

Humboldt Forum for Food and Agriculture e.V.
(HFFA)

Steffen Noleppa und Harald von Witzke

Die gesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland

**Einfluss auf soziale Wohlfahrt,
Ernährungssicherung,
Klima- und Ressourcenschutz**



Die gesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland

Einfluss auf soziale Wohlfahrt, Ernährungssicherung, Klima- und Ressourcenschutz

Steffen Noleppa

agripol – network for policy advice GbR, und

Harald von Witzke

Humboldt-Universität zu Berlin

Inhalt

Verzeichnisse	iii
1. Herausforderungen in einer globalisierten Welt	1
2. Ziele und Struktur der Analyse	4
3. Pflanzenzüchtung in Deutschland	6
4. Wohlfahrtseffekte und weitere gesellschaftliche Leistungen der Pflanzenzüchtung in Deutschland	19
5. Verbesserung der Rahmenbedingungen für die deutsche Pflanzenzüchtung.....	29
6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	39
Literatur.....	41
Anhang.....	49



Danksagung

Dieser Bericht dokumentiert ein Forschungsprojekt, das zum Teil durch die Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP) gefördert wurde. Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Bulich von der GFP für die kontinuierliche Kommunikation und die Bereitstellung von notwendigen Informationen und Daten. Vielen Dank auch an Frau Kerstin Oertel und Herrn Gerald Schwarz für die gewohnt zuverlässige technische Unterstützung bei der Erstellung der Studie. Für die Aussagen in diesem Bericht sind die Autoren verantwortlich.

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Private Investitionen und öffentliche Aufwendungen in der Forschung und Entwicklung deutscher Pflanzenzüchtung, 1991-2009 (in Mio. EUR, real in Preisen von 2000)	9
Abbildung 3.2: Absolute und relative Anteile von Zuchtgarten- und Leistungsprüfungsflächen sowie Arbeitskräften in der privaten deutschen Pflanzenzüchtung, 2010	10
Abbildung 3.3: Anteile der einzelnen Kulturarten an den gesamten privaten Investitionen und öffentlichen Aufwendungen in der Forschung und Entwicklung deutscher Pflanzenzüchtung (in %).....	11
Abbildung 3.4: Flächenerträge 1961-2009 (in t/ha) und jährliche durchschnittliche Wachstumsraten des Flächenertrags für Weizen in Deutschland für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (in %/Jahr)	13
Abbildung 3.5: Jährliche durchschnittliche Wachstumsraten des Flächenertrags für einzelne Kulturarten in Deutschland für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (in %/Jahr).....	13
Abbildung 3.6: Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in der deutschen Landwirtschaft bei einzelnen Kulturarten, 1991-2009 (in %/Jahr).....	15
Abbildung 3.7: Generierte kumulative Ertragsfortschritte durch Pflanzenzüchtung in Deutschland, 1991-2009 (in %)	17
Abbildung 3.8: Mehrproduktion der Landwirtschaft in Deutschland durch Pflanzenzüchtung in den Jahren 1991-2009 (in Mio. t für den Durchschnitt der Jahre 2008-2010).....	18
Abbildung 4.1: Soziale Wohlfahrtsgewinne der deutschen Pflanzenzüchtung akkumuliert für die Jahre 1991-2010 (in Mio. EUR).....	19
Abbildung 4.2: Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen weltweit ohne Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010 (in 1 000 ha).....	24

Abbildung 4.3: Regionale Anteile zusätzlicher Flächeninanspruchnahme weltweit ohne Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010.....	25
Abbildung 4.4: CO ₂ -Freisetzung bei Kultivierung von Vegetationssystemen für landwirtschaftliche Zwecke in einzelnen Weltregionen (in t/ha).....	26
Abbildung 4.5: Vermeidung von CO ₂ -Freisetzungen aus globalen Landnutzungsänderungen durch Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010 (in Mio. t CO ₂).....	27
Abbildung 4.6: Zusätzliche gesellschaftliche Wohlfahrtseffekte durch Vermeidung von CO ₂ -Freisetzungen aus globalen Landnutzungsänderungen durch Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010 (in Mio. EUR).....	28
Abbildung 5.1: Soziale Verzinsung der Markteffekte der Investitionen in die deutsche Pflanzenzüchtung, 1991-2010 (in %).....	30
Abbildung 5.2: Soziale Verzinsungsraten von Agrarforschungsprojekten in den USA.....	30
Abbildung 5.3: Verteilungsfunktionen ermittelter sozialer Verzinsungen (in %).....	31
Abbildung 5.4: Soziale Verzinsung der Markt- und Klimaeffekte von Investitionen in die deutsche Pflanzenzüchtung, 1991-2010 (in %).....	32
Abbildung 5.5: Flächenerträge ausgewählter Feldfrüchte in den USA, 1930-1997 (Index 1930=100).....	34
Abbildung 5.6: Ertragssteigerungen pro Jahr bei Weizen, 1961-2007 (in %).....	35
Abbildung 5.7: Wachstum der Flächenerträge von Weizen in Deutschland und den USA, 1980-2009.....	36
Abbildung 5.8: Entwicklung der Flächenerträge von Weizen in Deutschland und den USA sowie in Australien, Brasilien und Kanada, 1961-2011 (in t/ha).....	37

Abkürzungsverzeichnis

AK	–	Arbeitskräfte
BDP	–	Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V.
BMBF	–	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMELV	–	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
DBV	–	Deutscher Bauernverband e.V.
EnBW	–	Energie Baden-Württemberg
EU	–	Europäische Union
FAO	–	Food and Agriculture Organization
FAPRI	–	Food and Agricultural Policy Research Institute
FISA	–	Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung
FuE	–	Forschung und Entwicklung
GABI	–	Genomanalyse im biologischen System Pflanze
GFP	–	Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.
ILUC	–	Indirect Land Use Change
LGR	–	Landwirtschaftliche Gesamtrechnung
MMM	–	Mehr-Markt-Modell
OECD	–	Organization for Economic Cooperation and Development
PVPA	–	Plant Variety Protection Act
TFP	–	Totale Faktorproduktivität
USDA	–	United States Department of Agriculture
WIFO	–	Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
WPI	–	Wirtschaftsverbund Pflanzeninnovation e.V.

1. Herausforderungen in einer globalisierten Welt

Die internationalen Rahmenbedingungen der Weltagrarwirtschaft haben sich drastisch verändert. Dies gilt auch für die Landwirtschaft der Europäischen Union (EU) und Deutschlands. Der mehr als ein Jahrhundert andauernde Trend sinkender Agrarpreise ist zu Ende gegangen. Die Jahrtausendwende markiert eine Megatrendwende auf den internationalen Agrarmärkten. Seit der Jahrtausendwende sind die Preise aller wichtigen Agrargüter tendenziell gestiegen. Diese Entwicklung wird sich fortsetzen, so dass die Preise in der Zukunft höher sein werden als in der Vergangenheit; darauf weisen unisono zahlreiche Analysen hin (vgl. z.B. Tweeten und Thompson, 2008; von Witzke et al., 2008; 2009; Europäische Kommission, 2011; OECD, 2011; Schwarz et al., 2011).

In der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts wird sich die weltweite Nachfrage nach Agrargütern mehr als verdoppeln. Das Wachstum des Angebots kann damit nicht Schritt halten. Auf der einen Seite stehen das anhaltende Wachstum der Weltbevölkerung, veränderte Ernährungsgewohnheiten der Menschen und eine zusätzliche Nachfrage nach agrarischen Rohmaterialien nicht nur als Nahrungs- und Futtermittel, sondern auch für die Energiegewinnung und als Substitut für chemische und andere Rohstoffe; auf der anderen Seite sind zunehmende Knappheit bei Wasser und landwirtschaftlicher Nutzfläche, allgemein steigende Energie- und Rohstoffpreise und sinkende Produktivitätszuwächse zu verzeichnen. Diese grundlegenden Trends werden die Zukunft der Agrarmärkte bestimmen und die Entwicklung der Landwirtschaft und der mit ihr verbundenen Sektoren in den nächsten Jahren und Jahrzehnten nachhaltig beeinflussen (vgl. u.a. von Witzke et al., 2008; 2009; Schwarz et al., 2011; Foresight, 2011).

Grundsätzlich kann das rasche Wachstum der weltweiten Nachfrage durch Flächenausdehnung oder durch Steigerung der Flächenproduktivität kompensiert werden:

- Die erstgenannte Option steht jedoch nur sehr eingeschränkt zur Verfügung, denn die Flächen, die weltweit für die Agrarproduktion genutzt werden können, sind begrenzt. Zudem werden die produktivsten Flächen bereits bewirtschaftet. In vielen Teilen der Welt, einschließlich Deutschlands und der EU, gibt es zudem keine nennenswerten Bodenreserven mehr, die noch für die Agrarproduktion mobilisiert werden können. Wo es solche Flächen noch gibt, wie etwa in Regionen mit tropischen Regenwäldern oder Savannen, sollten diese nicht in die landwirtschaftliche Nutzung überführt werden, vor allem aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes.
- In der Tat ist in den letzten 50 Jahren das enorme Produktionswachstum der Weltlandwirtschaft zu 80 % bereits das Resultat von Produktivitätssteige-

rungen gewesen, und nur 20 % gingen auf das Konto einer Flächenausdehnung (FAO, 2009). Allerdings kann davon aktuell nicht mehr ausgegangen werden, denn nach den Zeiten der Grünen Revolution der 1960er und 1970er Jahre ging das weltweite Produktivitätswachstum bis heute immer mehr zurück. Von etwa 1960 bis zum Ende der 1980er Jahre lag die Steigerung der Flächenproduktivität bei etwa 4 % jährlich. Sie ist nunmehr bei wichtigen Ackerkulturen und vor allem in entwickelten Ländern auf nur noch ca. 1 % pro Jahr zurückgegangen (vgl. u.a. Kirschke et al., 2011).

Folglich muss in der Zukunft die Landwirtschaft in allen Weltregionen und damit auch in Deutschland und der EU wieder stärker als zuvor auf Produktivitätswachstum setzen, wenn es gelingen soll, den rasch wachsenden Bedarf der Menschheit an Nahrungsmitteln und landwirtschaftlichen Rohstoffen für andere Verwendungen zu decken und insbesondere verbreiteter Unterernährung zu begegnen (FAO, 2009). Dies gilt dann natürlich auch für Forschung, die auf die Generierung von Produktivitätsfortschritten abzielt (vgl. z.B. Alston et al., 2010; Kirschke et al., 2011; Pardey, 2009).

Die Dringlichkeit kann konkreter gefasst werden. Die armen Länder der Welt sind heute vielfach Nettoagrarimporteure, obwohl sie einst bedeutende Nettoexporteure von Nahrungsgütern im Handel mit den reichen Ländern waren; und die Importlücke der armen Länder wird sich in wenigen Dekaden gegenüber der Jahrtausendwende sogar noch einmal verfünffachen (FAO, 2009). Selbst unter den besten aller denkbaren und realistischen Umstände werden die armen Länder der Welt in den kommenden Jahrzehnten also nicht einmal annähernd in der Lage sein, ihren rasch wachsenden Bedarf aus eigener Produktion zu decken. Die schnell wachsende Importlücke der armen Länder wird sich vielmehr nur dann substanziell schließen lassen, wenn auch die reichen Länder mehr produzieren und wieder exportieren.

Für die EU und zumal für Deutschland wäre schon viel gewonnen, wenn sie ihre Nettoimporte an Agrarprodukten deutlich einschränken könnten, denn durch das Wachstum der Nettoimporte hierzulande werden in anderen Teilen der Welt nicht nur Lebensmittel für unsere Belange zur Verfügung gestellt, sondern zusätzliche Flächen in die Produktion genommen (vgl. von Witzke und Noleppa, 2010; von Witzke et al., 2011; Noleppa und von Witzke, 2012). Diese aufgezeigte Entwicklung ist mittlerweile zentraler Bestandteil der wissenschaftlichen Diskussion und wird in Anlehnung an Searchinger et al. (2008) mit dem Akronym ILUC für „Indirect Land Use Change“ beschrieben: Durch landwirtschaftlich bedingte Entwaldung sowie die Umwandlung von Grasland in Ackerland werden intakte Ökosysteme zerstört, Biodiversität gefährdet und vor allem auch erhebliche Mengen an CO₂ freigesetzt. Die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen trägt bereits

heute mehr zum Klimawandel bei als die weltweite Industrieproduktion oder das weltweite Transportwesen (Stern, 2007).

Innovationen und damit verbundene Produktivitätsgewinne, auch in der deutschen und europäischen Landwirtschaft, spielen also eine zentrale Rolle sowohl für die Sicherung der Welternährung als auch für die Reduktion der Treibhausgasemissionen und die Erhaltung natürlicher und naturnaher Biotope. Der Flächenproduktivität kommt dabei eine besondere Bedeutung zu (Royal Society, 2009). Steigerungen der landwirtschaftlichen Flächenerträge und Innovationen überhaupt generieren sich jedoch nicht von selbst; vielmehr sind sie vor allem das Resultat von Investitionen in die Agrarforschung.

Einerseits sind die Voraussetzungen für technologische Innovationen insbesondere in Deutschland gut: Unternehmen der Vorleistungskette erkennen die Trends, sehen die Marktchancen und haben qualifiziertes Personal sowie einsatzbereite moderne Technologien bzw. entwicklungsfähige Ideen und generieren immer wieder neue Forschungserkenntnisse. Andererseits muss konstatiert werden, dass die Investitionen in die öffentliche Agrarforschung in den reichen Ländern der Welt, einschließlich Deutschland, abgenommen haben; und das gilt insbesondere für die Forschungsinvestitionen, die auf eine Steigerung der Produktivität ausgerichtet sind (Kirschke et al., 2011; Leaver, 2010; Pardey, 2009; Pardey und Pingaly, 2010).

Gleichzeitig verschlechtern sich auch die politischen Rahmenbedingungen für die private Agrarforschung. Es besteht die Gefahr, dass sich zunehmend innovative Unternehmen des Agrarbereichs, einschließlich solcher der Pflanzenzüchtung, mittel- und langfristige thematisch und regional umorientieren oder marginalisiert werden. Grundlegend verantwortlich für diesen Zustand sind gesellschaftliche Fehlinterpretationen, vor allem auch zur Rolle der Pflanzenzüchtung, in einem globalen gesamtwirtschaftlichen Kontext (von Witzke und Noleppa, 2011). Nicht nur deren Wert für die Volkswirtschaft in Form von sozialen Wohlfahrtsbeiträgen wird unterschätzt und nicht ausreichend gewürdigt. Vielmehr noch werden die positiven Effekte höherer und/oder stabilerer Erträge sowohl für die Bereitstellung von notwendigen Nahrungsmitteln in ausreichender Quantität und hoher Qualität als auch für das Klima und den Ressourcenschutz allzu oft vernachlässigt. Hier setzt dieses Projekt an.

2. Ziele und Struktur der Analyse

Der Pflanzenzüchtung kommt naturgemäß eine zentrale Rolle für Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft zu, war sie doch die Triebkraft der Grünen Revolution des 20. Jahrhunderts und hat in der Vergangenheit bis zur Hälfte des Produktivitätsfortschritts in der Landwirtschaft generiert (Silvey, 1994; von Witzke et al., 2004a; 2004b; Huffman, 2009). Für aktuelle und künftige Produktivitätsfortschritte wird ihr ebenfalls eine herausragende und sogar steigende Bedeutung zugemessen (Ahlemeyer und Friedt, 2010; Huffman, 2009; Jaggard et al., 2010; Mackay et al., 2009; Tester und Langridge, 2010; Webb, 2010). Vor diesem Hintergrund soll in dieser Studie der zentralen Frage nachgegangen werden, welche umfassende gesamtgesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland zukommt. Dabei soll die Bedeutung der Pflanzenzüchtung für die Gesellschaft aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden. Zwei zentrale Sichtweisen sind zu betonen:

1. Zunächst sollen im Kontext einer klassischen gesamtwirtschaftlichen Analyse wichtige Markteffekte hervorgehoben werden. Investitionen in die Pflanzenzüchtung erlauben, dass durch das so ausgelöste Produktivitätswachstum für die Konsumenten mehr Agrargüter zu einem geringeren Preis verfügbar gemacht werden, und die Landwirte können zu geringeren Kosten mehr produzieren und verkaufen. Es soll also ermittelt werden, welchen Nutzen die Marktteilnehmer, d.h. die Konsumenten und die Landwirte, aus den durch Forschung generierten Produktivitätsgewinnen ziehen und zu welchem wirtschaftlichen Ressourceneinsatz dieses erreicht wird.
2. Diese Markteffekte, die zugleich die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland beschreiben, haben aber auch Implikationen für weitere Effekte. Die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtseffekte soll deshalb in eine umfassendere gesellschaftliche Wohlfahrtsanalyse münden. Zu diskutieren sind hier also auch die Effekte der Pflanzenzüchtung auf die weltweite Ernährungssicherung, den globalen Ressourcen- und Klimaschutz sowie darüber hinaus die allgemeine Standortsicherung und die Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft in Deutschland.

Mit dieser Studie soll somit eine detaillierte Beschreibung der gesamtgesellschaftlichen Rolle, die Pflanzenzüchtung im Spannungsfeld der Generierung von Wohlfahrtsgewinnen auf der einen Seite und Meisterung globaler Herausforderungen, konkret Ernährungssicherung, Ressourcenschutz und Klimaschutz, auf der anderen Seite spielt, erbracht werden. Damit soll nicht nur ein wichtiger wissenschaftlicher Beitrag für eine informierte Diskussion der gesellschaftlichen Leistungsbeiträge der Pflanzenzüchtung geleistet werden. Vielmehr werden die Ergebnisse des

Projekts auch wichtige Argumente und Daten liefern, die die öffentliche Debatte um Zielkonflikte zwischen Ökonomie und Ökologie, zumal in der Landwirtschaft, versachlichen können und die besondere Rolle der Pflanzenzüchtung bei der Konfliktminimierung hervorheben.

Die begründete These dieser Studie ist, dass gesamtwirtschaftliche Weiterentwicklung und soziale Wohlfahrt auf der einen Seite sowie Bekämpfung des Klimawandels und die Sicherung der Welternährung auf der anderen Seite keine grundsätzlichen Zielkonflikte darstellen, wenn pflanzenzüchterische Erfolge Produktivitätsgewinne ermöglichen.

Dieser Bericht dokumentiert die Aktivitäten zur Erreichung der Zielsetzungen und die erzielten Ergebnisse. Er ist wie folgt strukturiert:

- Zunächst wird im folgenden Kapitel 3 die deutsche Pflanzenzüchtung in ihrer Struktur, Ausrichtung und wirtschaftlichen Bedeutung dargestellt. Besonderer Fokus wird dabei insbesondere auf den Faktoreinsatz, d.h. die getätigten privaten Investitionen und öffentlichen Aufwendungen in die Pflanzenzüchtungsforschung, gelegt (Kapitel 3.1). Es schließt sich eine Diskussion der grundlegenden Erträge und Markteffekte von Pflanzenzüchtung in Deutschland, wie sie direkt beim Landwirt anfallen, an (Kapitel 3.2).
- Kapitel 4 diskutiert dann weitere gesamtgesellschaftliche Nutzeneffekte von Pflanzenzüchtung in Deutschland, die nicht ausschließlich bzw. direkt beim Landwirt anfallen. Hervorgehoben werden in diesem Kontext die Beiträge der Pflanzenzüchtung für die Wohlfahrt und den Konsumenten allgemein und im Besonderen für die weltweite Ernährungssicherung (Kapitel 4.1), den Ressourcenschutz, wobei hier der Fokus auf der Ressource Land liegt (Kapitel 4.2), und den Klimaschutz, der im Wesentlichen aus dem Ressourcenschutz resultiert (Kapitel 4.3).
- Kapitel 5 geht dann der Frage nach, inwieweit eine gesellschaftliche Unterinvestition in die Pflanzenzüchtung konstatiert werden muss (Kapitel 5.1) und wie die Rahmenbedingungen für Pflanzenzüchtung verbessert werden müssen, um deren aufgezeigte gesellschaftliche Leistungsbeiträge auch in der Zukunft zu generieren und zu sichern (Kapitel 5.2).
- Die Studie schließt mit Implikationen, die aus den ermittelten Ergebnissen im nationalen, europäischen und internationalen Kontext gezogen werden können.

Der Bericht enthält zusätzlich einen umfangreichen Anhang, der verschiedene Details zu den angewendeten Analysemethoden und genutzten Informationen bereitstellt und dem besseren Verständnis des Folgenden dient.

