



Hamburgisches  
WeltWirtschafts  
Institut

# Klimawandel und Perspektiven der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg

Sebastian Döll, Sven Schulze

**HWWI Research**

Paper 1-34  
des

HWWI-Kompetenzbereiches  
Hamburg und regionale Entwicklungen

Sebastian Döll  
Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)  
Heimhuder Str. 71 | 20148 Hamburg  
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 677 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776  
doell@hwwi.org

Sven Schulze  
Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)  
Heimhuder Str. 71 | 20148 Hamburg  
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 355 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776  
schulze@hwwi.org

HWWI Research Paper  
Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)  
Heimhuder Str. 71 | 20148 Hamburg  
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776  
info@hwwi.org | www.hwwi.org  
ISSN 1861-504X

Redaktion:  
Thomas Straubhaar (Vorsitz)  
Silvia Stiller

© Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI) | Juli 2010  
Alle Rechte vorbehalten. Jede Verwertung des Werkes oder seiner Teile  
ist ohne Zustimmung des HWWI nicht gestattet. Das gilt insbesondere  
für Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbei-  
tung in elektronischen Systemen.



Hamburgisches  
WeltWirtschafts  
Institut

# Klimawandel und Perspektiven der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg

Dipl.-Vw. Sebastian Döll

Dr. Sven Schulze

unter der Mitarbeit von Stephan Schuster

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



KLIMZUG-NORD

## Gliederung

1	Einleitung.....	2
2	Klimawandel.....	3
2.1	Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft.....	3
2.1.1	Erhöhung der CO <sub>2</sub> -Konzentration.....	3
2.1.2	Temperaturerhöhung.....	5
2.1.3	Veränderte Niederschläge und Grundwasserdargebot.....	7
2.1.4	Vegetationsperiode.....	7
2.1.5	Befall mit Schädlingen, Krankheiten und Unkräutern.....	8
2.2	Mögliche Folgen des Klimawandels in der Metropolregion Hamburg.....	8
2.2.1	Folgen für Pflanzen.....	9
2.2.2	Folgen für Nutztiere.....	16
2.2.3	Folgen für die Forstwirtschaft.....	16
3	Sozioökonomische, technologische und politische Trends.....	18
3.1	Faktoren auf der Nachfrageseite.....	19
3.1.1	Weltweite Bevölkerungsentwicklung.....	19
3.1.2	Wirtschaftswachstum und Einkommensentwicklung.....	20
3.1.3	Bioenergie.....	21
3.2	Faktoren auf der Angebotsseite.....	24
3.2.1	Boden, Wasser und Klimawandel.....	25
3.2.2	Technischer Fortschritt.....	26
3.3	Rahmenbedingungen.....	29
3.3.1	Agrar- und Handelspolitik.....	29
3.3.2	Klimapolitik.....	29
4	Schlussfolgerungen.....	31
	Literatur.....	33
	Anhang.....	36

## 1 Einleitung

Die Folgen des Klimawandels werden nicht erst in entfernter Zukunft stattfinden, sondern sind bereits in der Umwelt spürbar. Beispiele hierfür sind ein Ansteigen des Meeresspiegels, schmelzende Gletscher, häufigere Starkregen und Stürme sowie zunehmende Hitzewellen (IPCC 2007). Auch in Deutschland sind Auswirkungen bereits beobachtbar. In den letzten Jahren traten häufiger heiße und trockene Sommer auf, starke Niederschläge sorgten für Überschwemmungen und Hochwasser, und Stürme verursachten Personen- und Sachschäden (UBA und MPI 2006, UBA 2007). Aus diesem Grund ist es einerseits notwendig, durch die Vermeidung von Treibhausgasen den zukünftigen Klimawandel abzubremsen. Auf der anderen Seite ist eine Anpassung an die bereits veränderten und die wahrscheinlich in den nächsten Dekaden auftretenden Bedingungen notwendig (Schaller und Weigel 2007).

Die Landwirtschaft ist in mehrfacher Weise mit dem Klimawandel verbunden. Zum einen ist die Landwirtschaft durch die direkte Abhängigkeit vom Klima, insbesondere in der pflanzlichen Produktion, einer der am meisten betroffenen Sektoren. Die klimatischen Bedingungen haben Einfluss auf das Ertrags- und Qualitätspotential einzelner Arten. Sie bestimmen über Aussaat- und Erntezeit und die Variabilität der pflanzlichen Erträge. Zum anderen ist Landwirtschaft durch die bei der Produktion emittierten Treibhausgase, vor allem in der Viehwirtschaft, selbst Verursacher. Damit kommt der Landwirtschaft neuerdings zunehmend die Rolle des Vermeidenden zu. Durch eine veränderte Bewirtschaftung, zum Beispiel Extensivierungsmaßnahmen oder die Förderung des ökologischen Anbaus, können Emissionen vermieden werden. Zusätzlich wird mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe eine Alternative zu fossilen Energieträgern angeboten (Schaller und Weigel 2007).

