineered crop's impact on pesticide use: A revealed-preference index approach. <i>Journal of Agricultural and Resource Economics</i> 32 (3), 476–491.
134.	Thirtle, C., Beyers, L., Ismael, Y. and Piesse, J. 2003. Can GM-technologies help the poor? The impact of Bt cotton in Makhathini Flats, KwaZulu-Natal. <i>World Development</i> 31 (4), 717–732.
135.	Uys, T. J. E. 2004. The adoption of plant biotechnology by commercial cotton producers in South Africa. Master's thesis (unpublished), University of Wales, Cardiff.
136.	Vado, L. and Goodwin, B. K. 2010. Analyzing the effects of weather and biotechnology adoption on corn yields and crop insurance performance in the US Corn Belt. Paper presented at the Agricultural & Applied Economics Association's Annual Meeting, Denver, CO, United States.
137.	Visawadia, H., Fadadu, A. and Tarpara, V. 2006. A comparative analysis of production and marketing of Bt cotton and hybrid cotton in Saurashtra Region of Gujarat State. <i>Agricultural Economics Research Review</i> 19, 293–300.
138.	Vitale, J., Boyer, T., Uaiene, R. and Sanders, J. H. 2007. The economic impacts of introducing Bt technology in smallholder cotton production systems of West Africa: A case study from Mali. <i>AgBioForum</i> 10 (2), 71–84.
139.	Vitale, J., Glick, H., Greenplate, J., Abdeennadher, M. and Traore, O. 2008. Second-generation Bt cotton field trials in Burkina Faso: Analyzing the potential benefits to West African farmers. <i>Crop Science</i> 48 (5), 1958–1966.
140.	Vitale, J. D., Vognan, G., Ouattara, M. and Traore, O. 2010. The commercial application of GMO crops in Africa: Burkina Faso's decade of experience with Bt Cotton. <i>AgBioForum</i> 13 (4), 320–332.
141.	de Vries, B. D. and Fehr, W. R. 2011. Impact of the MON89788 Event for Glyphosate tolerance on agronomic and seed traits of soybean. <i>Crop Science</i> 51 (3), 1023–1027.
142.	Wang, S., Just, D. and Pinstrup-Andersen, P. 2008. Bt-cotton and secondary pests. <i>International Journal of Biotechnology</i> 10, 113–121.
143.	Wang, S., Just, D. R. and Pinstrup-Andersen, P. 2006. Tarnishing silver bullets: Bt technology adoption, bounded rationality and the outbreak of secondary pest infestations in China. Paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Long Beach, CA, United States.

144.	Wossink, A. and Denaux, Z. 2006. Environmental and cost efficiency of pesticide use in transgenic and conventional cotton production. <i>Agricultural Systems</i> 90, 312–328.
145.	Xu, J., You Z., Wang W. and Yang Y. 2004. Economic analysis of Bt cotton planting in Jiangsu. <i>Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)</i> 25, 65–69.
146.	Yorobe, J., JR. and Quicoy, C. 2006. Economic impact of Bt corn in the Philippines. <i>The Philippine Agricultural Scientist</i> 89 (3), 258–267.
147.	Zambrano, P., Fonseca L.A., Cardona I. and Magalhaes E. 2009. The socio-economic impact of transgenic cotton in Colombia. In R. Tripp (ed.), <i>Biotechnology and agricultural development: Transgenic cotton, rural institutions and resource-poor farmers</i> . Abingdon, Oxon: Routledge. pp. 168–199.