3. Pflanzenzüchtung in Deutschland

3.1 Ausrichtung, Faktoreinsatz und Forschungsleistungen der deutschen Pflanzenzüchtung

Die Pflanzenzüchtungsforschung in Deutschland wird zum einen durch öffentliche Einrichtungen, wie etwa Universitäten, Max-Planck-Institute, Leibniz-Institute und Bundesforschungseinrichtungen, durchgeführt. Dabei steht die Grundlagenforschung im Vordergrund. Zum anderen investieren Unternehmen des Privatsektors ebenfalls in die Pflanzenzüchtungsforschung Deutschlands. Dabei geht es vorrangig um Arbeiten der praktischen Pflanzenzüchtung mit dem Ziel, neue und verbesserte Nutzpflanzensorten zu entwickeln. Diese Arbeiten des privaten Sektors sind sehr forschungsaufwändig; Verbände helfen, diesen Forschungsaufwand und die entsprechenden Investitionen zu schultern. Drei Aspekte der nachhaltigen Kooperation von privaten und öffentlichen Trägern in Bezug auf die Pflanzenzüchtungsforschung in Deutschland sind hier hervorzuheben:

- Die Unternehmen der privaten Pflanzenzüchtung gründeten bereits Mitte der 1960er Jahre die heutige Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP), um in diesem Rahmen die vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung zu organisieren und die Verbindung von öffentlicher Grundlagenforschung sowie der privaten Pflanzenzüchtung auf eine solide Grundlage zu stellen. Heute unterhält die GFP ein Netzwerk, bestehend aus 60 privaten und zusätzlich etwa 100 öffentlichen Forschungseinrichtungen. Dieses Netzwerk verfolgt das Ziel, aktuelle angewandte Fragestellungen der Züchtungsforschung gemeinschaftlich zu bearbeiten sowie die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten zeitnah in die einzelnen Mitgliedsunternehmen zu transferieren.
- In einem weiteren, branchenübergreifenden Verbund, dem Wirtschaftsverbund Pflanzengenomforschung „Genomanalyse im biologischen System Pflanze“ (GABI), wurde eine ebenfalls enge Forschungsk Kooperation von Unternehmen der Pflanzenzüchtung mit Unternehmen des Pflanzenschutzes, der Pflanzenbiotechnologie sowie des Ernährungssektors mit öffentlichen Einrichtungen der Grundlagenforschung realisiert. Der Verbund organisierte im Besonderen mehr als ein Jahrzehnt den Technologietransfer des Regierungsprogramms GABI und begleitete die Forschungsprojekte der Pflanzengenomforschung sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene.
- Aktuell konzentrieren sich die Aktivitäten dieses Netzwerks auf die Forschungsförderung „Pflanzenbiotechnologie der Zukunft“ des Bundesministeri-

ums für Bildung und Forschung (BMBF) mit derzeit 28 Forschungsverbänden. Da das BMBF weitere Programme zum Themenbereich „Pflanze“ fördert, wurde der Wirtschaftsverbund Pflanzengenomforschung GABI zum Wirtschaftsverbund Pflanzeninnovation e.V. (WPI) weiterentwickelt.

Im Bereich der privaten Pflanzenzüchtung sind in Deutschland, wie bereits erwähnt, 60 Unternehmen mit Zuchtprogrammen zu einzelnen oder auch mehreren Kulturarten aktiv. Diese Unternehmen sind überwiegend mittelständisch geprägt und beschäftigen derzeit mehr als 3 300 Arbeitskräfte (AK) allein im Bereich der Forschung und Entwicklung (FuE). Betrachtet man die gesamte Saatgutwirtschaft mit ihren ca. 130 Unternehmen, so sind dort etwa 12 000 Mitarbeiter eingesetzt (BDP, 2010a). Selbstgestecktes Ziel der deutschen Pflanzenzüchtung ist es, Forschung vor allem für Qualität und Ertrag der Feldfrüchte zu betreiben, Lösungsansätze im Kampf gegen den Klimawandel sowie den Hunger in der Welt zu bieten und mit dieser Verantwortungsübernahme auch Ressourcen zu schonen (BDP, 2010b).

Die so aufgestellte und ausgerichtete deutsche private Pflanzenzüchtung ist sehr forschungsintensiv. Die FuE-Quote, gemessen als der Anteil der FuE-Investitionen am Umsatz der Unternehmen, liegt seit vielen Jahren bei über 16 % (BDP, 2010a) und ist damit deutlich höher als in anderen Vorleistungsbranchen der Landwirtschaft. Die ebenfalls forschungsintensive internationale Pflanzenschutzwirtschaft bringt es auf eine FuE-Quote von etwas mehr als 6 % (McDougall, 2010). Im Durchschnitt aller öffentlichen und privaten Forschungsfelder liegt die FuE-Quote im Agrarbereich sogar nur bei etwa 5 % (Pardey und Pingali, 2010).

Verlässliche Informationen zum Faktoreinsatz in der Pflanzenzüchtung sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Beantwortung der mit dieser Studie aufgeworfenen Zielfragen. Dabei gilt es, neben den privaten Investitionen in die Forschung auch die entsprechenden Aufwendungen der öffentlichen Hand zweckmäßig abzubilden.

Die Berechnung der privaten FuE-Investitionen in dieser Studie basiert zuvorderst auf den Ergebnissen der in regelmäßigen Abständen durchgeführten Befragungen der BDP-Mitgliedsunternehmen aus den Jahren 1993/94 bis einschließlich 2007/08 (BDP, 2010a). Im Rahmen dieser Befragungen wurden periodisch u.a. der gesamte private FuE-Investitionsaufwand sowie die Zuchtgartenfläche, Leistungsprüfungsfläche und der AK-Einsatz in der Pflanzenzüchtung ermittelt. Diese Ergebnisse zu den privaten FuE-Investitionen können zeitlich intrapoliert und dadurch in eine Zeitreihe, konkret für die Jahre von 1991 bis 2009, transformiert werden. Für die private Pflanzenzüchtung sind daher die forschungsrelevanten Investitionen vergleichsweise einfach zu ermitteln.

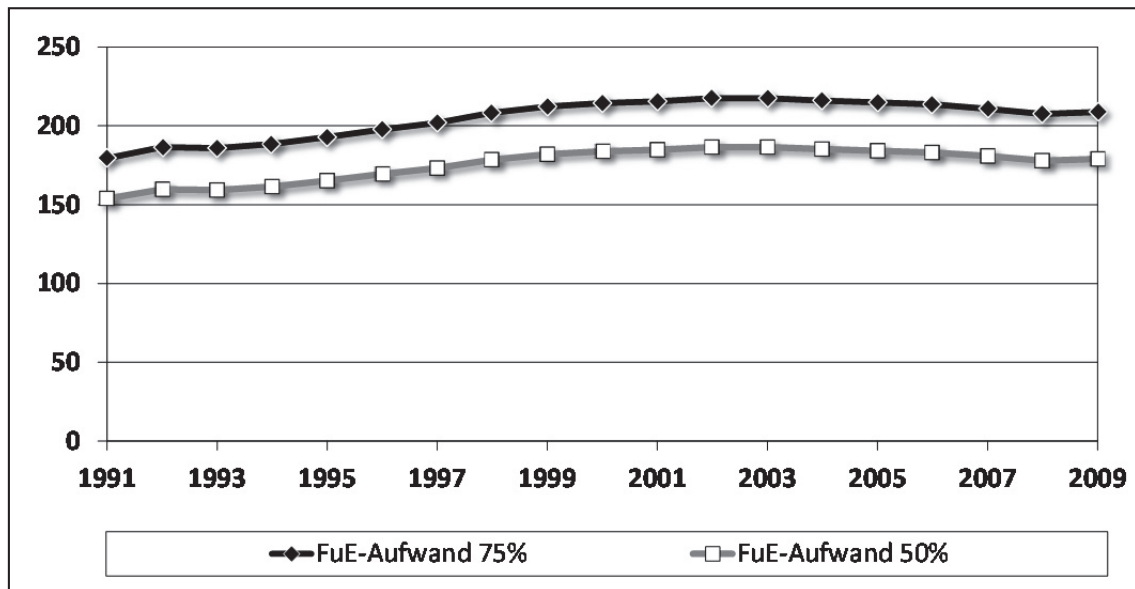
Für die Quantifizierung der öffentlichen FuE-Aufwendungen im Bereich Pflanzenzüchtung ergeben sich indes zwei grundsätzliche Herausforderungen. Zum einen werden statistisch nur sehr allgemeine öffentliche Ausgaben zur Agrarforschung erfasst, die eine Aufteilung auf Forschungsrichtungen nicht zulassen. Zum anderen ist die Abgrenzung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung nicht eindeutig zu definieren. Vor diesem Hintergrund wurde in von Witzke et al. (2004a; 2004b) auf der Basis von Expertenbefragungen ermittelt, dass die öffentlichen Forschungsaufwendungen in etwa zwischen 50 % und 75 % der privaten Forschungsinvestitionen liegen.

Grundsätzlich hat sich die Datengrundlage seitdem nicht deutlich verändert. Mittlerweile ist jedoch aus der Literatur bekannt, dass in den Industrieländern der Anteil der privaten Forschungsinvestitionen in der Agrarforschung bei über 50 % der Gesamtforschungsaufwendungen liegt und im Zeitablauf tendenziell angestiegen ist (vgl. Beintema und Stads, 2008; Naseem et al., 2010; McDougall, 2010; Pardey et al., 2006). Demnach werden in den Industrieländern 55 % aller landwirtschaftlichen FuE-Investitionen durch private Unternehmen getätigt. In angewandten Forschungszweigen, wie der Pflanzenzüchtung, dürfte der Anteil sogar noch deutlich höher liegen, weil private Forschung sich stärker auf einzelne Kulturarten bezieht als öffentliche Aufwendungen in diesem Bereich (Pardey und Pingali, 2010). Aus diesen Gründen werden, wie in von Witzke et al. (2004a; 2004b), auch hier wieder zwei Varianten analysiert, mit denen die öffentlichen FuE-Aufwendungen in der Pflanzenzüchtung in Relation zu den in Deutschland relativ gut erfassten privaten FuE-Investitionen in diesem Forschungszweig angewandter Agrarforschung gesetzt werden:

- In einer ersten Variante wird angenommen, dass die öffentlichen Aufwendungen insgesamt 75 % der privaten Investitionen betragen (im Folgenden: FuE-Aufwand 75 %).
- In einer zweiten Variante liegen die öffentlichen Aufwendungen bei 50 % der privaten FuE-Investitionen (im Folgenden: FuE-Aufwand 50 %).

Diese Konstanz in den Annahmen im Vergleich zu von Witzke et al. (2004a; 2004b) trägt auch dem Umstand Rechnung, dass zwar in den letzten Jahren wahrscheinlich verstärkt Bundesmittel in die Pflanzenzüchtung, etwa über GABI, geflossen sind, diese aber zumindest in Teilen die rückläufigen Landesmittel, etwa in der universitären Forschung ersetzt haben. Abbildung 3.1 zeigt vor diesem Hintergrund zwei Entwicklungspfade für die Summe der inflationsbereinigten öffentlichen FuE-Aufwendungen und privaten FuE-Investitionen in der deutschen Pflanzenzüchtung im Zeitablauf der letzten beiden Dekaden auf, und zwar zu Preisen des Jahres 2000, d.h. deflationiert nach Statistisches Bundesamt (2012).

Abbildung 3.1: Private Investitionen und öffentliche Aufwendungen in der Forschung und Entwicklung deutscher Pflanzenzüchtung, 1991-2009 (in Mio. EUR, real in Preisen von 2000)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen nach BDP (2010a), Statistisches Bundesamt (2012).

Dabei ist zu beachten, dass der nominale Anstieg der privaten FuE-Investitionen gemäß Interpolation der Daten aus BDP (2010a) seit 2002 recht langsam verläuft. Durch die Inflationsbereinigung ergibt sich seit der Jahrtausendwende also eine Plateaubildung für die gesamten öffentlichen FuE-Aufwendungen und privaten FuE-Investitionen. Die jährlichen akkumulierten FuE-Ausgaben der privaten und öffentlichen Pflanzenzüchtung liegen demnach bei etwa 200 Mio. EUR (zu Preisen des Jahres 2000).

In dieser Studie soll die Bedeutung der Pflanzenzüchtung insgesamt sowie für einzelne Kulturarten analysiert werden. Daher müssen die privaten Investitionen und die öffentlichen Aufwendungen in FuE systematisch auf die einzelnen Kulturarten verteilt werden. Aus BDP (2010a) liegen die FuE-Investitionen für die private Pflanzenzüchtung zuvorderst nur als Summe über alle Kulturarten vor. Jedoch wurden für diese Studie zusätzliche Informationen über Zuchtgarten- und Leistungsprüfungsflächen sowie zum AK-Einsatz für einzelne Kulturarten erhoben. Dabei hat sich gezeigt, dass diese spezifischen Informationen geeignete Indikatoren der Bedeutung der privaten Pflanzenzüchtung bei einzelnen Kulturarten sind.

Die gewonnenen Daten stellen sich für 2010 wie in Abbildung 3.2 aufgeführt dar. Dabei wird auch deutlich, welche Kulturarten diese Studie abdeckt, nämlich Weizen, Mais, Gerste, Roggen, Raps, Zuckerrübe, Kartoffel und Körnerleguminosen.

Abbildung 3.2: Absolute und relative Anteile von Zuchtgarten- und Leistungsprüfungsflächen sowie Arbeitskräften in der privaten deutschen Pflanzenzüchtung, 2010

	Zuchtgarten		Leistungsprüfung		Arbeitskräfte	
	Absolut (in ha)	Relativ (in %)	Absolut (in ha)	Relativ (in %)	Absolut (in AK)	Relativ (in %)
Weizen	235	20,2	545	19,4	293	9,1
Mais	155	13,3	620	22,1	1054	32,8
Gerste	215	18,5	505	18,0	334	10,4
Roggen	54	4,6	132	4,7	167	5,2
Raps	285	24,5	565	20,1	540	16,8
Zuckerrübe	100	8,6	200	7,1	551	17,2
Kartoffel	93	8,0	188	6,7	233	7,3
Körnerleguminosen	25	2,2	52	1,9	37	1,2
Insgesamt (ohne Futterpflanzen)	1 162	100,0	2 807	100,0	3 209	100,0

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen nach BDP (2010a); Werte gerundet.

In der Studie wurde ein gleichgewichtetes Mittel aus Flächen- und AK-Inanspruchnahme genutzt, um die relativen Anteile der einzelnen Kulturarten an den FuE-Investitionen insgesamt widerzuspiegeln. Bei Mais gilt es jedoch, für die weitere Analyse eine Strukturkomponente zu beachten, da sich bei dieser Nutzpflanze in der jüngeren Vergangenheit wegen der Bioenergieproduktion ein zusätzliches Zuchtziel ergeben hat. Die Erträge dieser Züchtungsinvestitionen stellen sich bekanntlich erst mit zeitlicher Verzögerung ein. Für Mais sind daher viele Investitionen in die Züchtung bereits getätigt, ohne dass die Erträge daraus schon in vollem Umfang sichtbar werden können.

Die so ermittelten Anteile der privaten FuE-Investitionen für einzelne Kulturarten sind in der Abbildung 3.3 dargestellt. Diese Abbildung weist gleichzeitig eine Approximation für die Anteile der einzelnen Kulturarten an den öffentlichen FuE-Aufwendungen für Pflanzenzüchtung aus. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

- Einen statistisch abgesicherten oder bereits qualitativ erhobenen Indikator gibt es für die öffentlichen FuE-Aufwendungen in der Pflanzenzüchtung nicht.
- Deshalb wurden alle in dem so genannten „Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung“ (FISA) geführten öffentlichen Forschungsinstitutionen unter dem Stichwort „Pflanzenzüchtung“ gelistet (vgl. FISA, 2011) und die durch diese Institutionen ausgewiesenen Forschungsprojekte und Publikationen summarisch ausgewertet. Insgesamt konnten so über 600 Projekte bzw. Publikationen der letzten ca. 15 Jahre in die Analyse einbezogen werden.
- Entsprechend den so ermittelten Relationen wurden die Anteile öffentlicher FuE-Aufwendungen auf die einzelnen Kulturarten bezogen, wobei Projekte der Grundlagenforschung von denen angewandter Forschung abgegrenzt wurden.

Abbildung 3.3: Anteile der einzelnen Kulturarten an den gesamten privaten Investitionen und öffentlichen Aufwendungen in der Forschung und Entwicklung deutscher Pflanzenzüchtung (in %)

	Anteile an den privaten FuE-Investitionen	Anteile an den öffentlichen FuE-Aufwendungen
Weizen	14,2	6,9
Mais	20,9	4,1
Gerste	14,1	12,3
Roggen	4,9	4,1
Raps	19,0	24,0
Zuckerrübe	12,4	14,8
Kartoffel	7,1	6,6
Körnerleguminosen	1,5	9,5
Sonstige	5,9	17,6

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung nach BDP (2010a), FISA (2010).

Wie ersichtlich, ist die Prioritätensetzung in der öffentlichen Forschung eine etwas andere als in der privaten Pflanzenzüchtungsforschung. So genießen z.B. „Randkulturen“ einen höheren Stellenwert in der öffentlichen Forschung als in der privaten; auch spielen Vorsorgeverpflichtungen seitens des Staates, etwa in Bezug auf die Lücken- und Sicherheitsforschung, eine Rolle. Ebenso soll nicht unerwähnt bleiben, dass z.B. Gerste eine typische Modellpflanze ist. Der aufgezeigte Befund für die öffentliche Pflanzenzüchtungsforschung in Deutschland deckt sich im Übrigen mit Beobachtungen in anderen Ländern (z.B. Pardey und Pingali, 2010).

3.2 Ertrags- und Markteffekte der deutschen Pflanzenzüchtung

Die Bedeutung einer jeden unternehmerischen und öffentlichen Aktivität für die Gesellschaft wird zuvorderst und oft im Rahmen eines wirtschaftlichen Kalküls diskutiert. Das soll hier auch für die Pflanzenzüchtung der Fall sein. In diesem Kontext sind vor allem der Beitrag der Pflanzenzüchtung zum Produktivitätswachstum in der Landwirtschaft und damit einhergehende Effekte auf den relevanten Agrarmärkten, d.h. grundlegende volkswirtschaftliche Aspekte, von Interesse.

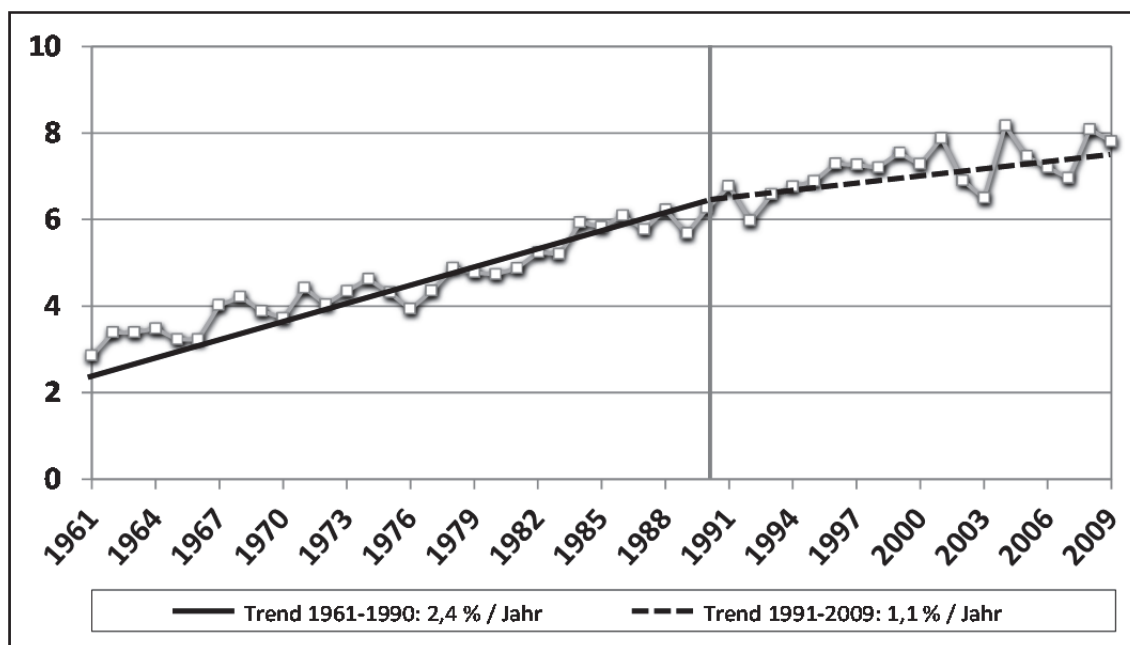
Die Messung von Produktivität im Agrarsektor ist ein sehr komplexes und multifaktorielles Konzept (Kirschke et al., 2011). Zahlreiche Indikatoren können diese Produktivität messen und beschreiben. In der wissenschaftlichen wie gesellschaftlichen Diskussion hat sich jedoch der Flächenertrag, also ein Maß für die partielle Flächenproduktivität, als geeigneter Indikator für die Beschreibung von Produktivitätsentwicklungen im Agrarsektor durchgesetzt. Daher wird auch hier dieser Produktivitätsmaßstab für Deutschland zunächst detailliert diskutiert.

Für eine angemessene Diskussion dieses Indikators müssen für die in diese Analyse einbezogenen Feldfrüchte die durchschnittlichen Flächenerträge in Deutschland ermittelt werden. Das geschieht anhand von (kalkulatorischen, also die Trennung Deutschlands bis zum Jahr 1990 berücksichtigenden) FAO-Daten für die Jahre 1961 bis 2009 (FAO, 2011). Abbildung 3.4 zeigt vor diesem Hintergrund beispielhaft die Entwicklung der Flächenerträge für Weizen und deren Wachstumsraten in Deutschland. Auffallend sind neben der kontinuierlichen, jedoch abflachenden Steigung auch zunehmende Schwankungen der Erträge, gerade in den letzten Jahren. Das mag auch dem Klimawandel zuzuschreiben sein, soll an dieser Stelle jedoch nicht näher analysiert werden.

Integriert wurden in die Abbildung 3.4 im Besonderen die aus den Einzeldaten resultierenden durchschnittlichen Wachstumsraten der Erträge, einmal für den Zeitraum 1961-1990 und dann auch für den Zeitraum 1991-2009. Die folgende Abbildung 3.5 zeigt die entsprechenden jährlichen Wachstumsraten für alle hier berücksichtigten Kulturarten.