Die veränderten Klimabedingungen können der Landwirtschaft Chancen bieten, bergen aber auch Risiken. Dabei ist es zum einen stark regional bedingt, ob positive oder negative Auswirkungen überwiegen. Zum anderen hängt es von den Anpassungskapazitäten der Landwirte an die neuen Bedingungen ab.

Zusätzlich sind für die Perspektiven der Landwirtschaft sozioökonomische und politische Einflussfaktoren entscheidend. Deshalb werden Trends hinsichtlich des globalen Bevölkerungswachstums, der weltweiten und regionalen Entwicklung sowie des technischen Fortschritts aufgezeigt, die die Nachfrage- und Angebotsseite der landwirtschaftlichen Märkte beeinflussen. Es folgt eine Vorstellung der politischen Rahmenbedingungen im Agrar-, Handels und Klimabereich, mit denen die Landwirtschaft konfrontiert ist. Abschließend werden einige Schlussfolgerungen zu den Perspektiven der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg gezogen.

## 2 Klimawandel

Die Landwirtschaft muss sich mit dem bereits eingetretenen Klimawandel auseinandersetzen, aber auch für zukünftige Änderungen gerüstet sein. Je nach betrachtetem Szenario liegt der Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur bis zur Dekade 2090-2099 (verglichen mit dem Zeitraum 1980-1999) im günstigsten Fall bei 1,8 °C, im ungünstigsten Fall bei 4,0 °C. Dabei wird die Temperatur in höheren Breiten stärker zunehmen als in Äquatornähe. Es wird zudem ein Meeresspiegelanstieg um mindestens 18-38 cm bis zum Ende des 21. Jahrhunderts prognostiziert. Im ungünstigsten Szenario soll der Anstieg bei 26-59 cm liegen (IPCC 2007).

Bezüglich der Niederschläge gibt es zwei Trends. Zum einen wird die Niederschlagsmenge in höheren Breitengraden sehr wahrscheinlich zunehmen, während sie in subtropischen Gebieten zurückgehen wird. Zum anderen wird sich die Intensität der Niederschläge verändern. Sowohl in Regionen mit zu- als auch mit abnehmender Niederschlagsmenge wird die Anzahl von Starkniederschlagsereignissen zunehmen (IPCC 2007).

Die Effekte wirken sich saisonal und in ihrer Stärke sehr unterschiedlich aus. Für Deutschland wird je nach Szenario mit einem Temperaturanstieg von 2,5 bis 3,5 °C im Vergleich zu den letzten 50 Jahren gerechnet. Insbesondere im Süden und Südosten werden deutlich wärmere Winter (+4 °C) erwartet. Während die Sommerniederschläge vor allem in Süd- und Südwestdeutschland sowie in Nord-Ostdeutschland stark zurückgehen werden, steigt die Niederschlagswahrscheinlichkeit im Winter (UBA und MPI 2006).