A 2: Distribution of study descriptor dummy variables for different outcomes

Variables	Yield	Pesticide quantity	Pesticide cost	Total cost	Profit
Insect resistance (0/1)	98/353	13/108	48/145	19/96	17/119
Developing country (0/1)	167/287	26/95	49/144	23/92	29/107
Field-trial data (0/1)	363/88	121/0	187/6	105/10	133/3
Industry-funded study (0/1)	430/21	119/2	186/7	111/4	132/4
Regression model result (0/1)	415/36	110/11	190/3	112/3	124/12
Journal publication (0/1)	134/317	31/90	67/126	31/84	42/94
Journal/academic conference (0/1)	106/345	14/107	49/144	29/86	28/108

Source: own calculation

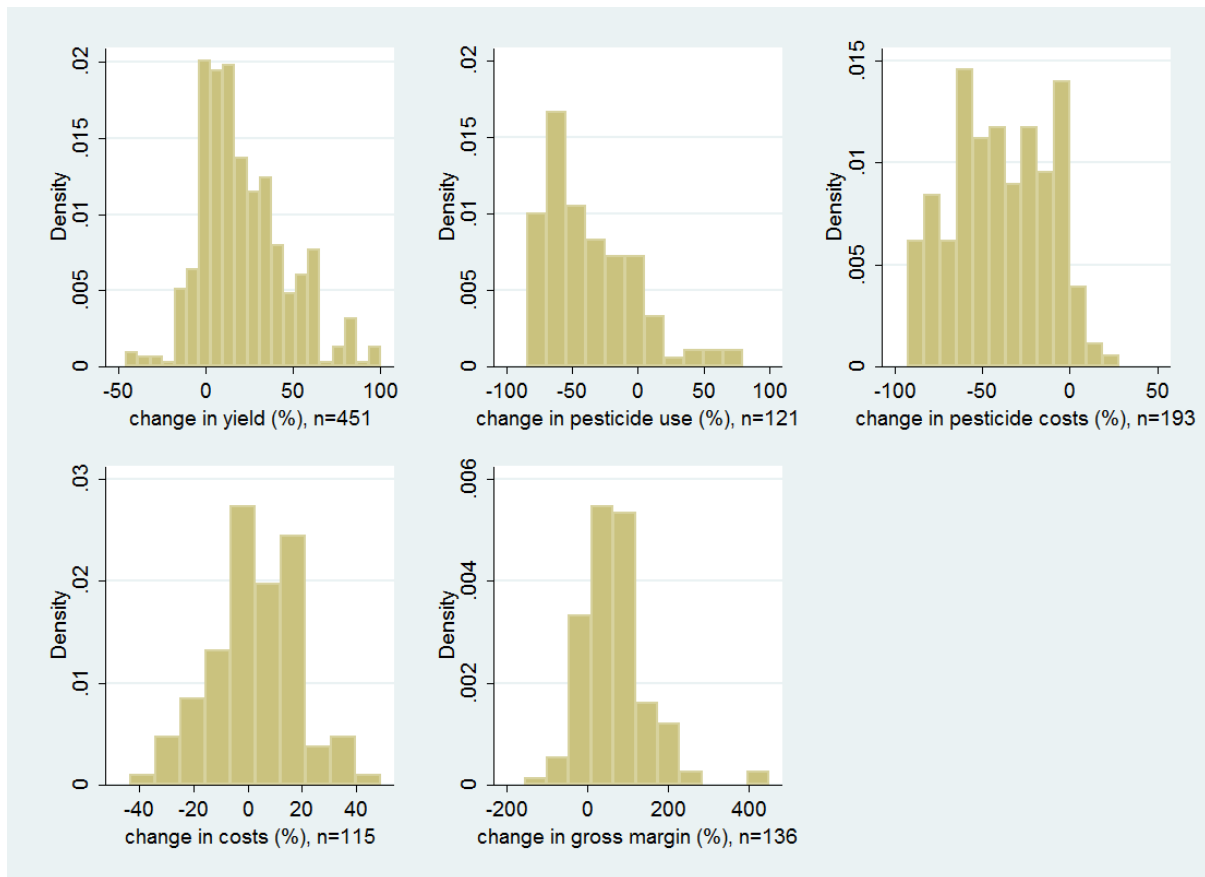
A 3: Weighted mean impacts of GM crop adoption (%)