Es wird zunächst deutlich, dass in Deutschland beachtliche Ertragsfortschritte realisiert werden konnten. In den Jahren 1961-1990 haben die jeweiligen Zuwachsraten meist im Bereich von 2 bis 3 % gelegen. Mit Ausnahme der Hackfrüchte sind die Steigerungsraten allerdings in den letzten beiden Jahrzehnten mitunter deutlich zurückgegangen, was u.a. an neuen Zuchtzielen, wie der Resistenzzüchtung, liegt. Bei Weizen und einigen anderen Getreidearten liegt die Steigerungsrate bei 1 % pro Jahr.

Abbildung 3.4: Flächenerträge 1961-2009 (in t/ha) und jährliche durchschnittliche Wachstumsraten des Flächenertrags für Weizen in Deutschland für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (in %/Jahr)



Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung nach FAO (2011).

Abbildung 3.5: Jährliche durchschnittliche Wachstumsraten des Flächenertrags für einzelne Kulturarten in Deutschland für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (in %/Jahr)

	1961-1990	1991-2009
Weizen	2,4	1,1
Körnermais	3,2	2,0
Gerste	2,2	0,7
Roggen	1,7	1,0
Raps	2,4	1,7
Zuckerrübe	1,3	1,6
Kartoffel	1,1	2,4
Körnerleguminosen	2,0	0,3
Silomais	n. a.	0,4

Quelle: Eigene Berechnungen nach FAO (2011).

Die Ergebnisse decken sich in der Tendenz mit Beobachtungen für Deutschland durch Ahlemeyer und Friedt (2010) sowie Hartl (2009). Auch diese Autoren beobachten abnehmende Produktivitätszuwächse, die mittlerweile bei wichtigen Getreidearten bereits unter 1 % pro Jahr liegen, in einigen deutschen Regionen sogar schon negativ sind. Als Resultat kann daher festgehalten werden, dass die Ertragszuwächse in Deutschland deutlich zurückgegangen sind. Im letzten Jahrzehnt sind Stagnation und teilweise sogar ein Rückgang der Flächenproduktivität eingetreten (Noleppa, 2011).

Die trotzdem zu konstatierende Steigerung des Flächenertrags kann nun die Folge sein von einem höheren Einsatz ertragssteigernder Produktionsfaktoren, wie etwa Dünger- oder Pflanzenschutzmittel. Auch bodenverbessernde Maßnahmen, wie Drainagen, oder ein höherer Arbeitseinsatz können dazu beitragen. Ebenso können neu gezüchtete und verbesserte Sorten den Flächenertrag steigern.

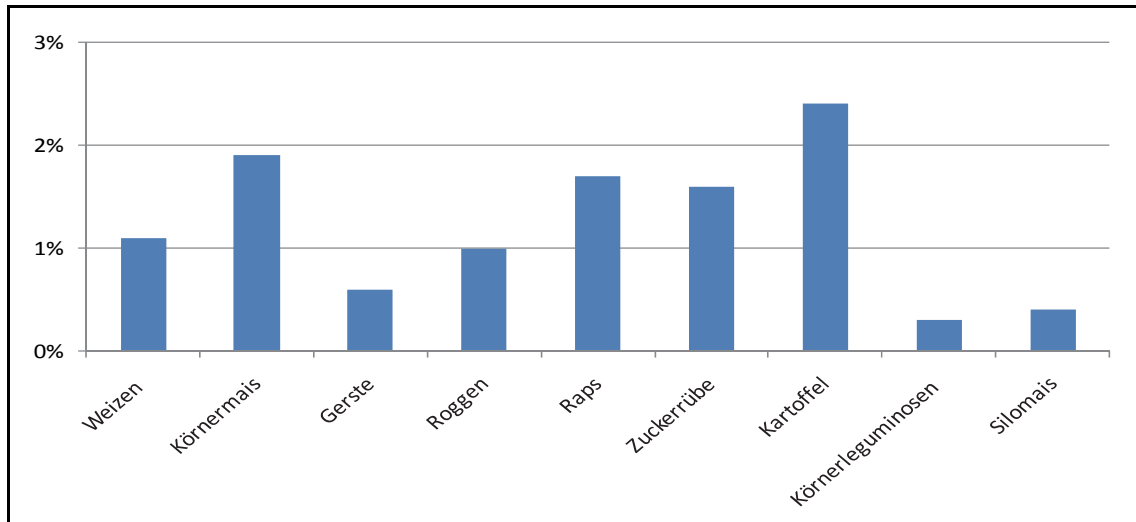
Um nun die partielle Bedeutung der Pflanzenzüchtung an den Produktivitätsfortschritten zu erfassen, ist es notwendig, eine wissenschaftlich fundierte Quantifizierung vorzunehmen. Hierfür stehen die Instrumentarien der Analyse von Produktionsfunktionen, im Besonderen der Analyse der so genannten Totalen Faktorproduktivität (TFP), zur Verfügung. Dieser methodische Ansatz wird auch hier verwendet. Der Anhang 1 gibt Aufschluss über die Methodik. Im Ergebnis dieser Analysen erhält man das im Folgenden aufgezeigte Bild für die Pflanzenzüchtung in Deutschland.

Ermittelt wurde zunächst, wie hoch die TFP in Deutschland bei wichtigen Kulturarten insgesamt sowie bei einzelnen Kulturarten ist und wie diese sich im Zeitablauf verändert hat. Konkret wurden für die Landwirtschaft in Deutschland dazu aus Informationen der Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (LGR) folgende Daten ermittelt (vgl. BMELV, 2010):

- Der Vorleistungseinsatz ist im Beobachtungszeitraum 1991-2009 um durchschnittlich ca. 0,9 % pro Jahr gestiegen.
- Der Arbeitseinsatz ging gleichzeitig um durchschnittlich etwa 2,5 % pro Jahr zurück.
- Die jährlich gemittelten Ausgabenanteile betragen in dieser Zeit für die Vorleistungen in etwa 61 % und für den Arbeitseinsatz ca. 20 %.

Setzt man diese Daten nun in Beziehung zu den Änderungsraten im Flächenertrag bei den einzelnen Kulturarten (siehe Abbildung 3.5), ergeben sich die in Abbildung 3.6 dargestellten TFP-Veränderungsraten.

Abbildung 3.6: Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in der deutschen Landwirtschaft bei einzelnen Kulturarten, 1991-2009 (in %/Jahr)



Quelle: Eigene Berechnungen nach BMELV (2010), FAO (2011) und Deutsches Maiskomitee (2010).

Es zeigt sich, dass diese TFP-Veränderungsraten kaum von den Veränderungsraten der Flächenerträge abweichen; d.h., Änderungen im Faktoreinsatz in den zurückliegenden Jahren spielen keine größere Rolle mehr für Fortschritte der Flächenproduktivität in der Landwirtschaft. Das ist auch plausibel: So kompensieren sich z.B. Mehraufwendungen bei einzelnen Vorleistungen oder im Kontext von „precision farming“ teilweise durch den geringeren Einsatz des Faktors Arbeit; darüber hinaus ist der Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz aus wirtschaftlichen Gründen sowie aus Agrar-Umwelt-Erwägungen kaum noch ausdehnbar und Innovationen bei anderen Inputs bisweilen nur noch in der langen Frist realisierbar (Noleppa, 2011).

Die dargestellten TFP-Raten lassen sich in einen internationalen Kontext einordnen. Analysen zeigen, dass die Entwicklung der TFP in Deutschland im Wesentlichen der in anderen Industrieländern entspricht. So zeigen z.B. Nossal und Gooday (2009), dass die TFP in der pflanzlichen Erzeugung in Australien in den letzten Dekaden um etwa 2,1 % pro Jahr gestiegen ist. Sheng et al. (2010) widersprechen jedoch teilweise. Demnach ist die TFP in der australischen Landwirtschaft zwar in den letzten Jahren tatsächlich um ca. 2 % pro Jahr angestiegen, gerade aber in der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts nur noch gering, und zwar um lediglich 0,4 % pro Jahr. Alston et al. (2010) ermitteln Steigerungsraten der TFP von etwa 1 % pro Jahr für die USA, während die von Piesse und Thirtle (2010) geschätzten jährlichen Zuwächse der TFP im Bereich von 0,5 bis 1 % für Großbritannien liegen.

Veeman und Gray (2010) berechnen schließlich ein TFP-Wachstum in Höhe von 1-2 % für Kanada. Deutschland reiht sich hier ein.

Es stellt sich nun eine für die weitere Analyse entscheidende Frage, die nach der Bedeutung bzw. dem Anteil der Pflanzenzüchtung an der Veränderung der TFP. In von Witzke et al. (2004a; 2004b) wurde ein Intervall postuliert, wonach der Beitrag der Pflanzenzüchtung an den Produktivitätsfortschritten zwischen 30 % und 50 % liegt. Dem lagen Experteneinschätzungen zugrunde. Bestätigt wurden die getroffenen Annahmen zudem durch Analysen, z.B. von Silvey (1994), Reilly und Fuglie (1998) und Duvick und Cassman (1999), wonach im historischen Kontext der Beitrag der Pflanzenzüchtung in verschiedenen Ländern über alle wesentlichen Kulturarten hinweg nicht oder nur unwesentlich höher als 50 % gelegen hat.

Mittlerweile hat sich die Datenlage zu dieser Fragestellung deutlich verbessert, denn in den letzten Jahren sind mehrere Analysen zur relativen Bedeutung der Bestimmungsfaktoren der Produktivitätsentwicklungen in der Landwirtschaft vorgelegt worden:

- So gelangen Mackay et al. (2009) bzw. Webb (2010) zu dem Ergebnis, dass zwischen 1947 und 2007 der relative Anteil der Pflanzenzüchtung an Ertragssteigerungen, z.B. bei Weizen, bei ca. 60 % gelegen haben dürfte, wobei dieser Anteil für die Jahre 1947-1982 eher 50 % betrug, also die Annahmen in von Witzke et al. (2004a; 2004b) stützt, und in den letzten Jahren auf 90 % und mehr angestiegen ist.
- Eine ähnlich ansteigende Entwicklung der Bedeutung der Pflanzenzüchtung findet sich bei Lillemo et al. (2010). Demnach stieg der Beitrag der Pflanzenzüchtung an Produktivitätssteigerungen, etwa bei Gerste, von ca. 30 % für 1946-1960 auf knapp 45 % für 1960-1980 und auf fast 80 % im Zeitraum von 1980-2008 an.
- Schließlich argumentiert Lege (2010), dass die Bedeutung der Sorte für die Erhöhung des Ertrags zugenommen hat, was durch Untersuchungen von Ahlemeyer und Friedt (2010), im Speziellen für Getreide, untermauert wird.

Die neueren Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Literatur, die wegen ihrer ausschließlich partiellen Betrachtungsweise mit gebotener Sorgfalt benutzt werden sollten (Kirschke et al., 2011), lassen indes den Schluss zu, dass die Annahme, auf Pflanzenzüchtung entfallen ca. 30 % bis 50 % des Produktivitätszuwachses, wie in von Witzke et al. (2004a; 2004b) postuliert, offensichtlich zu konservativ ist. Da aber weiterhin einige Unsicherheit über den Anteil der Pflanzenzüchtung an der Veränderung der TFP besteht, wird auch im Rahmen dieser Studie ein Intervall definiert, das aus den genannten Gründen jedoch mit 50 % bis 75 % festgelegt wird.

Wenn dem so ist, dann kann auf der Basis des mit Anhang 1 beschriebenen TFP-Konzepts geschlussfolgert werden, dass ohne Pflanzenzüchtung die Flächenerträge in Deutschland deutlich geringer ausgefallen wären, und zwar um die in Abbildung 3.7 dargestellten Prozentbeträge.

Abbildung 3.7: Generierte kumulative Ertragsfortschritte durch Pflanzenzüchtung in Deutschland, 1991-2009 (in %)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung	bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung
Weizen	10,1	14,7
Körnermais	17,6	25,1
Gerste	6,3	9,2
Roggen	9,8	14,3
Raps	15,4	22,1
Zuckerrübe	14,4	20,8
Kartoffel	21,1	29,8
Körnerleguminosen	2,9	4,3
Silomais	3,5	5,3

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

Es zeigt, dass bei den Hauptkulturen Erträge ohne Pflanzenzüchtung in Deutschland um ca. 10 % bis teilweise über 20 % niedriger gewesen wären. Unterschiede im Niveau markieren dabei auch gleichzeitig Begrenzungen im Sortenschutz (vgl. weiter unten sowie von Witzke und Noleppa, 2011). Lediglich bei Silomais, Gerste und Körnerleguminosen sind die ermittelten Werte geringer als 10 %. Gerade die geringen Werte für Körnerleguminosen und Silomais verwundern nicht. So zeichnen sich Körnerleguminosen durch relativ kleine Märkte und geringe FuE-Investitionen in die Züchtung aus (vgl. Abbildung 3.3); und Silomais umfasst sowohl den traditionellen Silomais für die Fütterung als auch Mais für die Erzeugung von Bioenergie. Für letzteren ist noch einmal zu betonen, dass die Züchtungsmaßnahmen erst angelaufen sind und sich noch nicht voll im Produktivitätswachstum niederschlagen. Zudem gilt, dass im Silomaisanbau eine deutliche Ausdehnung des Anbaus nach Norden stattgefunden hat, die ertragsmindernd gewirkt hat.

Für eine explizite Analyse der Markteffekte sind damit die wesentlichen spezifischen Daten zur Pflanzenzüchtung und davon ausgehenden unmittelbaren Effekten im Hinblick auf Erträge und andere Produktivitätsmaßzahlen erhoben bzw. bestimmt. Auf dieser Basis wurden in von Witzke et al. (2004a; 2004b) die Markteffekte der Pflanzenzüchtung in Deutschland mit Hilfe eines einfachen Markt-

modells analysiert. In diesem Projekt geht es jedoch nicht nur darum, die Marktbedeutung für den Sektor insgesamt zu erfassen, sondern vielmehr auch für einzelne wesentliche Kulturarten zu beschreiben. Hierfür ist ein anspruchsvolleres Instrumentarium von Nöten, nämlich ein so genanntes Mehr-Markt-Modell (MMM). Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Modellierung von Märkten mit einem MMM und die konkrete Ausgestaltung der Modellroutinen im Rahmen dieser Studie können der Beschreibung im Anhang 2 entnommen werden. Auf der Basis des beschriebenen Modellrahmens erhält man den in Abbildung 3.8 ausgewiesenen Mengeneffekt (bezogen auf den Durchschnitt der Jahre 2008-2010) für die deutsche Landwirtschaft durch pflanzenzüchterische Aktivitäten von 1991-2009.

Abbildung 3.8: Mehrproduktion der Landwirtschaft in Deutschland durch Pflanzenzüchtung in den Jahren 1991-2009 (in Mio. t für den Durchschnitt der Jahre 2008-2010)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung	bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung
Weizen	2,53	3,69
Körnermais	0,80	1,15
Gerste	0,73	1,06
Roggen	0,36	0,53
Raps	0,88	1,27
Zuckerrübe	3,52	5,09
Kartoffel	2,29	3,23
Körnerleguminosen	0,01	0,01
Silomais	2,53	3,83

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf der Basis des verwendeten MMM (siehe Anlage 2) sowie von BMELV (2010).

Es zeigt sich, dass durch Unterlassung von privaten Investitionen und öffentlichen Aufwendungen in die deutsche Pflanzenzüchtung z.T. deutliche Produktivitätssteigerungen zwischen 1991 und 2010 ausgeblieben wären. Die adäquate Mehrproduktion fällt jedoch dank Pflanzenzüchtung direkt beim Landwirt an und kann als zusätzliches Marktvolumen, das Landwirte in Deutschland bereitstellen, interpretiert werden. Es kennzeichnet somit einen ersten und ganz wesentlichen Indikator für die Diskussion von Markteffekten der Pflanzenzüchtung in Deutschland. Daneben gibt es noch andere Markteffekte sowie weitere gesamtgesellschaftliche Effekte der Pflanzenzüchtung in Deutschland. Die Diskussion dieser zusätzlichen Effekte soll im Folgenden aus verschiedener Perspektive geführt werden.

4. Wohlfahrtseffekte und weitere gesellschaftliche Leistungen der Pflanzenzüchtung in Deutschland

4.1 Wohlfahrtseffekte und Beitrag zur Ernährungssicherung

Die Mehrproduktion durch Pflanzenzüchtung erlaubt, mehr Nachfrage nach agrarischen Produkten zu bedienen, sei es nun als Nahrungsmittel, Futtermittel oder Rohstoff für andere Verwendungen, z.B. für energetische Zwecke. Mithin profitieren nicht nur Anbieter von landwirtschaftlichen Erzeugnissen von durch Pflanzenzüchtung ausgelösten Produktivitätsfortschritten, sondern auch Konsumenten auf den Märkten. In der Agrarökonomie ist dieser Effekt theoretisch fundiert und der „Profit“ wird mit dem Indikator der sozialen Wohlfahrt beschrieben. Anhang 3 beschreibt die theoretische Fundierung der sozialen Wohlfahrt und zeigt auf, wie sich die soziale Wohlfahrt als de facto „Einkommenseffekt“ auf Produzenten- und Konsumentenseite eines Marktes unter Zugrundelegung von Mengen- und Preiseffekten auf den Märkten beschreiben lässt. In einer eher populärwissenschaftlichen Interpretation kann dieser Effekt auch als Beitrag zum Bruttosozialprodukt aufgefasst werden. Mit diesem Instrumentarium können die sozialen Wohlfahrtswirkungen (die Einkommenseffekte) von Pflanzenzüchtung auf der Marktebene berechnet werden. Die Abbildung 4.1 weist die akkumulierten sozialen Wohlfahrtsgewinne für den hier und im Folgenden zugrunde gelegten insgesamt zwanzigjährigen Analysezeitraum von 1991-2010 in Preisen des Jahres 2010 aus.

Abbildung 4.1: Soziale Wohlfahrtsgewinne der deutschen Pflanzenzüchtung akkumuliert für die Jahre 1991-2010 (in Mio. EUR)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung	bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung
Weizen	3 746	5 503
Körnermais	700	1 024
Gerste	763	1 114
Roggen	278	412
Raps	1 411	2 050
Zuckerrübe	1 202	1 738
Kartoffel	2 177	3 103
Körnerleguminosen	28	37
Gesamt*	8 787	12 724

* „Gesamt“ ist nicht die Summe der Ergebnisse für die einzelnen Märkte, da Marktinterdependenzen zu berücksichtigen sind (siehe auch Anhang 2 und weiter unten).

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die sozialen Wohlfahrtseffekte sind also außerordentlich hoch. Im gesamten Zeitraum von 1991-2010 waren es – je nachdem welche Bedeutung der Pflanzenzüchtung an der TFP zugewiesen wird – 8,8 bis 12,7 Mrd. EUR. Zum Vergleich: WIFO (2010) zufolge entsprach das jährliche Faktoreinkommen der Landwirtschaft Deutschlands im Durchschnitt der Jahre 2007-2009 ca. 13,3 Mrd. EUR.

Hinsichtlich der Akkumulation der einzelnen Märkte zu einem Gesamtergebnis und über die Zeit sind zwei Aspekte hervorzuheben:

- Wie bereits mit der Fußnote zu Abbildung 4.1 angedeutet, ist einmal zu beachten, dass sich die sozialen Wohlfahrtseffekte der einzelnen Kulturen nicht einfach aufaddieren lassen. Das liegt daran, dass auf der einen Seite bei den einzelnen kulturartenspezifischen Modellläufen lediglich Produktivitätsänderungen bei den einzelnen Kulturen berücksichtigt wurden, auf der anderen Seite bei der Gesamtbetrachtung jedoch Produktivitätsänderungen auf allen Märkten in einem Modelllauf integriert waren. Im letzteren Fall ergeben sich aufgrund des Modellkonzepts notwendige Überkreuzeffekte zwischen den Kulturen durch Veränderung der relativen Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Kulturen zwischen den Regionen (vgl. Anhang 2), d.h. der Gesamtwert der sozialen Wohlfahrt ist geringer als die Summe der sozialen Wohlfahrt auf den Einzelmärkten.
- Zudem ist zu beachten, dass sich die Wohlfahrtseffekte für die einzelnen Jahre 1991-2009 allmählich verstärken, weil kontinuierliche FuE-Investitionen immer wieder zusätzliche Effekte generieren. Dieser kontinuierliche Zuwachs an sozialer Wohlfahrt, der in Abbildung 4.1 nicht offensichtlich ist, wird im Anhang 4 am Beispiel des Weizenmarktes dargestellt. Der Anhang enthält zudem einen kurzen Exkurs zu den hier ebenfalls bereits mitberücksichtigten Außenhandelseffekten durch Saatgut.

Die aufgezeigten Markteffekte von kontinuierlichen Investitionen in die deutsche Pflanzenzüchtung sind bereits sehr beachtlich; sie allein zu betrachten heißt aber, wesentliche weitere Nutzenbeiträge zu negieren, die sich vor allem erst in einem überregionalen und globalen Kontext vollends aufzeigen lassen. Einen wichtigen solchen Beitrag moderner Pflanzenzüchtung stellen Effekte im Hinblick auf die Sicherstellung der Ernährungsbasis der stetig wachsenden Weltbevölkerung dar.

In diesem Kontext ist einmal auf den preissenkenden Effekt von produktivitätsinduziertem technologischem Fortschritt zu verweisen (vgl. wieder Anhang 3). Allerdings ist Deutschland auf den Weltagrarmärkten nur ein so genanntes „kleines Land“, und die Preiseffekte sind vergleichsweise gering. Sie liegen den Berechnungen zufolge im Untersuchungszeitraum in der Regel unter 2 % und bei maximal 3 %. Gleichwohl wirkt dieser partielle Beitrag im Mindesten auf den in den letzten

Jahren durch enorme Preissteigerungen aufgefallenen Weltagarmärkten preis-dämpfend. Konsumenten profitieren davon.