### 2.1 Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft

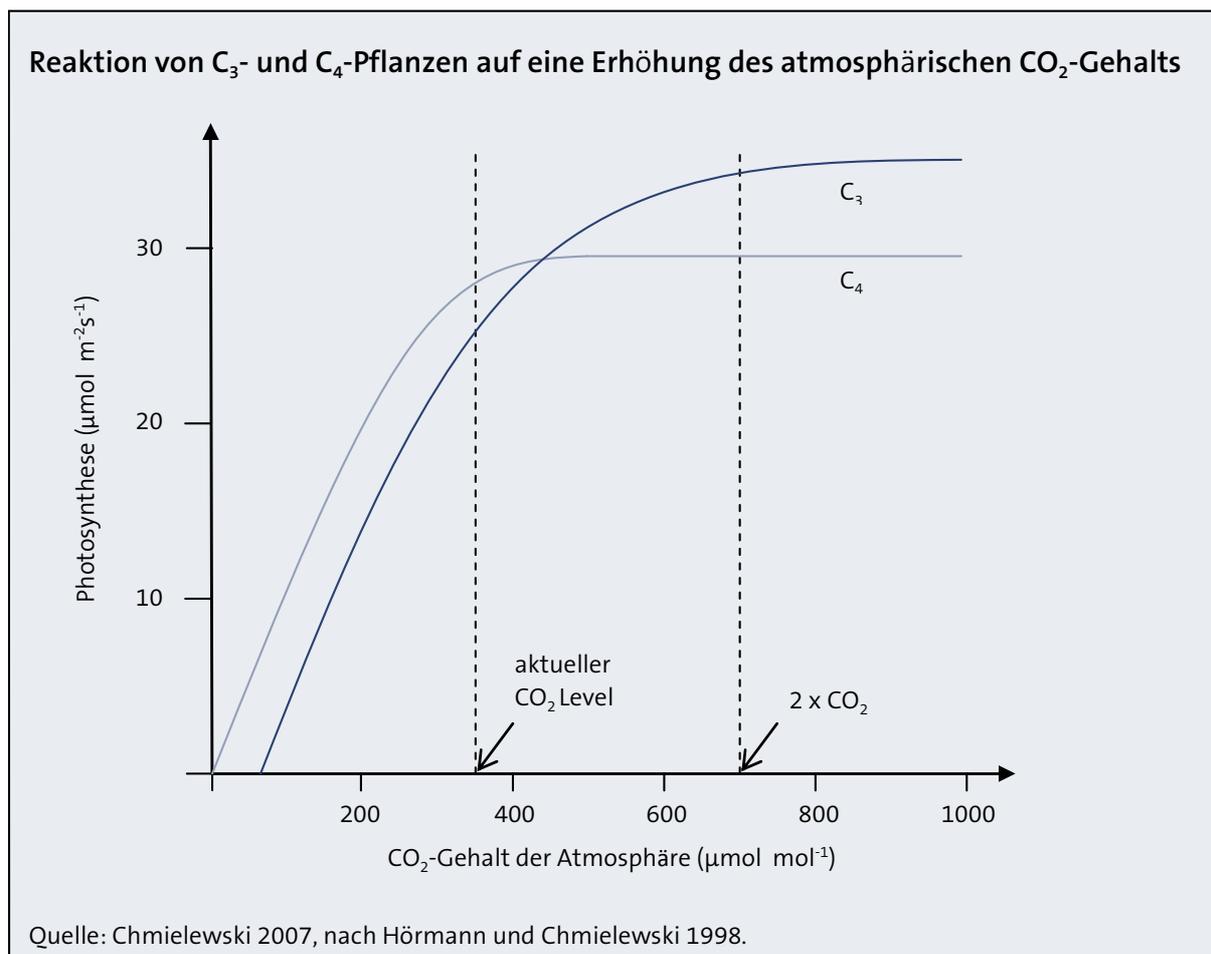
Diese Klimaänderungen werden die Landwirtschaft in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Die zunehmende Konzentration von CO<sub>2</sub> wie auch die Temperaturerhöhung beeinflusst das Wachstum der Pflanzen direkt. Ebenso werden veränderte Niederschläge und Wasserverfügbarkeit auf den Ertrag von Pflanzen einwirken. Daneben beeinflussen die Klimaänderungen die Population von Schädlingen, bringen Krankheiten in neue Breitengrade und beeinflussen die Verbreitung von Unkräutern (Chmielewski 2009). Diese Punkte werden im Folgenden detailliert beschrieben.

#### 2.1.1 Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration

Kohlendioxid ist ein wichtiger Faktor, der für die Photosynthese der Pflanzen benötigt wird. Die Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre kann positive Auswirkungen auf das Wachstum von Pflanzen haben (siehe Abbildung 1). Auf C<sub>3</sub>-Pflanzen, zu denen die meisten in Deutschland angebauten Fruchtarten wie Hackfrüchte, Gräser und viele Getreidearten gehören, wirkt die aktuelle CO<sub>2</sub>-Konzentration limitierend. Das bedeutet, dass das Pflanzenwachstum von dem Angebot des am geringsten verfügbaren Einflussfaktors abhängt, in diesem Falle

von der  $\text{CO}_2$ -Konzentration. Eine Kohlendioxidzunahme führt daher unter optimaler Licht-, Nährstoff- und Wasserversorgung zu einer verstärkten Photosyntheseleistung und somit zu einer Ertragssteigerung, dem sogenannten  $\text{CO}_2$ -Düngeeffekt. Für  $\text{C}_4$ -Pflanzen, wie Mais und Zuckerrohr, ist das  $\text{CO}_2$ -Optimum bereits erreicht. Für diesen Pflanzentyp, der sich bereits besser an geringere  $\text{CO}_2$ -Gehalte in der Atmosphäre angepasst hat, ist bei einer Zunahme der Konzentration nur in wesentlich geringerem Maße von Wachstumssteigerungen auszugehen (Chmielewski 2009).