Outcome variable	(1)	(2)	(3)
	Total sample	Insect resistance	Herbicide tolerance
Yield	18.66*** (14.01; 23.30)	21.98*** (20.36; 29.93)	6.02* (-0.71; 12.75)
<i>n/m</i>	451 / 100	353 / 83	94 / 25
Pesticide quantity	-32.87*** (-43.77; -21.96)	-38.97*** (-49.88; -28.05)	-0.59 (-34.50; 33.31)
<i>n/m</i>	121 / 37	108 / 31	13 / 7
Pesticide cost	-38.69*** (-45.90; -31.47)	-39.45*** (-47.85; -31.06)	-36.21*** (-52.38; -20.04)
<i>n/m</i>	193 / 57	145 / 45	48 / 15
Total production cost	2.73 (-2.00; 7.45)	3.94* (-0.68; 10.19)	-5.51 (-14.44; 3.40)
<i>n/m</i>	115 / 46	96 / 38	19 / 10
Profit	59.37*** (27.88; 90.87)	60.01*** (26.70; 93.31)	56.48 (-58.94; 171.90)
<i>n/m</i>	136 / 42	119 / 36	17 / 9

Source: own calculation

Average percentage differences between GM and non-GM crops are shown with 95% confidence intervals in parentheses. Mean values were calculated using the inverse of the number of impact observations per dataset as weights. *, **, *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively. n is the number of observations, m the number of different primary datasets from which these observations are derived.

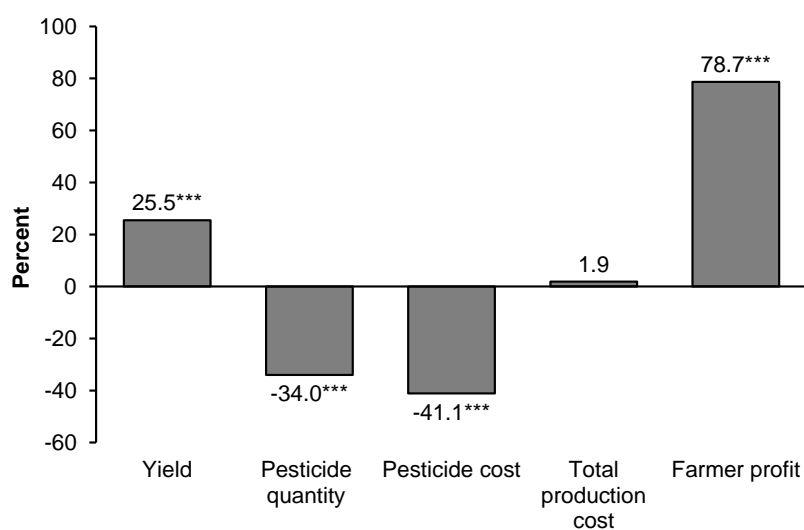
A 4: Histograms of effect sizes for the five outcome variables



Source: own depiction

Note: We carried out Cochran's test of heterogeneity for all five outcome variables. The test statistic (Cochran's Q), which is distributed as a chi-square statistic, is used to test the null hypothesis that all studies share a common effect size. For the calculation of Q , measures of variance are required, which are not available for all original studies. Hence, the test statistics were calculated only with those studies that reported variance measures. For all outcome variables the null hypothesis is rejected. Yield: $\chi^2=3894.6$ ($p<0.01$); pesticide quantity: $\chi^2=1278.7$ ($p<0.01$); pesticide cost: $\chi^2=1930.8$ ($p<0.01$); total production cost: $\chi^2=107.0$ ($p<0.01$); profit: $\chi^2=1959.1$ ($p<0.01$).