Wichtiger ist da schon der ertragsstabilisierende Effekt der Pflanzenzüchtung, denn nicht nur höhere Erträge sind Zuchtziel, sondern auch stabilere Erträge, wenn z.B. auf Standfestigkeit und Resistenzen, etwa im Hinblick auf verschiedene Virosen und Schädlinge, gezüchtet wird. Auf diese Weise wird natürlich auch die Volatilität der Märkte, die sich aus Witterungsschwankungen sowie Krankheits- und Schädlingsbefall ergibt, verringert.

Neben diesen „weichen“ Argumenten kann der Beitrag der Pflanzenzüchtung zur Ernährungssicherung aber auch mit „harten“ Fakten belegt werden. Basis der nun folgenden Analyse ist die Abbildung 3.8, die die mit dem MMM ermittelte Mehrproduktion der deutschen Landwirtschaft durch Pflanzenzüchtung von 1991-2009 aufzeigt. Die Zahlen mögen vergleichsweise klein anmuten, die daraus resultierenden Ernährungssicherungseffekte sind es jedoch nicht. Das soll zunächst an drei Beispielen diskutiert werden, die allesamt an den Anteilen eines konkreten Agrarprodukts an einer durchschnittlichen Nahrungsmittelration ansetzen:

- Zunächst sei auf zwei Getreidearten eingegangen: Weizen und Körnermais. Bei einem weltweiten durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch an Weizen (Körnermais) im Rahmen einer Gesamtration von ca. 66 (17) kg je Person (FAO, 2011) lassen sich mit einer Mehrproduktion von 2,53 (0,8) Mio. t über 38 (48) Mio. Menschen mit eben dieser durchschnittlichen Menge an Weizen (Körnermais) zu Nahrungszwecken versorgen. Das sind so viele Menschen, wie sie in etwa in Polen (Spanien) leben. Bei ermittelten 3,69 (1,15) Mio. t mehr Weizen (Körnermais) sind es sogar knapp 56 (69) Mio. Menschen, die durchschnittlich versorgt werden können. Das ist nur unwesentlich weniger (mehr), als Bevölkerung in Italien (Frankreich) lebt.
- Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch an Kartoffeln innerhalb einer Gesamtration wird weltweit laut FAO (2011) mit 32 kg angegeben. Demnach ließen sich mit zusätzlichen 2,29 Mio. t sogar 72 Mio. „durchschnittliche“ Erdenbürger versorgen. Eine ähnlich hohe Bevölkerungszahl hat die Türkei. Und mit zusätzlichen 3,23 Mio. t Kartoffeln ließen sich sogar mehr als 100 Mio. Menschen mit durchschnittlichen Nahrungsmittelrationen versorgen. In Deutschland und den Niederlanden zusammen leben nur unwesentlich weniger Menschen.
- Schließlich sei auf Raps verwiesen, wobei hier im Kontext der menschlichen Ernährung nur das Rapsöl interessieren soll. Der Pro-Kopf-Verbrauch in der Welt liegt hier bei lediglich ca. 840 g pro Jahr. Bei einem durchschnittlichen

Ölgehalt von ca. 45 % in der Marktfrucht ließen sich also sogar 275 bzw. fast 400 Mio. Menschen mit einer „globalen“ Durchschnittsration versorgen.

Diese Betrachtung basiert, wie gesagt, auf durchschnittlichen Rationen und abstrahiert daher von tatsächlichen spezifischen Bedarfen an einzelnen Nährstoffen ebenso wie von dem Umstand, dass ein Teil der Mehrproduktion für andere Verwendungen als Nahrungsmittel, zumal für die Erzeugung notwendiger tierischer Produkte, genutzt wird. Darüber hinaus zieht die Argumentation auch nicht in Betracht, dass einige Nahrungsmittel, etwa Rapsöl, nicht typisch für die Ernährungsgewohnheiten in vielen Weltregionen sind.

Am ehesten kann man den kumulativen Beitrag der Pflanzenzüchtung in Deutschland für die weltweite Ernährung fassen, wenn man die Perspektive der kalorischen Versorgung der Weltbevölkerung einnimmt. FAO (2011) zufolge werden pro Kopf der Weltbevölkerung täglich ungefähr 2 780 kcal benötigt, um die energetische Versorgung eines Erdenbürgers sicherzustellen. Gleicher Quelle zufolge nehmen Personen, die das Äquivalent eines kg Weizen konsumieren, ca. 2 940 kcal zu sich. Konsumiertes Rapsöl stellt sogar über 8 600 kcal zur Verfügung. Gewichtet man also die einzelnen Mehrproduktionen an den entsprechenden Agrargütern (vgl. noch einmal Abbildung 3.8) mit diesen energetischen Maßzahlen der Nahrungsmittelversorgung, dann lassen sich durch die Erfolge der Pflanzenzüchtung in Deutschland in den letzten 20 Jahren bei einem Beitrag dieser zur TFP von nur 50 % bereits nahezu 19 Mio. Menschen äquivalent kalorisch versorgen. Ein Land wie Rumänien könnte damit komplett bedient werden. Bei einem TFP-Beitrag der Pflanzenzüchtung von 75 % wären es sogar über 27 Mio. Menschen, die äquivalent Energie erhalten könnten. Die Benelux-Staaten könnten damit „versorgt“ werden.

Die plakativen Argumente mögen einerseits willkürlich gewählt sein, sie zeigen andererseits aber im Mindesten die Richtung auf, in welche moderne Pflanzenzüchtung in Deutschland wirkt, nämlich in Richtung einer deutlichen Verbesserung der Welternährungslage.

4.2 Beitrag zum Ressourcenschutz

Auf der einen Seite stellt also Pflanzenzüchtung ein Mehr an Ressourcen, u.a. für die Sicherstellung der Welternährung, zur Verfügung. Pflanzenzüchterische Maßnahmen schützen aber auf der anderen Seite auch Ressourcen. Ressourcenschutz kann aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden. Wasser und Land sind in diesem Kontext die für den Agrarbereich am häufigsten thematisierten Schutzgüter. Beide werden bekanntlich weltweit knapper.

Exemplarisch soll hier auf den Schutz der Ressource Boden bzw. Land als untrennbar mit dem Agrarsektor verbundene Ressource eingegangen werden. Ähnliche wie die folgenden Argumente könnten aber auch für andere Schutzgüter, etwa für den effizienten Umgang mit Wasser, vorgebracht werden.

Gezeigt wurde bereits weiter vorn, dass durch Unterlassung von privaten Investitionen und öffentlichen Aufwendungen in die deutsche Pflanzenzüchtung z.T. massive Produktivitätssteigerungen in den letzten beiden Dekaden ausgeblieben wären, die in Angebotsrückgänge auf den Agrarmärkten, wie sie mit der Abbildung 3.8 visualisiert worden sind, gemündet hätten. Geht man vor diesem Hintergrund nun realistischer Weise davon aus, dass bei der besonderen Dynamik auf den Weltagrarmärkten (vgl. Kapitel 1 dieser Studie) der daraus resultierende Angebotsmangel an Agrarrohstoffen durch zusätzliche Produktionssteigerungen in anderen Ländern der Welt aufgefangen wird und dass diese Kompensation über zusätzlich in die Produktion gehende Flächen geschaffen wird, dann wird der Beitrag der Pflanzenzüchtung in Deutschland für den Ressourcenschutz messbar. Das ist so, weil weniger Produktion hier, also z.B. in Deutschland, zu mehr Flächeninanspruchnahme andernorts, also z.B. in Regenwaldregionen Brasiliens oder Savannenlandschaften Argentiniens, führen würde.

Konkret können mit dem gewählten Modellansatz die berechneten Angebotseffekte in den einzelnen Weltregionen unter Zugrundelegung regionaler Ertragsdaten direkt in Flächentransformationen umgewandelt werden. Werden mehr Flächen benötigt als Ackerland zur Verfügung steht, nimmt der Druck auf bislang nicht kultiviertes Land zu, und es werden entweder Grünlandflächen umgebrochen oder naturbelassene Ökosysteme in landwirtschaftliche Nutzfläche umgewandelt. Die Ergebnisse einer so determinierten Analyse sind in der Abbildung 4.2, die den zusätzlichen globalen Flächenverbrauch im Falle eines hypothetischen Verzichts auf Pflanzenzüchtung in Deutschland in den vergangenen 20 Jahren aufzeigt, dargestellt.

Wären z.B. allein bei Raps FuE-Leistungen der deutschen Pflanzenzüchtung in den letzten 20 Jahren unterblieben, dann wären in anderen Teilen der Welt bei einem Anteil der Pflanzenzüchtung an der TFP-Entwicklung in Deutschland von 50 % zusätzlich etwas mehr als 250 000 ha neu kultiviert worden, wobei Marktinterdependenzen, etwa weil ein Teil der zusätzlichen Rapsfläche zulasten von Getreide- oder anderen Ölsaatenflächen ginge, bereits berücksichtigt sind. Wären private Investitionen bzw. öffentliche Aufwendungen in FuE bei allen betrachteten Kulturarten im gleichen Zeitraum unterlassen worden und hätte die Pflanzenzüchtung einen Anteil an der deutschen TFP-Fortschreibung von 75 %, dann wären es sogar mehr als 1,5 Mio. ha, die weltweit zusätzlich zur Verfügung gestellt werden müssten. Das ist nahezu die gesamte Ackerfläche Niedersachsens.

Abbildung 4.2: Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen weltweit ohne Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010 (in 1 000 ha)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung	bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung
Weizen	455	663
Körnermais	87	124
Gerste	191	279
Roggen	71	104
Raps	259	373
Zuckerrübe	39	56
Kartoffel	53	75
Körnerleguminosen	4	6
Gesamt*	1 038	1 507

* „Gesamt“ ist nicht die Summe der Ergebnisse für die einzelnen Märkte, da Marktinterdependenzen zu berücksichtigen sind (siehe auch Anhang 2 und weiter oben).

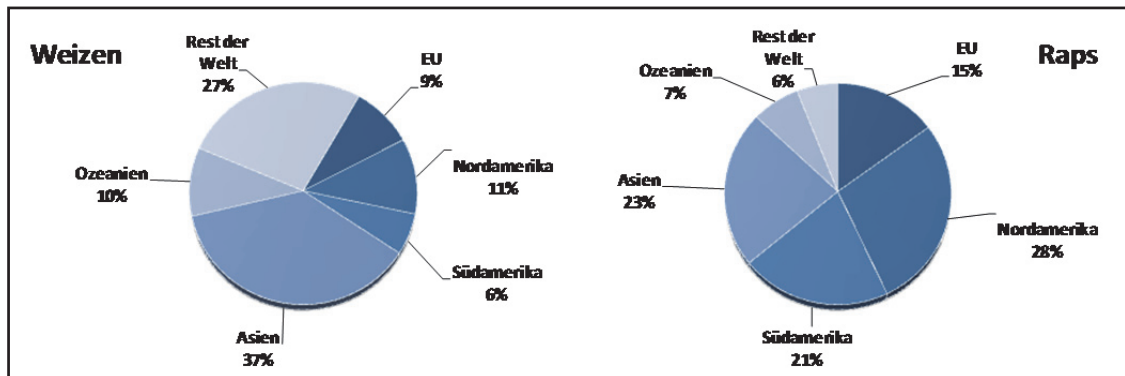
Quelle: Eigene Berechnungen.

Anders gesagt: Die mit Abbildung 4.2 aufgezeigten Flächen charakterisieren, da bekanntlich die entsprechenden Investitionen in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten in die deutsche Pflanzenzüchtung geflossen sind, die Landareale, die dadurch weltweit als natürliche Ressource Boden geschützt wurden.

Die berechnete potenzielle zusätzliche Nutzung von Ackerflächen durch Verzicht auf Pflanzenzüchtung in Deutschland lässt sich auch regional betrachten. Die geografische Verteilung der zusätzlich bereitzustellenden Ackerflächen ist in Abbildung 4.3 am Beispiel von Raps und Weizen dargestellt.

Für die genannten Feldfrüchte ergeben sich interessante Unterschiede, die die komplexe Natur des verwendeten Modellansatzes verdeutlichen und den zahlreichen abgebildeten Interdependenzen geschuldet sind, hier jedoch nicht weiter diskutiert werden sollen. Vielmehr sei festgehalten, dass Produktivitätssteigerungen der Landwirtschaft, sei es durch Pflanzenzüchtung oder auf andere Weise generiert, also den Flächenverbrauch der Landwirtschaft verringern. Damit tragen sie zum Erhalt natürlicher und naturnaher Lebensräume ebenso bei wie zur Erhaltung der Biodiversität und eines intakten Wasserhaushalts auf diesen Flächen. Aus dem Ressourcenschutz in Bezug auf die Fläche lassen sich somit unmittelbar auch andere Schutzbeiträge ableiten, die den Nutzen von Pflanzenzüchtung noch weiter mehren.

Abbildung 4.3: Regionale Anteile zusätzlicher Flächeninanspruchnahme weltweit ohne Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010



Quelle: Eigene Berechnungen.

4.3 Beitrag zum Klimaschutz

Die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch Entwaldung oder die Umwandlung von Gras- in Ackerland trägt mehr zum Klimawandel bei als die weltweite Industrieproduktion oder das weltweite Transportwesen. Letztere tragen jeweils 14 % zu dem vom Menschen verursachten Klimawandel bei. Dieser Wert liegt derzeit bei 18 % für die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Produktivitätssteigerungen durch Pflanzenzüchtung senken einerseits die Treibhausgasemissionen je Einheit erzeugten Produkts, weil Ertragssteigerungen durch neue Sorten dafür sorgen, dass je eingesetzter Einheit eines (Treibhausgase verursachenden) Produktionsfaktors, wie Dünge- oder Pflanzenschutzmittel, mehr Einheiten landwirtschaftlicher Rohstoffe erzeugt werden. Da dieser Effekt jedoch derzeit schwer kalkulierbar ist, weil die Unsicherheiten bei der Bestimmung von Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft noch immer hoch sind, soll eine Quantifizierung an dieser Stelle nicht unternommen werden.

Anders ist das bei den Treibhausgasemissionen, die durch Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen, wie sie bereits einleitend benannt wurde (vgl. das ILUC-Argument weiter vorn und sogleich im Anschluss), hervorgerufen werden. Diese Emissionen sind quantifizierbar, worauf noch im Detail eingegangen wird. Grundsätzlich ist jedoch schon hier zu beachten, dass die Treibhausgasemissionen je ha bewirtschafteten Ackerlands in einem Bereich von deutlich unter einer Tonne liegen, während die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen zu CO₂-Emissionen im Bereich von meist deutlich mehr als 100 Tonnen je ha führen (Noleppa, 2012; vgl. auch gleich Abbildung 4.4).

Die Grundidee zur Berechnung der ILUC und der dadurch freigesetzten CO₂-Emissionen geht zurück auf die Arbeiten von Searchinger et al. (2008) und Searchinger und Heimlich (2008). Manche Annahmen aus diesen Publikationen werden heute kontrovers diskutiert (vgl. u.a. Wang und Haq, 2008; Sylvester-Bradley, 2008), und in Teilen trifft das auch auf die Werte für das Karbonbindungs- respektive Karbonfreisetzungsvermögen einzelner Ökosysteme bzw. Vegetations- zonen zu. Diese könnten in der Tendenz etwas zu hoch gegriffen sein.

Abbildung 4.4 zeigt vor diesem Hintergrund die für die hier genutzten Regionen verfügbaren aggregierten CO₂-Freisetzungswerte je zusätzlich in Anspruch ge- nommenem ha Agrarfläche nach Searchinger et al. (2008) bzw. Searchinger und Heimlich (2008) sowie Tyner et al. (2010) auf, wobei von Karbon auf CO₂ entspre- chend Segrest (2009) umgerechnet wurde. Daten von Tyner et al. (2010) werden im Folgenden genutzt. Sie fallen geringer aus als die Searchinger-Daten (vgl. auch DG Energy, 2010) und tragen somit dazu bei, den Beitrag der Pflanzenzüchtung im Kampf gegen den Klimawandel in der Tendenz eher zurückhaltend zu betrachten.

Abbildung 4.4: CO₂-Freisetzung bei Kultivierung von Vegetationssystemen für landwirtschaftliche Zwecke in einzelnen Weltregionen (in t/ha)

Region	Searchinger-Daten	Tyner-Daten
Deutschland, Rest EU	262	169
USA, Rest Nordamerika	384	146
Brasilien, Rest Südamerika	337	151
Asien	608	296
Ozeanien	232	113
Rest der Welt	199	195

Quelle: Eigene Darstellung nach Searchinger et al. (2008) bzw. Searchinger und Heimlich (2008) und Tyner et al. (2010).

Wie die Abbildung zeigt, existieren erhebliche Unterschiede in den CO₂-Emissionen in den verschiedenen Regionen der Welt. Das liegt an der Zusammensetzung von Flächen, die für die landwirtschaftliche Nutzung aus natürlichen bzw. natur- belassenen Ökosystemen nutzbar gemacht werden. Multipliziert man diese Werte (nach Tyner et al., 2010) mit den regional spezifizierten zusätzlichen Flächenin- anspruchnahmen, wie sie in Abbildung 4.2 global und Abbildung 4.3 beispielhaft für Weizen und Raps ausgewiesen sind, und bewertet man die so berechneten Mengen mit den freigesetzten Mengen an CO₂, erhält man die zusätzlich freigesetzten Emissionen, wenn auf Pflanzenzüchtung in Deutschland verzichtet worden wäre.

Die Abbildung 4.5. zeigt, wie viele CO₂-Emissionen aus ILUC durch deutsche Pflanzenzüchtung der letzten 20 Jahre vermieden worden sind. Es wird deutlich, dass bereits bei einem TFP-Beitrag der Pflanzenzüchtung von 50 % über 160 Mio. t Emissionen des Klimagases CO₂ vermieden wurden. Das entspricht in etwa dem Doppelten dessen, was heute als direkte Emissionen von Treibhausgasen des deutschen Agrarsektors angegeben wird (DBV, 2011). Bei einem TFP-Beitrag von 75 % sind es sogar über 230 Mio. t CO₂ bzw. die dreifache Menge der direkten Emissionen der deutschen Landwirtschaft mit ihrer Pflanzen- und Tierproduktion.

Abbildung 4.5: Vermeidung von CO₂-Freisetzungen aus globalen Landnutzungsänderungen durch Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010 (in Mio. t CO₂)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung	bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung
Weizen	97,4	142,0
Mais	19,6	28,8
Gerste	45,0	65,6
Roggen	16,7	24,4
Raps	53,0	76,6
Zuckerrübe	5,8	8,3
Kartoffel	7,6	10,7
Körnerleguminosen	1,0	1,4
Gesamt*	161,1	234,5

* „Gesamt“ ist nicht die Summe der Ergebnisse für die einzelnen Märkte, da Marktinterdependenzen zu berücksichtigen sind (siehe auch Anhang 2 und weiter oben).

Quelle: Eigene Berechnungen.

Ähnlich wie der Beitrag der Pflanzenzüchtung zur sozialen Wohlfahrt in monetären Maßstäben gefasst werden konnte, kann der Klimaschutzbeitrag der Pflanzenzüchtung in Geldeinheiten gemessen werden. Werden die eingesparten Flächenausdehnungen mit den regionsspezifischen eingesparten CO₂-Emissionen zu Preisen bewertet, ergibt sich der ökonomische Wert der durch Investitionen in die deutsche Pflanzenzüchtungsforschung weltweit erzielten Einsparungen an CO₂-Emissionen. Zur Bewertung der eingesparten CO₂-Emissionen kann man den Marktpreis verwenden, wenn dieser das Resultat eines funktionsfähigen Wettbewerbsmarkts darstellt. Ein solcher Markt existiert derzeit nicht. Vielmehr ist der Preis für CO₂-Emissionen Resultat eines staatlicherseits generierten Marktes und hängt ab vom Umfang der ausgegebenen Emissionsrechte und nicht von den Kosten dieser Emissionen für die Gesellschaft. In der Analyse der eingesparten CO₂-

Emissionen wird ein Preis von 12,50 EUR/t unterstellt (EnBW, 2011). Zu verwenden wäre eigentlich der so genannte Schattenpreis, der bei funktionierenden Märkten dem Marktpreis entspricht. Der Schattenpreis könnte ermittelt werden, indem man die wirtschaftlichen Kosten von CO₂-Emissionen quantifiziert. Die gegenwärtig verfügbaren Schätzungen liegen in einem weiten Bereich. So berichten Ackerman und Stanton (2012), dass Schätzungen die volkswirtschaftlichen Kosten in 2010 im Bereich von 28 bis 893 USD/t CO₂ ansiedeln. In jedem Fall wäre dies deutlich höher als der hier verwendete Preis von 12,50 EUR/t CO₂. Die in dieser Studie erzielten Ergebnisse stellen daher Untergrenzen für den ökonomischen Wert der Einsparungen von Emissionen für die Gesellschaft dar. Diese sind in Abbildung 4.6 aufgezeigt und liegen im Untersuchungszeitraum im Bereich von 2 bis 3 Mrd. EUR. Damit befindet sich der gesamte in dieser Studie quantifizierte Nutzen der Pflanzenzüchtung für die Gesellschaft im Bereich von etwa 11 bis 15,5 Mrd. EUR.