Abbildung 1



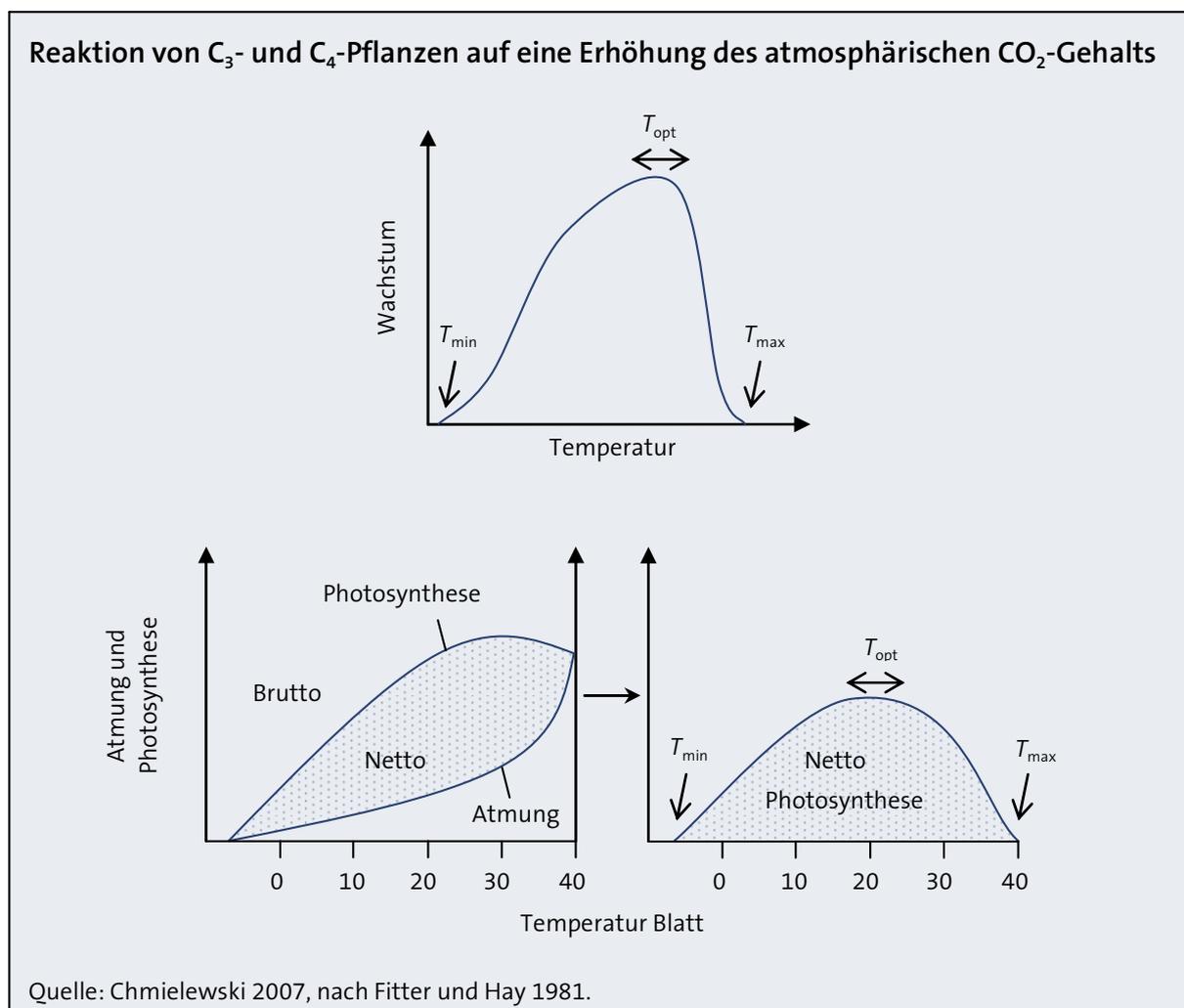
Ein weiterer wichtiger Effekt der Kohlendioxidzunahme ist, dass die Wasserleitfähigkeit der Pflanzen abnimmt. Folglich wird die Transpiration an der Pflanzenoberfläche reduziert. Gleichzeitig kommt es zu einer verstärkten Photosyntheseintensität durch höhere Temperaturen. Dies kann zu einem verminderten Wasserverbrauch und zu einer geringeren Sensibilität gegen Trockenstress führen, welche insbesondere im Zusammenhang mit reduzierten Niederschlägen von Bedeutung sein kann (Lotze-Campen et al. 2009).