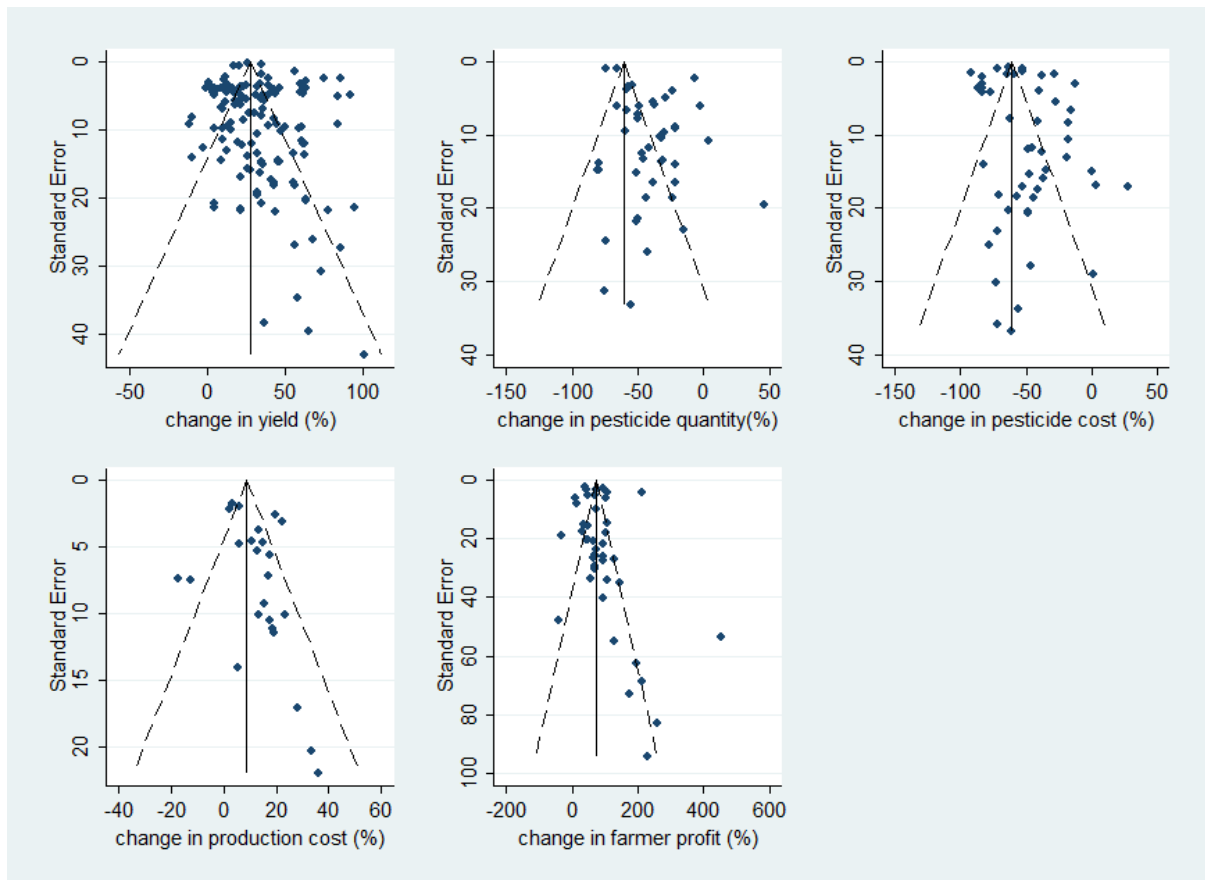
A 5: Impacts of GM crop adoption including only studies published in journals



Source: own depiction

Notes: Average percentage differences between GM and non-GM crops are shown. Results refer to all GM crops, including herbicide-tolerant and insect-resistant traits. The number of observations varies by outcome variable; yield: 317; pesticide quantity: 90; pesticide cost: 126; total production cost: 84; farmer profit: 94. *** indicates statistical significance at the 1% level.

A 6: Funnel plots for the five outcome variables



Source: own depiction

Notes: Funnel plots only include observations from those studies that report measures of variance for the effect sizes. As this is a subset of the total number of observations, the indicated mean values differ from those shown in Figure 5.2 and Table 5.2 in part five of the dissertation. The mean values shown in these funnel plots suggest somewhat stronger effects of GM crops, implying that the main results are rather conservative estimates. The dotted lines are pseudo 95% confidence limits.