Abbildung 4.6: Zusätzliche gesellschaftliche Wohlfahrtseffekte durch Vermeidung von CO₂-Freisetzungen aus globalen Landnutzungsänderungen durch Pflanzenzüchtung in Deutschland von 1991-2010 (in Mio. EUR)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung	bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung
Weizen	1 217	1 775
Mais	245	360
Gerste	562	820
Roggen	209	305
Raps	663	957
Zuckerrübe	72	104
Kartoffel	95	134
Körnerleguminosen	12	17
Gesamt*	2 014	2 931

* Gesamt“ ist nicht die Summe der Ergebnisse für die einzelnen Märkte, da Marktinterdependenzen zu berücksichtigen sind (siehe auch Anhang 2 und weiter oben).

Quelle: Eigene Berechnungen.

Als Ergebnis der Analyse bleibt festzuhalten, dass Pflanzenzüchtung in Deutschland einen wichtigen und monetär darstellbaren Beitrag zum Klimaschutz leistet. Die hier ausgewiesenen Beträge sind insofern als Untergrenze zu interpretieren, da in der Analyse nicht die Leistungen berücksichtigt werden konnten, die die Pflanzenzüchtung in Deutschland erbringt, indem sie es ermöglicht, dass sich Landwirtschaft besser an die Wirkungen des Klimawandels anpassen kann.

5. Verbesserung der Rahmenbedingungen für die deutsche Pflanzenzüchtung

5.1 Unterinvestition in die Pflanzenzüchtung

Wie gezeigt werden konnte, ist die ökonomische Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland für die Gesellschaft hoch. Dies gilt insbesondere, wenn die positiven Klimawirkungen in ihrem Wert für die Gesellschaft zusätzlich zum Markteffekt berücksichtigt wurden. Für eine aus Sicht der Wirtschaftspolitik vorzunehmende Einordnung der Ergebnisse der hier durchgeführten Analyse sind die absoluten Werte in EUR allein allerdings nicht aussagefähig genug. Vielmehr muss hierfür eine Nutzen-Kosten-Analyse durchgeführt werden. Dies ist eine Standardmethode der Wirtschaftswissenschaften zur Beurteilung der Profitabilität einer Investition aus Sicht der Gesellschaft (vgl. Anhang 5). Dabei wird der Nutzen, den die Gesellschaft durch eine Investition erzielt, in Beziehung gesetzt zum Einsatz wirtschaftlicher Ressourcen, den so genannten volkswirtschaftlichen Kosten, die diese Investition erfordert hat. Klassische Beispiele hierfür sind etwa die Ermittlung von volkswirtschaftlichen Nutzen und Kosten einer Investition in den Bau einer U-Bahn, eines Flughafens oder eben von Investitionen in die Agrarforschung.

Bei einer Nutzen-Kosten-Analyse geht es also nicht um die Beurteilung der Profitabilität einzelner Unternehmen, wie etwa den am Bau einer U-Bahn-Linie beteiligten Unternehmen oder den Unternehmen der Pflanzenzüchtung. Vielmehr geht es um die Beurteilung der Profitabilität von Investitionen aus Sicht der Gesellschaft. Auf diese Weise lässt sich nicht nur ermitteln, wie hoch die Verzinsung einer Investition aus Sicht der Gesellschaft ist, sondern es lassen sich so u.a. auch Aussagen darüber treffen, ob eine Investition aus gesamtwirtschaftlicher Sicht auszuweiten oder einzuschränken ist. Maßstab hierfür ist der durchschnittliche langfristige Kapitalmarktzins, der zumeist mit 6,0 % angesetzt wird (vgl. Anhang 5).

Liegt die in der Nutzen-Kosten-Analyse ermittelte soziale Verzinsung unterhalb dieses Zinssatzes, wäre die Investition aus Sicht der Gesellschaft unprofitabel und daher einzuschränken, bis zumindest eine soziale Verzinsung erreicht ist, die dem langfristigen Kapitalmarktzins entspricht. Sollte dies nicht möglich sein, wäre die Investition zu unterlassen. Liegt dagegen die ermittelte soziale Verzinsung über dem langfristigen Kapitalmarktzins, zeigt dies eine Unterinvestition an. Je höher die soziale Verzinsung ist, umso größer ist das Ausmaß der Unterinvestition aus Sicht der Gesellschaft und umso stärker wäre also die Investition auszuweiten.

Wie Abbildung 5.1 zeigt, ergibt sich für die Investitionen in die Pflanzenzüchtung in Deutschland insgesamt eine sehr hohe soziale Verzinsung und zwar im Bereich

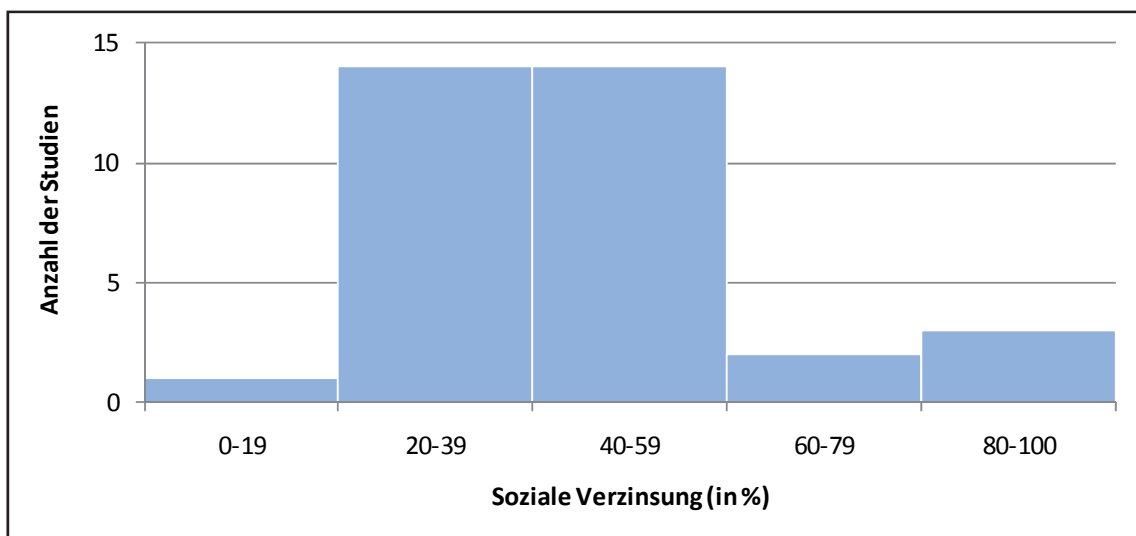
von etwa 20 bis 40 % jährlich. Das ist von der Größenordnung her vergleichbar mit den Ergebnissen unserer früheren Untersuchung (von Witzke et al., 2004a; b) und liegt auch im Rahmen der Ergebnisse, die andere Autoren für andere Länder für Investitionen in die Agrarforschung erzielt haben (vgl. Abbildungen 5.2 und 5.3).

Abbildung 5.1: Soziale Verzinsung der Markteffekte der Investitionen in die deutsche Pflanzenzüchtung, 1991-2010 (in %)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung		bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung	
	FuE-Aufwand 75 %	FuE-Aufwand 50 %	FuE-Aufwand 75 %	FuE-Aufwand 50 %
Weizen	83	92	123	136
Mais	2	3	13	14
Gerste	5	9	16	20
Roggen	7	11	18	22
Raps	10	15	20	26
Zuckerrübe	18	23	30	36
Kartoffel	77	90	111	129
Körnerleguminosen	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
Gesamt	21	25	33	39

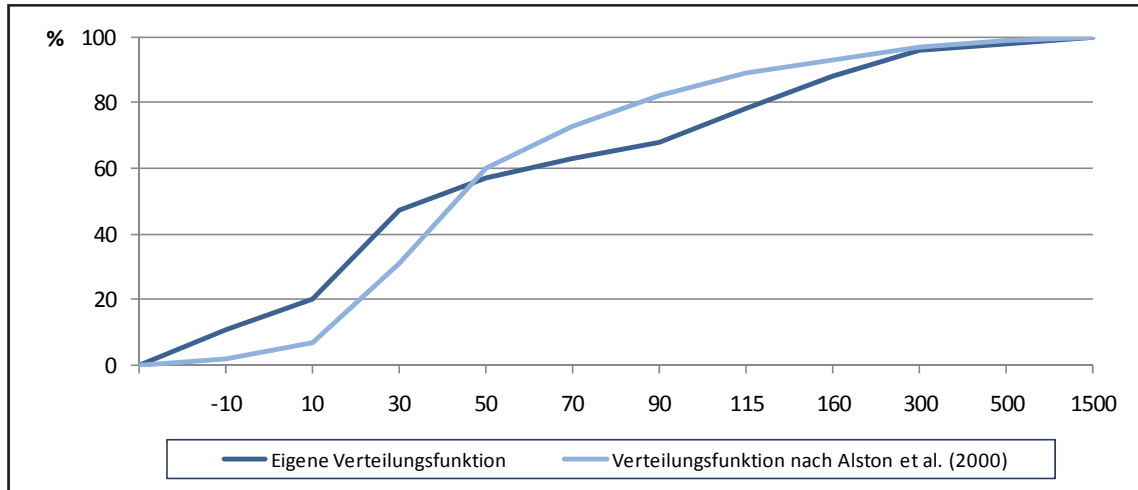
Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 5.2: Soziale Verzinsungsraten von Agrarforschungsprojekten in den USA



Quelle: Eigene Darstellung nach Heisey et al. (2011).

Abbildung 5.3: Verteilungsfunktionen ermittelter sozialer Verzinsungen (in %)



Quelle: Eigene Darstellung nach Alston et al. (2000) sowie eigene Berechnungen.

Jedenfalls reflektieren diese Ergebnisse, dass aus Sicht der Gesellschaft deutlich zu wenig in die Pflanzenzüchtung in Deutschland investiert wird. Und: Dass es kaum Investitionen gibt, die aus Sicht der Gesellschaft profitabler sind als solche in die Agrarforschung, wird auch in anderen Ländern beobachtet. Die enorme Unterinvestition in die Agrarforschung wird deshalb schon seit langem heftig kritisiert (z.B. Ruttan, 1980; Alston et al., 2010; Heisey et al., 2010; 2011). Demnach sind Agrarforschungsprojekte i.d.R. aus Sicht der Gesellschaft nicht nur außerordentlich profitabel, sondern auch höher als solche Investitionen in anderen Wirtschaftssektoren (vgl. u.a. Bernstein und Nadiri, 1988; Jones und Williams, 1998).

Nach Fruchtarten getrennt ergibt sich für die soziale Verzinsung ein etwas differenziertes Bild, das noch der Erläuterung bedarf. Bei Weizen liegt die gesamtwirtschaftliche Verzinsung im Bereich von ungefähr 80 bis 135 %. Dies reflektiert zum einen die Resultate der Züchtungsprogramme dieser Fruchtart, aber auch die Tatsache, dass Weizen die wichtigste Ackerfrucht ist, so dass sich aufgrund der großen Anbauflächen im Vergleich zu den Züchtungsinvestitionen ein großer Hebeleffekt ergibt. Bemerkenswert niedrig liegt die gesamtwirtschaftliche Verzinsung bei Mais. Dies reflektiert zum Teil die bereits an anderer Stelle diskutierte Tatsache, dass die Zuchtprogramme für Mais für die Erzeugung von Biogas erst angelaufen sind und die Züchtungsinvestitionen sich noch nicht stark in einer Erhöhung der TFP niedergeschlagen haben. Sehr erfolgreich sind aus gesamtwirtschaftlicher Sicht auch die Kartoffelzuchtprogramme. Allerdings schlägt sich dieses nicht stark in den Ergebnissen für die Pflanzenzüchtung insgesamt nieder, da der Flächenanteil für die Kartoffelproduktion niedrig ist.

Wie Abbildung 5.4 zeigt, führt die Berücksichtigung des Klimaeffekts von Investitionen in die Pflanzenzüchtung in etwa zu einer Verdoppelung der sozialen Verzinsung (die in der eigenen Verteilungsfunktion in Abbildung 5.3 bereits berücksichtigt sind). Dabei ist zu beachten, dass dieses Ergebnis auf der sehr konservativen Annahme basiert, dass die sozialen Kosten von CO₂-Emissionen bei lediglich 12,50 EUR/t liegen. Letztendlich bedeutet die Einbeziehung des Klimaeffekts, dass das ausgewiesene Ausmaß der Unterinvestition in die Pflanzenzüchtung deutlich höher ist als bei der traditionellen Analyse, bei der lediglich die Markteffekte berücksichtigt wurden.

Abbildung 5.4: Soziale Verzinsung der Markt- und Klimaeffekte von Investitionen in die deutsche Pflanzenzüchtung, 1991-2010 (in %)

	bei 50 % TFP durch Pflanzenzüchtung		bei 75 % TFP durch Pflanzenzüchtung	
	FuE-Aufwand hoch	FuE-Aufwand niedrig	FuE-Aufwand hoch	FuE-Aufwand niedrig
Weizen	289	324	454	505
Mais	15	16	33	36
Gerste	46	61	95	120
Roggen	54	71	109	135
Raps	35	49	69	93
Zuckerrübe	21	27	35	44
Kartoffel	94	111	140	164
Körnerleguminosen	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
Gesamt	39	48	68	83

Quelle: Eigene Berechnungen.

Zu fragen ist daher, worauf diese Unterinvestition zurückzuführen ist und was zu tun ist, um die Investitionen in die deutsche Agrarforschung im Allgemeinen und die Pflanzenzüchtung im Besonderen so weit auszudehnen, wie es ihrer Bedeutung für die Gesellschaft entspricht. Wie bereits erwähnt, wird seit langem auf das sehr hohe Ausmaß der Unterinvestitionen in die Agrarforschung hingewiesen. Bei Betrachtung der Investitionen in die Agrarforschung im Zeitablauf ergab sich ein Abbau der öffentlichen Agrarforschung in den reichen Ländern mit dem Auftreten von Agrarüberschüssen in den USA, der EU und anderswo, die sich Ende der 1970er Jahre einzustellen begannen und in den 1980er Jahren drastisch zunahm. Dies gilt insbesondere für die Agrarforschung, die ausgerichtet ist auf die Generierung von Produktivitätsfortschritten (Pardey, 2009).

Dies ging übrigens einher mit der Einführung agrarpolitischer Instrumente, die darauf ausgerichtet waren, die Agrarüberschüsse auf administrative Weise statt durch eine Liberalisierung der Märkte zu beseitigen, wie etwa Flächenstilllegungsprogramme oder das U. S. payment-in-kind-System. Unter dem Eindruck der wachsenden Überschüsse setzte sich in vielen reichen Ländern zunehmend die Auffassung durch, dass die Agrarforschung nicht mehr gebraucht wird, weil sie zu Produktivitätssteigerungen führt und damit die Überschüsse nur erhöht – mit all den damit verbundenen Problemen. Dies war, wie man heute weiß, ein schwerwiegender Irrtum, denn die Vernachlässigung der Agrarforschung hat zu stark steigenden Preisen geführt und damit erheblich zur Verschärfung des Welternährungsproblems mit einer Milliarde unterernährten Menschen beigetragen.

5.2 Rahmenbedingungen für die private Pflanzenzüchtung in Deutschland

Neben der unzureichenden öffentlichen Agrarforschung in Deutschland haben sicherlich auch die defizitären Rahmenbedingungen für die private Pflanzenzüchtung zur ermittelten Unterinvestition beigetragen. In diesem Zusammenhang darf nicht verschwiegen werden, dass die öffentliche und hoch emotional geführte Diskussion um die Nutzung der Grünen Gentechnik weitreichende Konsequenzen für die Innovationskraft Deutschlands und Europas hat. Auf die Abwanderung von Know-how in andere Regionen dieser Welt sei der Vollständigkeit halber verwiesen. Gleichzeitig wird dem Thema Fortschritt in der gesellschaftlichen Diskussion nur eine untergeordnete Bedeutung zugemessen bzw. wird dieser Fortschritt als Selbstverständlichkeit wahrgenommen. Zentrale Bedeutung kommt in der Diskussion um geeignete Rahmenbedingungen dem imperfekten Schutz intellektueller Eigentumsrechte in der Pflanzenzüchtung zu, der zu einer Erosion der Anreize für Investitionen in der privaten Pflanzenzüchtungsforschung beigetragen hat.

Als aktuelles Beispiel mag hier der Konflikt um die Nachbauregelung in Deutschland dienen, denn das oftmals praktizierte Nichtentrichten der Nachbauggebühr ist ein ganz konkreter Erosionsfaktor. Kurzfristig mag das Verhalten derer, die sich diesem System entziehen, betriebswirtschaftlich zweckmäßig erscheinen; langfristig sind die volkswirtschaftlichen Aussichten jedoch fatal, weil die Nachbauggebühr neben der Lizenzgebühr für zertifiziertes Saatgut einen entscheidenden Einkommensfaktor für die private Züchtung darstellt und das Nichtentrichten dieser Gebühr Züchtungsarbeiten in den betroffenen Segmenten mindert sowie Ertragsfortschritte weiter begrenzt.

Nicht nur die Wettbewerbsposition der Züchter, sondern in einem nächsten Schritt auch die von Landwirten, zumal in Deutschland, wird dadurch geschwächt, was

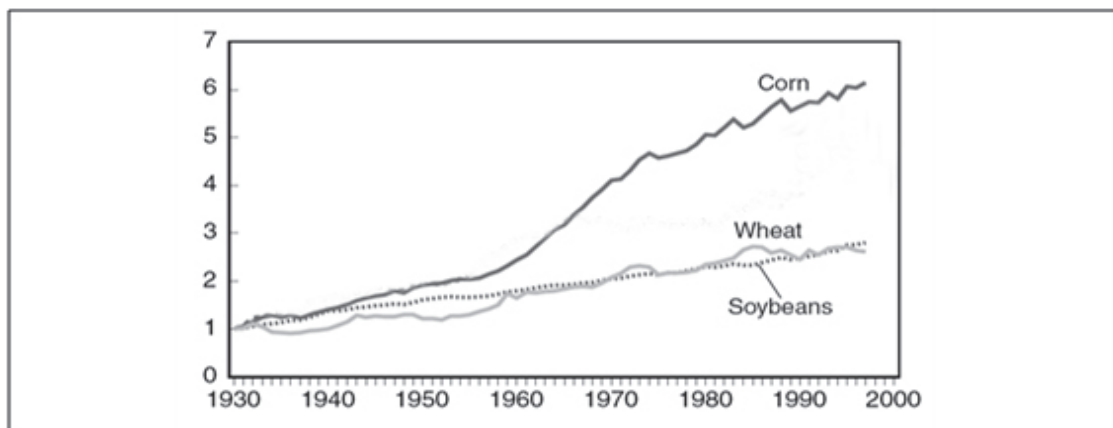
nichts anderes bedeutet, als dass kurzfristige Gewinne einzelner Landwirte so zu langfristigen Verlusten für die gesamte Landwirtschaft werden. Folglich müsste das Verfahren zur Erhebung der Nachbaugebühren modifiziert und eine für Pflanzzüchter und Landwirte akzeptable und gerechte Lösung gefunden werden.

Einige aus diesem und ähnlichen Zielkonflikten resultierende Konsequenzen sind an anderer Stelle bereits eingehend diskutiert worden (von Witzke und Noleppa, 2011). Sie sollen im Folgenden beispielhaft anhand von Exkursen zu spezifischen Entwicklungen in Nordamerika und in Westeuropa bzw. in den USA und Deutschland noch einmal verdeutlicht werden. In der Gesamtheit zeigt sich: Zweckmäßige Rahmenbedingungen können Zuchtfortschritte langfristig und damit nachhaltig steigern, falsche oder fehlende Anreize jedoch führen zu einer Schwächung des gesamten agrarischen Systems.

Exkurs 1: Entwicklung der Flächenerträge von Weizen und Mais

In Ländern, in denen bislang genügend Flächen verfügbar waren, wurde der wachsende Nahrungsbedarf eher als in flächenarmen Regionen über Flächenausdehnung denn über Investitionen in die Pflanzenzüchtungsforschung gedeckt (Hayami und Ruttan, 1985; Ruttan, 1982; Pardey et al., 2010). Als Folge davon ergab sich über lange Zeiträume hinweg ein relativ geringer Ertragszuwachs. Dies änderte sich bei Mais, nachdem sich bei dieser Feldfrucht in den 1950er Jahren die Hybridtechnologie durchzusetzen begann, die bekanntlich zu einem vollständigen Saatgutwechsel beiträgt, da ein Nachbau der Hybridsorten zum Verlust des Heterosis-effekts führt (vgl. Abbildung 5.5) und darüber hinaus gesetzlich verboten ist.

Abbildung 5.5: Flächenerträge ausgewählter Feldfrüchte in den USA, 1930-1997 (Index 1930=100)



Quelle: Adaptiert von USDA (verschiedene Jahrgänge).

Wie man sofort sieht, verläuft die Ertragsentwicklung der dort dargestellten Feldfrüchte zunächst recht ähnlich. Als sich um 1960 die Hybridtechnologie durchgesetzt hatte, ergab sich dann allerdings eine deutliche Zunahme der Ertragszuwächse bei Mais. Hierfür gibt es zwei wesentliche Gründe. Zum einen konnte die Ertragslage unter Nutzung des Heterosiseffekts maßgeblich durch die genetische Komponente positiv beeinflusst werden; zum anderen wurde aber auch sichergestellt, dass sich Investitionen in die Züchtung nunmehr wirtschaftlich lohnten (siehe Ausführungen zur Refinanzierung von Züchtung).

Analog ist Abbildung 5.6 zu interpretieren. Der mangelnde Sortenschutz bei Weizen hat in Nordamerika zu einem geringeren Wachstum der Flächenproduktivität geführt als in Westeuropa.