Die Inhaltsstoffe von Pflanzen können sich durch eine erhöhte  $\text{CO}_2$ -Konzentration verändern und zu Qualitätsminderungen führen. So kann sich der Kohlenhydratgehalt in Blättern und Früchten erhöhen und der Proteingehalt verringern (Chmielewski 2009).

## 2.1.2 Temperaturerhöhung

Die Temperatur hat Auswirkungen auf das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen und beeinflusst wichtige Stoffwechsellvorgänge. Im Allgemeinen führt eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur bei sonst gleichen Bedingungen zu einer Steigerung der Photosyntheserate und anderen Stoffwechsellvorgängen in der Pflanze. Dieses hat bis zu einem pflanzenspezifischen Temperaturoptimum positive Auswirkungen auf das Entwicklungsverhalten und somit auf das Ertragspotential von Nutzpflanzen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Abbildung 2



Die Photosyntheseraten sind bei Erreichen des Optimums von Temperatur und anderen Faktoren, wie Licht, Wasser und Nährstoffverfügbarkeit, am größten. Bei einer Überschreitung des Optimums nehmen die Wachstumsraten hingegen ab; bei sehr heißen Temperaturen und somit stärkerer Abweichung vom Optimum kann es sogar zu Schäden des Enzymsystems und einer Einstellung der Photosynthese kommen, sodass möglicherweise der Zelltod eintritt. Die-

ses führt dann zu einem Rückgang der pflanzlichen Erträge oder zu einer dauerhaften Schädigung von Nutzpflanzen.

Die optimale Temperatur für die Photosynthese liegt für die meisten Pflanzen der mittleren Breiten zwischen 18 und 25 °C, ist jedoch von Pflanze zu Pflanze unterschiedlich. So liegt das Optimum für Winterweizen zwischen 17 und 23 °C und für Kartoffeln zwischen 15 und 20 °C. Mais verfügt dahingegen über ein höheres Temperaturoptimum, welches zwischen 25 und 30 °C liegt. Die Auswirkungen einer Erhöhung der Temperatur sind demnach davon abhängig, ob sich die Pflanze unter oder über dem Temperaturoptimum befindet. In Norddeutschland könnte es im Maisanbau bei einer Erhöhung der Temperatur zu höheren Erträgen kommen. Winterweizen hingegen benötigt für die Entwicklung bestimmte Minimaltemperaturen im Winter, sodass eine Temperaturzunahme das Ertragsniveau von Winterweizen möglicherweise verringert (Chmielewski 2009).

Die Qualität bestimmter pflanzlicher Erzeugnisse kann durch geringere Differenzen zwischen Tag- und Nachttemperatur beeinflusst werden. Da die Temperatur Einfluss auf den Stoffwechsel und die Verteilung von Photosyntheseprodukten innerhalb der Pflanze hat, kann eine höhere Nachttemperatur zu einer reduzierten Versorgung von Pflanzenteilen mit Kohlenhydraten führen. Mögliche Auswirkungen können hier beispielsweise eine Beeinträchtigung der Fruchtbildung, eine Verminderung des Ölgehaltes von Rapspflanzen oder eine frühzeitige Blütenbildung bei Kohl sein (Zebisch et al. 2005). Höhere Temperaturen können weiterhin dazu führen, dass der Anbau anderer Nutzpflanzen in bestimmten Gebieten möglich wird und sich Vegetationszonen verschieben könnten (Lotze-Campen et al. 2009).

Erhöhte Temperaturen und Extremtemperaturen machen nicht nur der Pflanzenwelt zu schaffen. Auch die Tierhaltung ist davon betroffen. Besonders hitzeanfällig ist Geflügel, wobei diese ebenso wie Schweine vornehmlich in Ställen gehalten werden und entsprechende Kühlsysteme die Temperatur regulieren. Auf Grünflächen aufwachsende Rinder sind daher am stärksten von den Klimaänderungen betroffen. Sie besitzen einen relativ niedrigen Temperatur-Optimumsbereich. Bei Hochleistungsrindern beginnt beispielsweise ab 21 °C Lufttemperatur ein Anstieg der Körpertemperatur (Schaller und Weigel 2007). Für Milchkühe gelten als kritische Temperatur je nach Rasse und Umweltfaktoren bereits 20-25 °C (Sharma et al. 1988).