Abbildung 5.6: Ertragssteigerungen pro Jahr bei Weizen, 1961-2007 (in %)

Region	1961-1990	1990-2007
Welt, insgesamt	2,95	0,52
Nordamerika	2,23	0,01
Westeuropa	3,31	0,63

Quelle: Nach Alston et al. (2010).

Wie Alston et al. (2010) zu Recht ausführen, sind Vergleiche der internationalen Produktivitätsentwicklung immer mit hinreichender Vorsicht zu interpretieren. Abbildung 5.6 liefert aber dennoch eine weitere deutliche Evidenz dafür, dass die relativ geringen Ertragszuwächse in den USA, deren Weizenproduktion deutlich höher liegt als in Westeuropa, das Resultat eines nur geringen gesetzlichen Schutzes der intellektuellen Eigentumsrechte in der Pflanzenzüchtung sind. Im Zeitraum von 1961-1990 lag der Ertragsfortschritt in den USA nicht nur unterhalb des in Westeuropa zu beobachtenden Wachstums des Flächenertrags, sondern auch unter dem der Welt insgesamt. In der Periode von 1990-2007 ging hingegen in allen ausgewiesenen Regionen das Produktivitätswachstum zurück; jedoch: Während der Ertragszuwachs in Europa noch bei etwa 0,6 % lag, tendierte er in den USA gegen null. Angesichts dessen verwundert es nicht, dass sich die Privatwirtschaft in dieser Region weitgehend aus der Pflanzenzüchtung bei Weizen zurückgezogen hat und Weizenzüchtung fast nur noch in öffentlicher Regie erfolgt.

Der allgemeine Rückgang des Wachstums der Flächenproduktivität in der Welt findet seine Ursachen auch darin, dass mit den traditionellen Züchtungsmethoden zunehmend das Ertragspotential ausgeschöpft wurde und dass die auf Ertragssteigerung ausgerichtete Agrarforschung beginnend mit der zweiten Hälfte der 1970er

Jahre zurückgefahren wurde (Pardey et al., 2010). Geringere Investitionen der Privatwirtschaft in Forschung und Entwicklung aufgrund unzureichender wirtschaftlicher Anreize verstärken dann den offenkundigen Effekt abnehmender Ertragssteigerungsraten. Gelegentlich wird zudem darauf hingewiesen, dass der Rückgang im Produktivitätswachstum seit 1990 auch das Resultat der stärkeren Ausrichtung der Pflanzenzüchtung auf andere Komponenten, wie z.B. Krankheitsresistenzen, ist.

Exkurs 2: Ertragsentwicklung von Weizen in Deutschland und den USA

Die begonnene Diskussion soll weiter akzentuiert werden. Wie bereits oben diskutiert, ist der Sortenschutz seitens der Pflanzenzüchter in Deutschland ebenfalls nur begrenzt durchsetzbar. Allerdings ist er ausgeprägter als in den USA, weil er von den Unternehmen der privaten Pflanzenzüchtung kontinuierlich eingefordert wird. Demnach ist zu erwarten, dass die jährlichen Ertragsfortschritte in Deutschland höher ausfallen als in den USA (wie es Abbildung 5.6 schon andeutet).

In der folgenden Abbildung 5.7 sind eben diese Ertragsfortschritte in Deutschland und den USA für den Zeitraum von drei Jahrzehnten dargestellt. Dabei sind zu Vergleichszwecken dreijährige Durchschnitte verwendet worden, um den Einfluss von Witterungsschwankungen zu minimieren. Wie man sofort sieht, ist der Ertragsfortschritt bei Weizen in Deutschland deutlich größer als in den USA. Während die Erträge in Deutschland im Beobachtungszeitraum um über 45 % angestiegen sind, lag die Steigerung der Flächenproduktivität in den USA im selben Zeitraum lediglich bei knapp 20 %.

Abbildung 5.7: Wachstum der Flächenerträge von Weizen in Deutschland und den USA, 1980-2009

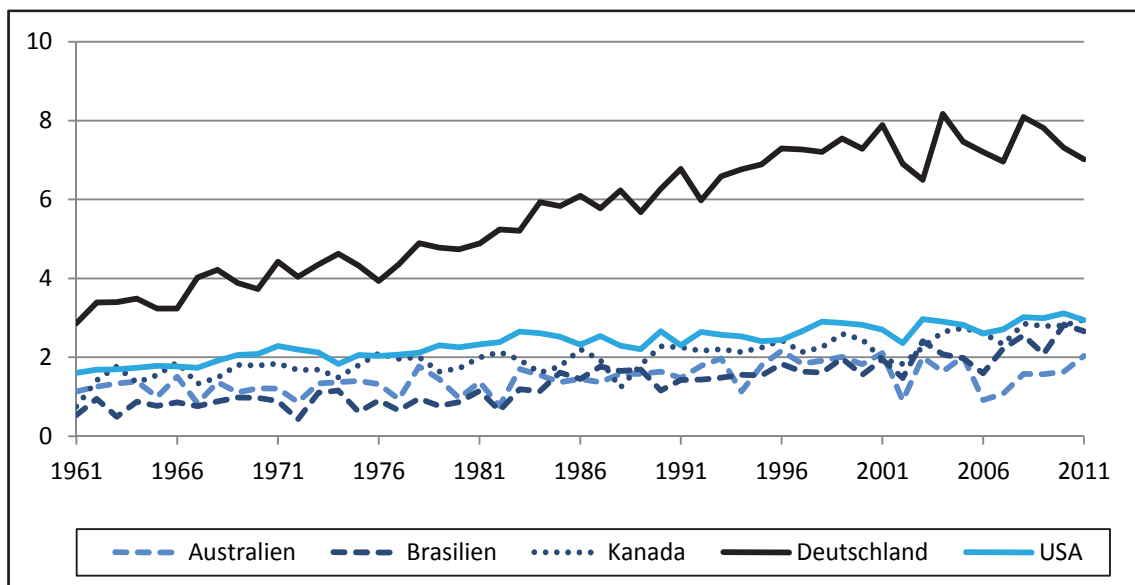
Zeitraum	Deutschland	USA
1980-83	100	100
1990-93	112	106
2000-03	137	112
2007-09	146	119

Quelle: Eigene Darstellung nach Toepfer International (verschiedene Jahrgänge); BMELV (2011); USDA (2010).

Die resultierende unterschiedliche Ertragsentwicklung bei Weizen in den USA und Deutschland über einen relativ langen Zeitraum ist schließlich mit der Abbildung 5.8 visualisiert; zum Vergleich sind in die Abbildung auch die Entwicklungen des

Weizenertrags für Australien, Brasilien und Kanada aufgenommen. Es wird deutlich, dass die Erträge in Deutschland schon immer vergleichsweise hoch waren; nicht zuletzt aufgrund des bestehenden Sortenschutzes konnte der Abstand über die Zeit sogar vergrößert werden.

Abbildung 5.8: Entwicklung der Flächenerträge von Weizen in Deutschland und den USA sowie in Australien, Brasilien und Kanada, 1961-2011 (in t/ha)



Quelle: Eigene Darstellung nach FAO (2011).

Exkurs 3: U. S. Plant Variety Protection Act (PVPA) von 1970

In den USA hat sich mit der Zeit die Erkenntnis durchgesetzt, dass die stagnierenden Ertragszuwächse etwas mit mangelndem Sortenschutz zu tun haben. Im Jahr 1970 wurde deshalb das PVPA verabschiedet. Dieses Gesetz sollte es Pflanzenzüchtern erlauben, Sortenschutz in Form so genannter „Plant Variety Protection Certificates“ zu erhalten. Die Wirksamkeit des Gesetzes wurde allerdings von Anfang an angezweifelt, weil der angestrebte Sortenschutz sich aus einer Reihe von Gründen in der Praxis nur unzureichend durchsetzen ließ, so dass die Züchter nur für einen Teil des verwendeten Saatguts tatsächlich Lizenzgebühren erhielten (z.B. Alston und Venner, 2000; Venner, 1997).

Bereits einige frühe empirische Studien zu den Auswirkungen des PVPA kamen zu dem Schluss, dass ein Effekt des Gesetzes auf den Ertragszuwachs nicht nachweisbar ist (z.B. Babcock und Foster, 1991; Perrin, 1994). Die Ergebnisse dieser Studien wurden allerdings wegen nur weniger Beobachtungen als noch nicht über-

zeugend angesehen (vgl. u.a. Alston und Venner, 2000). Während Knudson und Pray (1991) in ihrer Analyse der Auswirkungen des PVPA nicht zu eindeutigen Ergebnissen gelangen, stellen Huffman und Evenson (1993) nach 1970 steigende Raten des Ertragsfortschritts fest. Allerdings zeigt sich, dass diese auch durch andere Faktoren, wie etwa steigende Marktpreise und eine Zunahme der Anbaufläche, erklärt werden können.

Alston und Venner (2000) haben die Bestimmungen des PVPA detailliert in ein theoretisches ökonomisches Modell gefasst und dieses Modell eingehenden ökonomischen Tests für Weizen unterzogen. Als Resultat ergab sich, dass das PVPA nicht den beabsichtigten Effekt gehabt hat, nämlich private Investitionen in die Pflanzenzüchtung zu erhöhen. Der zentrale Grund hierfür liegt in der Ausgestaltung des Gesetzes, das de facto dazu geführt hat, dass Lizenzgebühren für den Nachbau nur in geringem Umfang auch tatsächlich entrichtet werden. Die Autoren stellen fest: „The primary hypothesis derived from the economic model is that an improvement in intellectual property rights would enhance innovation. This would be seen as an increase in research investments, an increased rate of technological improvement, and, depending on the trade-off between more invention and less adoption, perhaps a faster rate of technological change. ... There is no evidence of an increase in private investment in wheat breeding and no evidence of an increase in the average price of wheat seed as evidence of an increase in inventor royalties to wheat breeders. Our regression models consistently indicate that the PVPA has not contributed to increases in commercial or experimental yields of wheat” (Alston und Venner, 2000, S. 30-31).

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In dieser Studie wurde die Bedeutung von FuE im Bereich der Pflanzenzüchtung in privaten Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen der Agrarforschung in Deutschland untersucht. Dabei wurden der traditionellen Vorgehensweise entsprechend zunächst die Markteffekte berechnet. Diese ergeben sich aus dem Nutzen der Pflanzenzüchtung für die Konsumenten, die mehr Nahrungsgüter zu geringeren Preisen erhalten, und dem der Landwirte, die zu geringeren Produktionskosten mehr verkaufen können. Im Untersuchungszeitraum 1991-2010 lag der marktbedingte Nutzen der Pflanzenzüchtung für die Gesellschaft, auch als sozialer Wohlfahrtsgewinn bezeichnet, im Bereich von etwa 9 bis 12,5 Mrd. EUR.

Die methodische Innovation in dieser Studie besteht darin, dass die Klimaeffekte einer Produktivitätssteigerung ebenfalls quantifiziert und ökonomisch bewertet wurden. Da durch die Pflanzenzüchtung der rasch wachsende Nahrungsbedarf der Welt durch eine geringere Flächenausdehnung erreicht werden kann, ergibt sich eine Flächeneinsparung von ca. einer bis eineinhalb Mio. ha. Dies entspricht einer Einsparung von Treibhausgasemissionen im Bereich von ca. 160 bis 230 Mio. t CO₂. Bei einem Wert der eingesparten CO₂-Emissionen von 12,50 EUR/t CO₂ ergibt sich ein zusätzlicher Nutzen für die Gesellschaft in einer Größenordnung von etwa 2 bis knapp 3 Mrd. EUR. Dadurch erhöht sich die gesamte monetär fassbare Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland im Untersuchungszeitraum auf Nutzenwerte im Bereich von etwa 11 bis 15,5 Mrd. EUR.

Um diese Beträge ökonomisch bewerten zu können, müssen die genannten Nutzen der Gesellschaft in Beziehung gesetzt werden zum Einsatz der ökonomischen Ressourcen, die diese Nutzen generiert haben, so dass die Verzinsung dieser Investitionen aus Sicht der Gesellschaft quantifiziert werden kann. Diese liegt allein für die Markteffekte im Bereich von etwa 20 % bis 40 %. Für die Markt- und Klimaeffekte zusammen ergibt sich in etwa eine Verdoppelung der sozialen Verzinsung auf Werte von etwa 40 % bis 80 %. Diese außerordentlich hohen sozialen Verzinsungen sind die Ursache von dramatisch hohen Unterinvestitionen in die öffentlichen und privaten FuE-Aktivitäten für die Landwirtschaft im Allgemeinen und in die Pflanzenzüchtung in Deutschland im Besonderen.

In diesem Kontext stellen sich Fragen nach der zukünftigen Bedeutung der Pflanzenzüchtung. Festgestellt wurde, dass deren gesellschaftliche Bedeutung groß ist. Diese gesellschaftliche Bedeutung wird aber noch steigen, denn auf den Agrarmärkten von morgen wird zunehmend Knappheit herrschen. Noch mehr Menschen müssen ernährt werden, und zusätzlich müssen noch mehr landwirtschaftliche Rohstoffe für andere Verwendungen bereitgestellt werden. Zudem werden die Akteure auf den Agrarmärkten in einem deutlich volatileren Umfeld als heute agie-

ren müssen. Produktivitätssteigerungen z.B. durch Pflanzenzüchtung helfen, diese Knappheit und Volatilität zu mindern und letztendlich die Rohstoffe zu produzieren, die wir in Deutschland, aber auch global zur Sicherung und Mehrung unseres Wohlstandes benötigen.

Die Forderungen an die Politik, die sich aus den erzielten Ergebnissen ableiten lassen, liegen auf der Hand. Der Abbau der öffentlichen Agrarforschung in Bund und Ländern ist rückgängig zu machen. Für die private Pflanzenzüchtung sind gesellschaftliche und gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine Ausdehnung von Investitionen in die FuE ermutigen. Für eine innovative Pflanzenzüchtung ist es entscheidend, dass die Eigentumsrechte der Züchter durch einen effektiven Sortenschutz gestärkt werden. Dies schließt im Besonderen auch die Nachbaugebühren ein, für die ein praktikabler Weg der Erhebung erforderlich ist.

Für die Einordnung der in dieser Studie erzielten Ergebnisse ist noch zu berücksichtigen, dass auf jeder Stufe der Analyse Parameter gewählt wurden, die tendenziell eine Untergrenze für die tatsächliche gesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland darstellen. Dies gilt für den Anteil der Pflanzenzüchtung an der Steigerung der TFP, wie für den Umfang der öffentlichen Investitionen in die Pflanzenzüchtung, die je Flächeneinheit eingesparten CO₂-Emissionen und ganz besonders für die sozialen Kosten von CO₂-Emissionen.

Vor diesem Hintergrund wird es nunmehr umso wichtiger, dass die Politik all diejenigen öffentlichen Güter in ausreichender Menge bereitstellt, die die Landwirtschaft erst in die Lage versetzen, international wirklich wettbewerbsfähig zu sein. Hierzu gehören neben den Rahmenbedingungen, die zu Investitionen in die private Agrarforschung ermutigen, auch ein Wiederaufbau eines voll funktionsfähigen öffentlichen Agrarforschungssystems sowohl im Bund als auch in den Bundesländern.

Ein weiterer Aspekt, der hier von Bedeutung ist, ist die zunehmende Konkurrenz um die knapper werdenden natürlichen Ressourcen der Landwirtschaft zwischen Nahrungsgüterproduktion einerseits und der Produktion von Nichtnahrungsgütern andererseits. Hierzu zählen neben Baumwolle, Blumen und Zierpflanzen, Kautschuk etc. nicht nur Nutzpflanzen für die Herstellung von Bioenergie, sondern auch die Floren und Faunen natürlicher Lebensräume und damit die Biodiversität. Durch eine Steigerung der Produktivität in der Landwirtschaft, sei es durch Pflanzenzüchtung oder auf andere Weise, kann sich Deutschland mehr von allem leisten: Nahrung, Bioenergie, natürliche Lebensräume, Biodiversität und Klimaschutz.

Literatur

- Ackerman, F.; Stanton, E.A. (2012): Climate risks and carbon prices: revising the social cost of carbon. In: *Economics – The Open-Access, Open-Assessment Journal*, vol. 6, 2012-10. In: <http://dx.doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2012-10>.
- Ahlemeyer, J.; Friedt, W. (2010): *Entwicklung der Weizenerträge in Deutschland: Welchen Anteil hat der Zuchtfortschritt?* Giessen: Justus-Liebig-Universität.
- Alston, J.M.; Andersen, M.A.; James, J.S.; Pardey, P.G. (2010): Shifting patterns of agricultural production and productivity in the United States. In: Alston, J.M.; Babcock, B.A.; Pardey, P.G. (eds.): *The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide*. Ames, IA: The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, Iowa State University: 193-228.
- Alston, J.M.; Chang-Kang, C.; Marra, M.C.; Pardey, P.G.; Wyatt, T.J. (2000): A meta-analysis of rates of return to agricultural R&D: *ex pede herculem?* IFPRI Research Report 113. Washington, DC: IFPRI.
- Alston, J.M.; Norton, G.W.; Pardey, P.G. (1995): *Science under scarcity*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Alston, J.M.; Venner, R.J. (2000): The effects of the U.S. Plant Variety Protection Act on wheat genetic improvement. EPTD Discussion Paper 62. Washington, D.C.: IFPRI.
- Babcock, B.A.; Foster, W.E. (1991): Measuring the potential contribution of plant breeding to crop yields: flue-cured tobacco, 1954-87. In: *American Journal of Agricultural Economics* 73: 850-859.
- BDP (Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter) (2010a): *Ergebnisse der Mitgliederbefragung verschiedener Jahrgänge*. Bonn: BDP (projektinterne Informationsbereitstellung).
- BDP (Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter) (2010b): *Pflanzenzüchtung – Schlüsseltechnologie für die Zukunft*. Bonn: BDP.
- Beintema, N.M.; Stads, G.J. (2008): *Measuring agricultural research investments: a revised global picture*. ASTI Background Note. Washington, DC: IFPRI.
- Bernstein, J.I.; Nadiri, M.I. (1988): *Inter-industry R&D spillovers, rates of return, and productivity in high-tech industries*. New York, NY: New York University.

- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2011): Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte. In: <http://www.bmelv-statistik.de/de>.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2010): Sektorale Gesamtrechnung. In: <http://www.bmelv-statistik.de/de/sektorale-gesamtrechnung>.
- Cagatay, S.; Saunders, C.; Wreford, A. (2003): Lincoln Trade and Environment Model (LTEM): Linking trade and environment. Agri-business and Economics Research Unit Research Papers No. 263. Lincoln: Lincoln University.
- Chiang, A.C. (1984): Fundamental methods of mathematical economics. London: McGraw-Hill.
- DBV (Deutscher Bauernverband) (2011): Situationsbericht 2011/12: Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Berlin: DBV.
- Deutsches Maiskomitee (2010): Flächenerträge von Körnermais und Silomais in Deutschland. Bonn: DMK.
- DG Energy (2010): The impact of land use change on greenhouse gas emissions from biofuels and bioliquids: literature review. Brussels: European Commission.
- Duvick, D.N.; Cassman, K.G. (1999): Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in north-central United States. In: Crop Science 39:1622-1630.
- EnBW (Energie Baden-Württemberg) (2011): Die Preise für Emissionszertifikate. Karlsruhe: EnBW.
- Europäische Kommission (2011): Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Brüssel: Europäische Kommission.
- Eurostat (2011): Außenhandel: Außenhandelsdaten: Detaillierte Außenhandelsdaten. Luxemburg: Eurostat.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2009): How to feed the world in 2050. Rome: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2011): FAOSTAT. In: <http://faostat.fao.org/>.
- FAPRI (Food and Agricultural Policy Research Institute) (2011): FAPRI 2010 U.S. and World Agricultural Outlook Database. Ames, IA: FAPRI.

- FISA (Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung) (2011): Informationsportal des Bundes und der Länder: Institute zu "Pflanzenzüchtung". In: <http://www.fisaonline.de/index.php?act=subject&id=1&view=institutionen>.
- Foresight (2011): The future of food and farming. Final project report. London: The Government Office for Science.
- Francois, J.F.; Reinert, K.A. (1997): Applied methods for trade policy analysis. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hartl, L. (2009): Mehr Ertrag durch Zuchtfortschritt bei Getreide. Freising: Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern.
- Hayami, Y.; Ruttan, V.W. (1985): Agricultural Development: An International Perspective. 2nd edition, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Heisey, P.W.; King, J.L.; Rubenstein, K.D. (2011): Public research yields high returns: measured in more than dollars. In: Amber Waves (June 2011).
- Heisey, P.W.; King, J.L.; Rubenstein, K.D.; Bucks, D.A.; Welsh, R. (2010): Assessing the benefits of public research within an economic framework: the case of USDA's agricultural research service. ERR-95. Washington, DC. USDA-ERS.
- Huffman, W.E. (2009): Technology and innovation in world agriculture: prospects for 2010-2019. Department of Economics Working Paper Series, WP#09007. Ames, IA: Iowa State University of Science and Technology.
- Huffman, W.E.; Evenson, R.E. (1993): Science for agriculture: a long-term perspective. Ames, IA: Iowa State University Press.
- Jaggard, K.W.; Qi, A.; Ober, E.S. (2010): Possible changes to arable crop yields by 2050. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B 365: 2835-2851.
- Jechlitschka, K.; Kirschke, D.; Schwarz, G. (2007): Microeconomics using Excel. Milton Park: Routledge.
- Jones, C.I.; Williams, J.C. (1998): Measuring the social rate of return to R&D. In: The Quarterly Journal of Economics 113 (4): 1119-1135.
- Kazlauskienė, N.; Meyers, W. (1993): Modelling agricultural markets for policy and trade analysis in Lithuania. Baltic Report No. 93-BR13. Vilnius: Lithuanian Institute of Agrarian Economics.
- Kazlauskienė, N.; Meyers, W. (2003): Implications of EU accession for trade regimes and trade flows of CEECs. Paper presented at the International Conference

“Agricultural Policy Reform and the WTO: Where are we Heading?”. Capri, June 23-26, 2003.

Kirschke, D.; Häger, A.; Noleppa, S. (2011): Rediscovering productivity in European agriculture: theoretical background, trends, global perspectives, and policy options. Brussels: ECPA.

Knudson, M.K.; Pray, C.E. (1991): Plant variety protection, private funding, and public sector research priorities. In: *American Journal of Agricultural Economics* 73: 882-886.

Leaver, D. (2010): Support for agricultural R&D is essential to deliver sustainable increases in UK food production. London: All-Party Parliamentary Group on Science and Technology in Agriculture.

Ledebur, E.O. (2001): Der Agraraußenhandel der MERCOSUL Länder – Handelsliberalisierung, regionale und überregionale Integration. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.

Lege, A. (2010): Gibt es (k)einen Zuchtfortschritt? Leistungspotenziale neuer Weizensorten. In: *Getreide Magazin* 15: 252-253.

Lillemo, M.; Reitan, L.; Bjornstad, A. (2010): Increasing impact of plant breeding on barley yields in central Norway from 1946 to 2008. In: *Plant Breeding* 129: 484-490.

Mackay, I.; Philpott, H.; Horwell, A.; Garner, J.; White, J.; McKee, J. (2009): A contemporary analysis of the contribution of breeding to crop improvement. Final report. Cambridge: NIAB.

McDougall, P. (2010): The cost of new agrochemical product discovery, development and registration in 1995, 2000 and 2005-2008: R&D expenditure in 2007 and expectations for 2012. Final Report. London: Vineyard Business Centre.

Naseem, A.; Spielman, D.J.; Omano, S.W. (2010): Private sector investment in R&D: a review of policy options to promote its growth in developing-country agriculture. In: *Agribusiness* 26: 143-173.

Noleppa, S. (2011): Zuchtfortschritt und Nachbauregelung – Eine aktuelle Bestandsaufnahme. Präsentation auf dem Norddeutschen Marktforum 2011, Lübeck, 23. Februar 2011.

Noleppa, S. (2012): Klima geht auch durch den Magen: Fleischbetonte Ernährung – Nahrungsmittelverluste – Klimawirksamkeit. Berlin: WWF Deutschland (im Druck).

- Noleppa, S.; von Witzke, H. (2012): Tonnen für die Tonne: Ernährung – Nahrungsmittelverluste – Flächenverbrauch. Berlin: WWF-Deutschland.
- Nossal, K.; Gooday, P. (2009): Raising productivity growth in Australian agriculture. In: issues insight – across the issues – economic insights, November 2009. Canberra: ABARE.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (2011): OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020. Paris: OECD.
- Pardey, P. (2009): Determinants of agricultural innovation and productivity growth. Paper presented at the Inaugural Meeting of the Humboldt Forum for Food and Agriculture, Davos, Switzerland, February 1-3, 2009. Berlin: HFFA.
- Pardey, P.; Pingali, P.L. (2010): Reassessing international agricultural research for food and agriculture. Report prepared for GCARD. Montpellier, France, 28-31 March 2010. FAO: Rome.
- Pardey, P.G.; Alston, J.M.; Ruttan V.W. (2010): The economics of innovation and technical change in agriculture. In: Hall, B.H.; Rosenberg, N. (eds.): Handbook of innovation economics. Vol. 2: 939-984. New York, NY: Elsevier.
- Pardey, P.G.; Beintema, N.M.; Dehmer, S.; Wood, S. (2006): Agricultural research: a growing global devine? IFPRI Food Policy Report. Washington, DC: IFPRI.
- Perrin, R.K. (1994): Intellectual property rights in agricultural development. In: Anderson, J.R. (ed.): Agricultural technology: policy issues for the international community. Wallingford: CAB.
- Piesse, J.; Thirtle, C. (2010): Agricultural productivity in the United Kingdom. In: Alston, J.M.; Babcock, B.A.; Pardey, P.G (eds.): The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide. Ames, IA: The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, Iowa State University: 149-192.
- Reilly, J.M.; Fuglie, K.O. (1998): Future yield growth in field crops: what evidence exists? In: Soil Till. Res. 47: 275-290.
- Roningen, V. (1986): A static world policy simulation (SWOPSIM) modeling framework. ERS Staff Report AGES 860625. Washington, DC: USDA.
- Roningen, V.; Sullivan, F.; Dixit, P. (1991): Documentation of the Static World Policy Simulation (SWOPSIM) modeling framework. ERS Staff Report No. AGES 9151. Washington, DC: USDA.

- Royal Society (2009): Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture. London: The Royal Society.
- Ruttan, V.W. (1980): Bureaucratic productivity: The case of agricultural research. In: Public Choice 83: 529-547.
- Ruttan, V.W. (1982): Agricultural research policy. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Sadoulet, E.; de Janvry, A. (1995): Quantitative development policy analysis. Baltimore, MD: The John Hopkins University Press.
- Saunders, C.; Wreford, A. (2005): Agricultural trade liberalization and greenhouse gas emissions: modeling the linkages using a partial equilibrium trade model. In: Agricultural and Resource Economics Review 42: 32-41.
- Schwarz, G.; von Witzke, H.; Noleppa, S. (2011): Impacts of future energy price and biofuel production scenarios on international crop prices, production and trade. In: Schmitz, A.; Wilson, N. (eds.): Economics of alternative energy sources and globalization. Oak Park, IL: Bentham Science Publishers.
- Searchinger, T.; Heimlich, R. (2008): Estimating greenhouse gas emissions from soy-based US biodiesel when factoring in emissions from land use change. In: Outlaw, J.L.; Ernste, D.P. (eds.): The lifecycle carbon footprint of biofuels. Miami Beach, FL: Farm Foundation: 35-45.
- Searchinger, T.; Heimlich, R.; Houghton, A.; Dong, F.; Elobeid, A.; Fabiosa, J.; Tokgoz, S.; Hayes, D.; Yu, T.-H. (2008): Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. Princeton, NJ: Princeton University.
- Segrest, S. (2009): Carbon dioxide reduction and carbon sequestration by co-firing tree energy crops in Florida's coal-fired power plants. Temple Terrace, FL and Atlanta, GA: The Common Purpose Institute.
- Sheng, Y.; Gray, E.M.; Mullen, J.D. (2010): Public investment in R&D and extension and productivity in Australian broadacre agriculture. Conference paper prepared for the 16th World Productivity Congress and 2010 European Productivity Conference at Antalya, Turkey, November 2010. Canberra: ABARE.
- Silvey, V. (1994): Plant breeding in improving crop yield and quality in recent decades. In: Acta Hort. 35: 19-24.
- Statistisches Bundesamt (2012): Verbraucherpreisindex. Wiesbaden: Destatis.

- Stern, N. (2007): *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sylvester-Bradley, R. (2008): *Critique of Searchinger (2008) and related papers assessing indirect effects of biofuels on land-use change*. Cambridge: ADAS Boxworth.
- Tester, M.; Langridge, P. (2010): *Breeding technologies to increase crop production in a changing world*. In: *Science* (12 February 2010): 818-822.
- Toepfer International (verschiedene Jahrgänge): *Marktberichte*. Hamburg: ACTI.
- Tweeten, L.; Thompson, S.R. (2008): *Long-term agricultural output-supply-demand balance and real farm and food prices*. Working paper AEDE-WP 0044-08. Columbus, OH: Ohio State University.
- Tyner, W.E.; Taheripour, F.; Zhuang, Q.; Birur, D.; Baldos, U. (2010): *Land use changes and consequent CO₂ emissions due to US corn ethanol production: a comprehensive analysis*. West Lafayette, IN: Purdue University.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2010): *USDA agricultural projections for 2011-2020*. Washington, D.C.: USDA.
- USDA (verschiedene Jahrgänge): *National agricultural statistics service*. Washington, DC: USDA.
- Veeman, T.S. (2008): *Development, productivity and sustaining natural capital*. In: *Canadian Journal of Agricultural Economics* 56: 13-25.
- Veeman, T.S.; Gray, R. (2010): *Shifting patterns of agricultural production and productivity in Canada*. In: Alston, J.M.; Babcock, B.A.; Pardey, P.G. (eds.): *The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide*. Ames, IA: The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, Iowa State University: 123-148.
- Venner, R.J. (1997): *An economic analysis of the U. S. Plant Variety Protection Act: the case of wheat*. PhD Dissertation, Davis, CA: University of California.
- von Witzke, H.; Jechlitschka, K.; Kirschke, D.; Lotze-Campen, H.; Noleppa, S. (2004a): *Die gesamtwirtschaftliche Verzinsung der Pflanzenzüchtung in Deutschland*. Berlin: agripol.
- von Witzke, H.; Jechlitschka, K.; Kirschke, D.; Lotze-Campen, H.; Noleppa, S. (2004b): *Social rate of return to plant breeding research in Germany*. In: *Agrarwirtschaft* 53 (5): 206-210.

- von Witzke, H.; Noleppa, S. (2010): EU agricultural production and trade: can more efficiency prevent increasing 'land grabbing' outside of Europe. Piacenza: OPERA.
- von Witzke, H.; Noleppa, S. (2011): Der süße Sang der Sirenen: zur Bedeutung des Schutzes intellektueller Eigentumsrechte in der Pflanzenzüchtung: eine ökonomische Analyse. HFFA Working Paper 01/2011. Berlin: HFFA.
- von Witzke, H.; Noleppa, S.; Schwarz, G. (2008): Global agricultural market trends and their impacts on European Union agriculture. Working Paper 84/2008. Berlin: Humboldt University of Berlin.
- von Witzke, H.; Noleppa, S.; Schwarz, G. (2009): Global agricultural market trends revisited: the roles of energy prices and biofuel production. Working Paper 89/2009. Berlin: Humboldt University of Berlin.
- von Witzke, H.; Noleppa, S.; Zhirkova, I. (2011): Fleisch frisst Land: Ernährung – Fleischkonsum – Flächenverbrauch. Berlin: WWF Deutschland.
- Wang, M.; Haq, Z. (2008): Letter to Science. Washington, DC: U.S. Department of Energy.
- Webb, D. (2010): Economic impact of plant breeding in the UK: Manchester: DTZ.
- WIFO (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung) (2010): EU-Agrarsubventionen tragen wesentlich zum Agrareinkommen in den einzelnen Ländern bei. Wien: WIFO.

Anhang

Anhang 1:	Produktionsfunktion und Totale Faktorproduktivität	50
Anhang 2:	Marktmodellierung: Modellroutinen und Daten.....	52
Anhang 3:	Theoretische Fundierung der sozialen Wohlfahrt.....	57
Anhang 4:	Beachtung spezieller Effekte der Analyse sozialer Wohlfahrt.....	61
Anhang 5:	Verzinsungseffekte: Methode und Ergebnisse	62

Anhang 1: Produktionsfunktion und Totale Faktorproduktivität

Ausgangspunkt der Analyse ist eine Produktionsfunktion, die als ein Argument von mehreren den Stand der Technik ausweist. Dabei ist der Stand der Technik endogen und wird durch die Investitionen in die Forschung in den Vorperioden bestimmt. Die Gleichungen (1) und (2) beschreiben diesen Sachverhalt:

$$(1) \quad Q_t = f(X_t, Z_t, T_t, U_t)$$

mit:

Q = produzierte Menge,
X = Vektor von Produktionsfaktoren (Arbeit, Boden, Kapital, Vorleistungen),
Z = Vektor öffentlicher Güter,
T = Stand der Technik,
U = Zufallsveränderliche,
t = Zeitindex.

Dabei gilt:

$$(2) \quad T_t = g(R_t, \dots, R_{t-n})$$

mit:

R = Forschungsinvestitionen (über die Zeit).

Dieser Ansatz ist intuitiv sehr attraktiv, weil er die Technologie explizit als Argument in der Produktionsfunktion verwendet (Gleichung (1)), wobei sich das Technologieniveau durch Investitionen in die Forschung über die Zeit ergibt (Gleichung (2)). Damit wird Forschung direkt in das produktionstheoretische Rahmenwerk eingebaut.

Das dargestellte Gleichungssystem kann im Prinzip durch ökonometrische Schätzung indirekter Kostenfunktionen quantifiziert werden. Allerdings erweist sich dies in der Praxis oft als schwierig, da allzu häufig so genannte Multikollinearitäten auftreten (z.B. Alston et al., 1995). Aus diesem Grund basiert die hier durchgeführte Analyse auf einem alternativen Ansatz.

Dabei wird die Totale Faktorproduktivität (TFP) als Ausgangspunkt gewählt. Das Konzept der TFP wurde bereits in von Witzke et al. (2004a; 2004b) eingehend erläutert. Es soll deshalb an dieser Stelle nicht ausführlich, sondern nur noch einmal in seinen wesentlichen Grundzügen dargestellt werden.

Es gelten die Gleichungen (3) und (4):

$$(3) \quad TFP_t = Q_t / X_t$$

mit:

TFP = Totale Faktorproduktivität

sowie

$$(4) \quad tfp_t = q_t - x_t$$

mit:

$$tfp = dTFP / TFP,$$

$$q = dQ / Q,$$

$$x = dX / X.$$

Dabei ist tfp_t die Veränderung der TFP in der Zeit, die sich als Folge des technologischen Fortschritts insgesamt, also nicht etwa durch bloße Veränderung der Intensität des Faktoreinsatzes in der Landwirtschaft, ergibt (siehe Veeman, 2008).

Aus Gründen der Praktikabilität und Datenverfügbarkeit werden die TFP und ihre Veränderung in der numerischen Analyse hier auf die Flächeneinheit, d.h. auf einen ha bezogen. Es ergibt sich somit Gleichung (5), die von dem Inputfaktor Boden abstrahiert:

$$(5) \quad dTFP / TFP = dQ / Q - (dI / I) * S_I - (\Delta L / L) * S_L$$

mit:

I = Index der Vorleistungen,

L = Index des Arbeitseinsatzes,

S = Ausgabenanteile der spezifischen Produktionsfaktoren.

Zur Berechnung der Veränderung der TFP gemäß Gleichung (5) werden auf dieser Basis also zunächst Indizes zur Produktion und zum Faktoreinsatz je ha berechnet. Von der prozentualen Veränderung der Produktion werden dann die prozentualen Änderungsraten des Faktoreinsatzes, gewichtet jeweils mit dem spezifischen Ausgabenanteil, abgezogen.

Anhang 2: Marktmodellierung: Modellroutinen und Daten

Unter einem Mehr-Markt-Modell (MMM) verstehen wir in unserer Untersuchung ein „Mehr-Regionen-Mehr-Markt-Modell“. Dieser Modelltyp ist ein weit verbreiteter Standard in der ökonomischen Analyse landwirtschaftlicher Veränderungsprozesse. Solche Modelle sind besonders wertvoll, wenn es darum geht, alternative Produktions-, Nachfrage- und Politikszenarien zu betrachten (vgl. Sadoulet und de Janvry, 1995; Saunders und Wreford, 2005) und Veränderungen des Angebotes, der Nachfrage und von Handel zwischen Regionen zu analysieren (u.a. Francois und Reinert, 1997).

Das MMM wird hier so spezifiziert, dass Veränderungen nicht nur der Produktion bzw. der Märkte in Deutschland, sondern auch in anderen Weltregionen – inklusive Landnutzungsänderungen – analysiert werden können. D.h., Interaktionen zwischen Märkten und Regionen werden mit dem verwendeten Modellrahmen abgebildet und simultan in der Analyse berücksichtigt. Das hier entwickelte MMM bildet explizit neun Regionen ab. Für eine traditionelle Markt- und Wohlfahrtsanalyse würde es reichen, Deutschland, den Rest der EU sowie den Rest der Welt abzubilden. Die Marktreaktionen wären dann umfassend und realistisch abgebildet. Jedoch sollen – wie einleitend diskutiert – auch die Klimaeffekte durch Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen in anderen Weltregionen quantifiziert werden. Deshalb werden neben Deutschland und dem Rest der EU auch die USA, Rest-Nordamerika, Brasilien, Rest-Südamerika, Asien, Ozeanien und der Rest der Welt abgebildet. Brasilien und die USA werden wegen ihrer grundsätzlichen aktuell großen Bedeutung für die internationalen Agrarmärkte als einzelne Länder abgebildet.

Für jede Region werden 14 Märkte spezifiziert: Weizen, Körnermais, Gerste, Roggen, anderes Getreide, Raps, Soja, andere Ölsaaten, Zuckerrüben und Zuckerrohr, Kartoffeln, Körnerleguminosen, Reis und Baumwolle. Das sind mehr Märkte als Kulturarten in dieser Studie analysiert werden. Die Einbeziehung zusätzlicher Märkte wird jedoch als sinnvoll erachtet, um die Marktinteraktionen und so genannte Kreuzpreiseffekte (siehe formale Abhandlung der mathematisch-theoretischen Syntax eines MMM weiter unten) möglichst vollständig zu erfassen und damit zu realistischen Ergebnissen gelangen zu können.

Zusätzlich wird der Markt für Silomais betrachtet, allerdings außerhalb des eigentlichen MMM. Vielmehr wird hierfür ein einfaches Marktmodell verwendet, weil es sich um ein nicht international gehandeltes Gut handelt und zudem die konkrete Datenlage, insbesondere die unzureichend determinierten Preiselastizitäten (siehe unten), eine Inklusion in das MMM nicht sinnvoll erscheinen lässt.

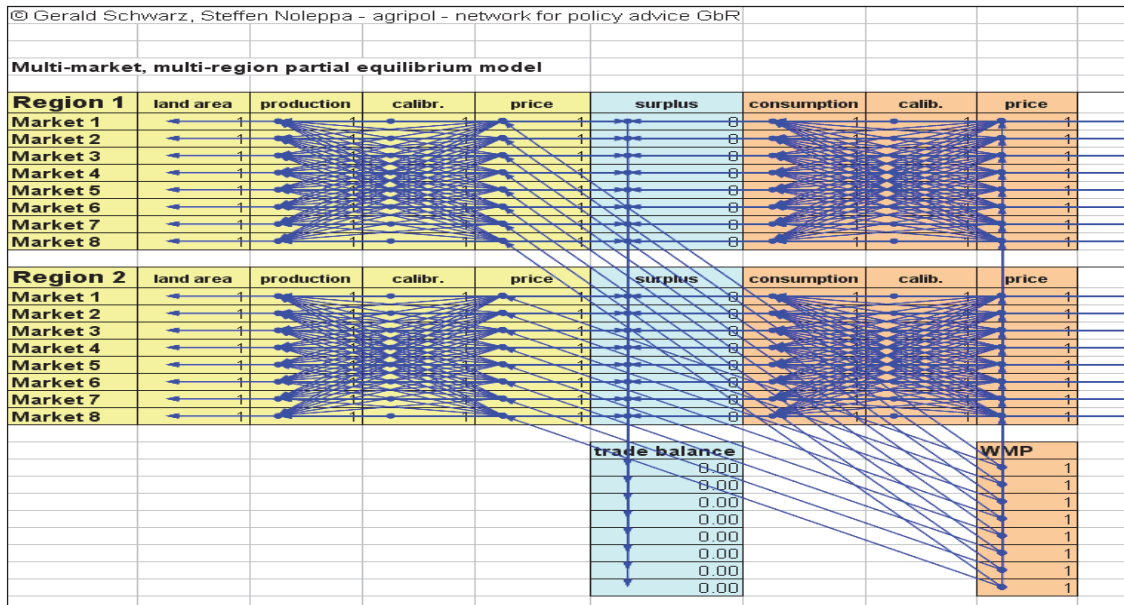
Das eigentliche Modell basiert auf den Prinzipien des so genannten „VORSIM modelling frameworks“ bzw. dessen Vorgänger, dem „Static World Policy Simulation Modelling Framework“ (vgl. Roningen, 1986; Roningen et al., 1991), welche durch Jechlitschka et al. (2007) weiter entwickelt wurden. Das Modell nutzt also isoelastische Cobb-Douglas-Funktionen zur Abbildung von Angebot und Nachfrage auf den Agrarmärkten (siehe Chiang, 1984). Angebots- und Nachfragefunktionen vom Typ Cobb-Douglas werden weit verbreitet genutzt in der partiellen Gleichgewichtsmodellierung von Agrarmärkten (z.B. Ledebur, 2001). Dabei wird jeder Markt mit den anderen Märkten über Kreuzpreiselastizitäten verbunden. Dies ermöglicht die Abbildung eines konsistenten Systems von Gleichungen und erfüllt die notwendigen Homogenitäts- und Symmetriebedingungen für die Modellierung (Chiang, 1984).

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

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

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

Abbildung A.1: Komplexität des entwickelten Modellansatzes



Quelle: Eigene Darstellung.

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

mit:

- l = Produkt l,
- m, ..., w = Kreuzprodukte (Komplementärgüter, Substitute) m bis w,
- g = Modellregion g,
- $q_{l,g}^d$ = Nachfragemenge für das Produkt l in der Region g,
- $a_{l,g}$ = Konstanter Parameter (Kalibrierungsfaktor) der Nachfrage,
- $p_{l,g}^d$ = Nachfragepreis für das Produkt l in der Region g,
- $\varepsilon_{l,g}^d$ = Eigenpreiselastizität der Nachfrage für das Produkt l in der Region g,
- $p_{lm,g}^d$ = Kreuzpreise (der Nachfrage) für die Produkte m=1, ..., w in der Region g,
- $\varepsilon_{lm,g}^d$ = Kreuzpreiselastizitäten für die Produkte m=1, ..., w in der Region g.

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

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

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

mit:

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

Auch hier wird wieder der Kalibrierungsfaktor $b_{i,g}$ so gewählt, d.h. berechnet, dass die Angebotsfunktion dem tatsächlichen Angebot auf einem bestimmten Markt zu einem Referenzzeitpunkt entspricht.

Änderungen externer Einflüsse, etwa von Ertragsschwankungen, und die Auswirkungen solcher Schocks auf das Angebot könnten dann durch direkte Adjustierungen des Kalibrierungsfaktors abgebildet werden. Jedoch hat es sich aus methodischer Sicht als sinnvoller herausgestellt, den Kalibrierungsfaktor von Schockparametern zu unterscheiden und so genannte Shiftfaktoren in das Modellierungskalkül zu integrieren (Jechlitschka et al., 2007).

Konkret soll in dieser Studie der Einfluss von pflanzenzüchterischen Maßnahmen auf die landwirtschaftliche Produktion und damit das Angebot an agrarischen Produkten durch „pivotale Drehung“, d.h. multiplikativ verknüpfte Shiftfaktoren, der Angebotsfunktion abgebildet werden. Dieser Ansatz hat sich in der partiellen Gleichgewichtsmodellierung seit langem bewährt (vgl. u.a. Kazlauskiene und Meyers, 1993; 2003; Cagatay et al., 2003). Die Implementierung von multiplikativ verknüpften Shiftfaktoren erlaubt im Besonderen, prozentuale Veränderungen infolge von Schocks, hier z.B. durch zusätzlichen Ertrag durch Pflanzenzüchtung, vergleichsweise einfach auszuweisen.

Dadurch erweitert sich z.B. die Angebotsfunktion, wie in Gleichung (3) beschrieben. Mit der Nachfragefunktion kann bei Bedarf ähnlich verfahren werden.

$$(3) \quad q_{i,g}^s(p_{i,g}^s) = b_{i,g} \cdot p_{i,g}^s \wedge \varepsilon_{i,g}^s \cdot \prod_{m=1}^w (p_{im,g}^s) \wedge \varepsilon_{im,g}^s \cdot e_{i,g}^s$$

mit:

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

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

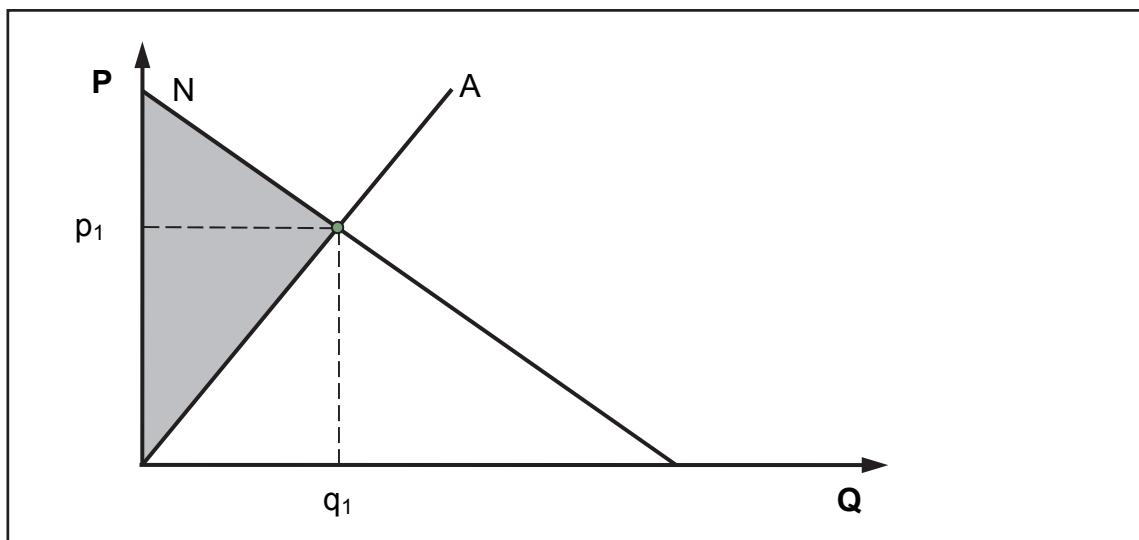
Konkret wurden die Produktionsstatistik der FAO (2011) und von FAPRI (2011) herangezogen, um die Angebotsseite der einbezogenen Märkte abzubilden; Konsumdaten zur Abbildung der Nachfrage wurden wiederum aus FAO (2011) gezogen und zum Teil vervollständigt durch Daten aus OECD (2011) sowie USDA (2010). Weltmarktpreise wurden schließlich OECD (2011) und FAO (2011) entnommen.

Darüber hinaus wurden die Elastizitäten bestimmt. Diese basieren zunächst auf Roningen et al. (1991), wurden jedoch zwecks Einhaltung von Homogenitäts- und Symmetriebedingungen (vgl. Chiang, 1984) adjustiert, wobei auch auf FAPRI (2011) zurückgegriffen wurde, um aktuelle Marktpräferenzen besser zu berücksichtigen.

Anhang 3: Theoretische Fundierung der sozialen Wohlfahrt

In dieser Studie wird der ökonomischen Theorie folgend der Nutzen der Pflanzenzüchtung für die Gesellschaft ermittelt, indem die Markt- und Preiseffekte in deren Wirkungen auf die Konsumenten und die Landwirte quantifiziert werden. Das Prinzip dieser Analyse ist für den einfachsten Fall einer Landwirtschaft ohne internationalen Handel zunächst in den beiden folgenden Abbildungen A.1 und A.2 dargestellt.

Abbildung A.1: Ökonomische Effekte eines Tausches auf einem Markt auf Landwirte, Konsumenten und Gesellschaft



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung A.1 zeigt ein typisches Marktdiagramm. Die Nachfragefunktion N der Konsumenten nach dem Gut Q weist eine negative Steigung auf; mit steigendem Preis P wird weniger nachgefragt. Die Angebotsfunktion A der Landwirte weist dagegen eine positive Steigung auf; mit steigendem Preis lohnt sich die Produktion mehr und die am Markt angebotene Menge steigt. Das Gleichgewicht auf diesem Markt ergibt sich dort, wo angebotene und nachgefragte Menge gleich sind. Dies ist ganz offensichtlich im Schnittpunkt von A und N der Fall, so dass sich auf dem Markt als Gleichgewichtspreis p_1 und als Gleichgewichtsmenge q_1 ergeben.

Die Nachfragefunktion der Konsumenten repräsentiert dabei gleichzeitig ihre Zahlungsbereitschaft für alternative Mengen des Gutes Q . Für geringe Mengen sind die Konsumenten viel zu zahlen bereit und für große Mengen wenig. Die gesamte Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für die Menge q_1 ist daher die Fläche unter der Nachfragefunktion zwischen dem Ursprung des Koordinatensystems und dieser

Menge q_1 . Tatsächlich bezahlen die Konsumenten aber nur den Preis p_1 für die gesamte Menge q_1 ; das entspricht der Fläche des Rechtecks, das durch die Seitenlängen p_1 und q_1 gebildet wird. Die Differenz zwischen der Zahlungsbereitschaft der Konsumenten und dem, was sie tatsächlich zahlen, ist daher das Dreieck zwischen der Nachfragefunktion N und der Preisgerade zum Preis p_1 , begrenzt durch die Preisachse. Es stellt den ökonomischen Nutzen dar, den die Konsumenten durch den Austausch auf dem Markt realisieren. Dieser Nutzen wird als Konsumentenrente bezeichnet.

Die Angebotsfunktion wird durch die Kosten der Produktion bestimmt. Dabei entspricht die Fläche unter der Angebotsfunktion den (variablen) Kosten der Produktion. Die Kosten der am Markt angebotenen Menge q_1 sind daher gegeben als Fläche unterhalb der Angebotsfunktion zwischen dem Ursprung des Koordinatensystems und der Menge q_1 . Tatsächlich Erlösen die Anbieter aber das, was die Konsumenten ausgeben, nämlich das Rechteck, das durch die Seitenlängen p_1 und q_1 gebildet wird. Das Dreieck zwischen dem Marktpreis und der Angebotskurve stellt daher den wirtschaftlichen Wert dar, den die Landwirte durch den Marktaustausch realisieren. Er wird als Produzentenrente bezeichnet.

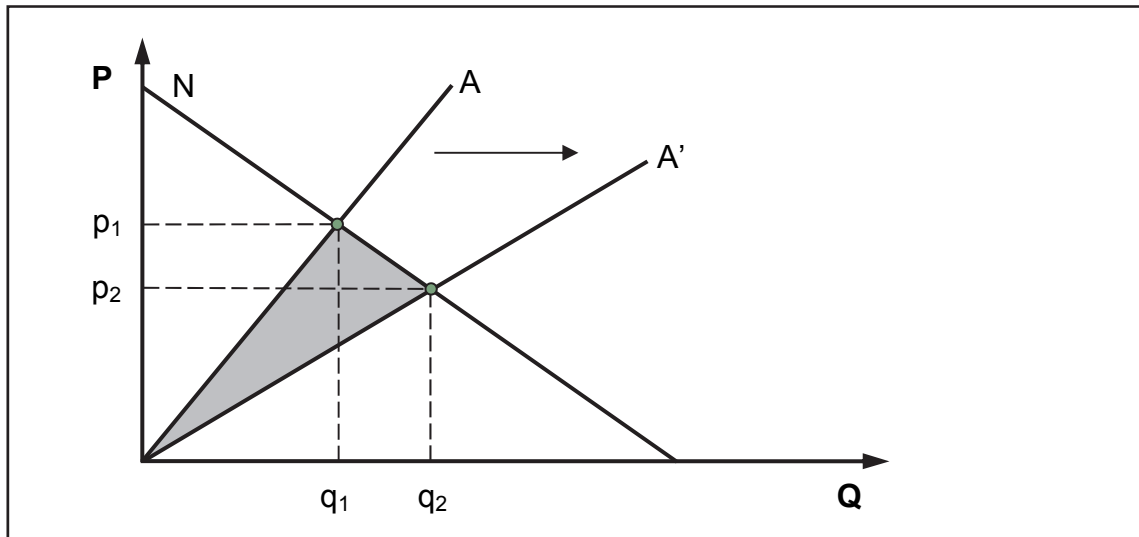
Der gesamte Nutzen für die Gesellschaft durch den Austausch zwischen Konsumenten und Landwirten ergibt sich schließlich als Summe aus Produzenten- und Konsumentenrente und wird als soziale Wohlfahrt bezeichnet. Dies ist das Dreieck, das von Nachfrage- und Angebotsfunktion, zwischen dem Ursprung des Koordinatensystems und q_1 gebildet wird; diese soziale Wohlfahrt ist in der Abbildung A.1 grau unterlegt dargestellt.

Der Gewinn an sozialer Wohlfahrt, der sich aus einer Steigerung der Produktivität, etwa durch pflanzenzüchterische Maßnahmen, ergibt, ist in der Abbildung A.2 wieder für den einfachsten Fall einer geschlossenen Volkswirtschaft ohne direkte staatliche Markteingriffe dargestellt. Die Steigerung der Produktivität führt zu einer Senkung der Grenzkosten der Produktion und damit zu einer Rechtsverschiebung der Angebotsfunktion von A nach A' . Bei jedem Preis wird nunmehr eine größere Menge angeboten. Als Folge steigt die gleichgewichtige Menge von q_1 nach q_2 , während der Preis von p_1 auf p_2 sinkt. Wie man sofort sieht, steigen die Konsumentenrente und die Produzentenrente, und die soziale Wohlfahrt erhöht sich um die in der Abbildung A.2 grau unterlegte Fläche.

Das ist das Grundkonzept der sozialen Wohlfahrtsanalyse. Im Rahmen einer Analyse auf der Grundlage eines MMM (siehe Anhang 2) ist die Herleitung jedoch ungleich komplexer. Der durch Pflanzenzüchtung generierte soziale Wohlfahrtseffekt wird auf der Basis aller mit dem MMM ermittelten Mengen- und Preiseffekte bestimmt. Das Prinzip ist in Abbildung A.3 dargestellt, und zwar für den Fall eines

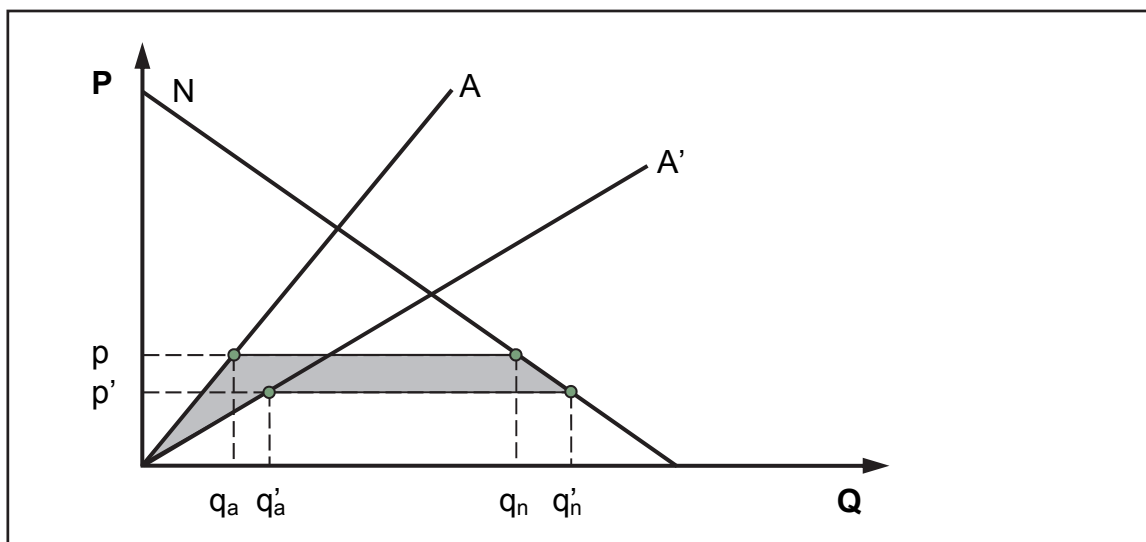
Importguts (ein ähnliches Schaubild kann auch für eine Exportsituation gezeichnet und analog in den resultierenden Wohlfahrtswirkungen diskutiert werden).

Abbildung A.2: Nutzengewinn für Landwirte, Konsumenten und die Gesellschaft durch Steigerung der Produktivität



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung A.3: Sozialer Wohlfahrtseffekt einer Produktivitätssteigerung in einer offenen Volkswirtschaft

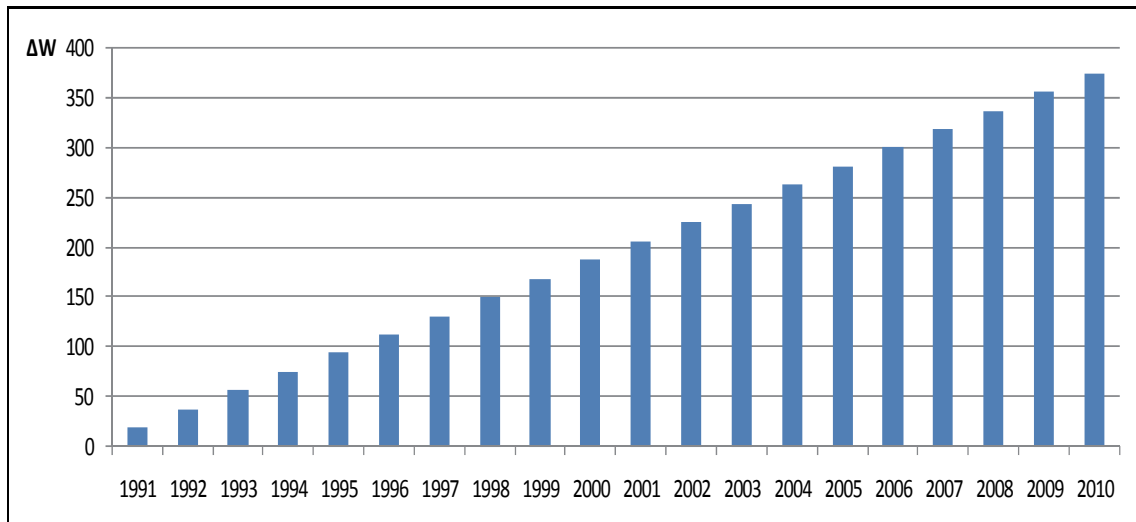


Quelle: Eigene Darstellung.

In der Abbildung A.3 beschreiben A und N wieder die inländische Angebots- und Nachfragefunktion. Der ursprüngliche Weltmarktpreis liegt bei p . Bei diesem Preis wird im Inland die Menge q_a angeboten und die Menge q_n nachgefragt. Die Differenz zwischen q_n und q_a ist die aus dem Rest der Welt importierte Menge. Durch Investitionen in die Pflanzenzüchtung kann zu jedem Preis mehr angeboten werden. Die Angebotsfunktion verschiebt sich daher nach rechts von A nach A'. Wegen des weltweit größeren Angebots sinkt gleichzeitig der Weltmarktpreis von p auf p' . Die angebotene Menge ist nun q'_a , und die nachgefragte Menge entspricht q'_n . Als Resultat ergibt sich die grau unterlegte Fläche als sozialer Wohlfahrtsgewinn des Inlands.

Anhang 4: Beachtung spezieller Effekte der Analyse sozialer Wohlfahrt

Abbildung A.1: Entwicklung der sozialen Wohlfahrtseffekte im Zeitablauf, dargestellt für den Weizenmarkt, 1991-2010 (in Mio. EUR)



Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

Exkurs zur Berücksichtigung von importiertem bzw. exportiertem Saatgut

Bei den in der Abbildung 4.1 weiter vorn dargestellten sozialen Wohlfahrtsge-
 winnen wurde der Außenhandel von Saatgut nach Eurostat (2011) bereits be-
 rücksichtigt. Beispielsweise exportiert Deutschland Saatgut bei Weizen und im-
 portiert größere Mengen an Maissaatgut, bei dem es sich allerdings z.T. um Re-
 Importe von Saatgut handelt, das auf Flächen außerhalb Deutschlands von
 deutschen Züchtern vermehrt wird.

Berücksichtigt wurde in der Analyse lediglich von deutschen Züchtern generier-
 tes Saatgut, auch wenn es im Ausland vermehrt wurde, wobei zur Determinie-
 rung auch auf Experteneinschätzungen zurückgegriffen wurde. Der importier-
 tem Saatgut durch Gewichtung zuzuschreibende Produktionszuwachs in
 Deutschland wird also nicht berücksichtigt, während analog aus exportiertem
 Saatgut generierter Produktionszuwachs (in anderen Ländern) der deutschen
 Pflanzenzüchtung zugemessen wird. Die in der Abbildung 4.1 ausgewiesenen so-
 zialen Wohlfahrtseffekte beziehen sich also genau genommen nicht allein auf
 Deutschland, vielmehr auf Forschungsleistungen deutscher Zuchtprogramme.

Anhang 5: Verzinsungseffekte: Methode und Ergebnisse

Da zur Züchtungsforschung ökonomische Ressourcen eingesetzt werden müssen, ergibt sich der Nettowohlfahrtsgewinn (NW) einer FuE-Investition (bzw. der Nettotonutzen), indem man in jedem Jahr (t) vom Wohlfahrtsgewinn (W) den Wert der für die Züchtungsforschung eingesetzten Ressourcen (IPZ) abzieht. Es gilt daher Gleichung (1):

$$(1) \quad NW_t = W_t - IPZ_t.$$

Die Quantifizierung des Nettotonzens erlaubt sodann die Berechnung der Verzinsung der Investitionen in die Pflanzenzüchtungsforschung innerhalb eines Zeitraums von $t = 1, \dots, n$ nach der in Gleichung (2) ausgewiesenen und bereits aus von Witzke et al. (2004a; 2004b) genutzten Formel:

$$(2) \quad \sum_{t=0}^n \frac{1}{(1+I)^t} (\Delta NW_t) = 0$$

mit:

I = Interner Zinsfuß.

Von dem so über die Zeit ermittelten Wohlfahrtsgewinn werden die für Züchtungsforschung eingesetzten Ressourcen abgezogen. Der Nettowohlfahrtsgewinn eines jeden Jahres wird dann diskontiert, und zwar mit 6 %. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass Erwartungen für langfristige Anlagen am Kapitalmarkt – eine Alternative zu Investitionen in die Pflanzenzüchtung – mindestens diese Verzinsung erzielen sollten.

Will man zusätzlich zu den eigentlichen Markteffekten auch die ermittelten Klimaeffekte in die Analyse der Verzinsung integrieren, ist eine Erweiterung des methodischen Instrumentariums notwendig. In Erweiterung der Gleichungen (1) und (2) ergibt sich dann das Gleichungssystem (3) und (4), wobei W^* den monetär bewerteten Klimaeffekt beschreibt:

$$(3) \quad NW_t^* = W_t + W_t^* - IPZ_t$$

und

$$(4) \quad \sum_{t=0}^n \frac{1}{(1+I)^t} (\Delta NW_t^*) = 0$$



HFFA Working Paper 02/2013

Imprint

Die gesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in
Deutschland

Einfluss auf soziale Wohlfahrt, Ernährungssicherung,
Klima- und Ressourcenschutz

Steffen Noleppa, Harald von Witzke

Berlin, April 2013

Humboldt Forum for Food and Agriculture (HFFA) e.V.
c/o Prof. Dr. Dr. h.c. Harald von Witzke
Baseler Str. 44
12205 Berlin, Germany

E-Mail: office@hffa.info

Web: www.hffa.info