Zur Thermoregulation suchen Rinder bei Weidehaltung an heißen Tagen Schattenplätze auf und reduzieren bei steigenden Temperaturen die Futteraufnahme. Gleiches trifft auf Schafe zu, die bereits in den frühen Morgenstunden die Nahrungsaufnahme unterbrechen und erst in den kühleren Abendstunden wieder aufnehmen. Dadurch wird die Wärmeproduktion zum einen durch weniger Bewegung sowie zum anderen durch verringerte Futteraufnahme gesenkt. Rinder und Schafe sind kälte-, aber weniger hitzetolerant. Schafe vertragen im Vergleich zu Rindern hohe Lufttemperaturen wesentlich besser (Fischer 2001, Fischer et al. 2005).

Die Folgen der Wärmebelastung sind bei Masttieren eine geringere Lebendmassezunahme und bei Milchkühen eine verminderte Milchleistung sowie -qualität (Rath et al. 1994, Savoini und Moretti 2006).

Auch Schweine reduzieren bei Hitze ihre Futteraufnahme, worunter die Lebendmassezunahme leidet. Ältere Tiere mit wärmeisolierender Fettschicht können kurzfristige Temperaturspitzen von 40 °C überstehen, wohingegen andauernde Temperaturen über 35 °C zum Tod durch Überhitzung führen. Bei allen Nutztieren sinkt die reproduktive Leistungsfähigkeit mit steigender Hitzebelastung (Rath et al. 1994). Das Immunsystem der Tiere wird durch Hitzestress belastet. Die Anfälligkeit für Krankheiten steigt, da sich Krankheitserreger unter warmen und feuchten Klimabedingungen besser vermehren (Greifenhagen und Noland 2003).

### **2.1.3 Veränderte Niederschläge und Grundwasserdargebot**

Die Verfügbarkeit von Wasser kann in Zukunft der limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum darstellen. Abnehmende Niederschläge in den Sommermonaten und höhere Lufttemperaturen und damit eine intensivere Verdunstung lassen künftig sinkende Bodenwasservorräte erwarten. Zwischen Wasser und Biomassebildung existiert ein direkter Zusammenhang. Wassermangel führt zu einer linearen Reduktion der Stoffproduktion und somit zu Ertragsminderungen. Längere Trockenheit zerstört die Pflanze. Wie stark die einzelnen Nutzpflanzenarten betroffen sind, hängt vom unterschiedlichen Wasserverbrauch ab. Wintergetreidesorten entwickeln sich zum Teil in den kühleren Jahreszeiten Herbst und Frühjahr und weisen daher einen geringeren Verbrauch als Sommergetreidesorten auf. Den höchsten Wasserverbrauch haben wegen ihrer längeren Vegetationszeit langlebige Pflanzen und Grünland, gefolgt von Blattfrüchten wie Kartoffeln. Ausgetrocknete Böden erhöhen ebenso die Gefahr von Bodenerosion durch Wind sowie durch starke Niederschläge.

Zunehmende Niederschläge im Winter haben sowohl positive als auch negative Effekte. Zum einen erhöhen sie die Bodenwasservorräte, zum anderen können Nährstoffe von abgeernteten Flächen ausgewaschen werden. Zudem können starke Niederschläge zu Staunässe und Überflutung und damit zu einer Entwicklungsbeeinträchtigung der Pflanzen führen (Chmielewski 2009).

### **2.1.4 Vegetationsperiode**

Eine Erhöhung der Temperatur führt zu einem früheren Einsetzen der Wachstums- und Entwicklungsphasen und einer Verlängerung der Vegetationsperiode. In Deutschland beträgt die mittlere Länge der Vegetationsperiode 235 Tage; während dieser Zeit übersteigt die tägliche Durchschnittstemperatur 5 °C. Es sind jedoch regional Unterschiede vorhanden. Allein in Norddeutschland variiert die Vegetationsperiode zwischen 220 und 260 Tagen. Bereits zwischen 1961 und 2005 hat die Erhöhung der Temperatur ein zeitigeres Eintreten des Vegetationsbe-

gins und ein späteres Auftreten des Vegetationsendes bewirkt. Es hat sich eine Verlängerung der Vegetationsperiode um 25 Tage eingestellt. Dies wird sich aufgrund der erwarteten Temperaturzunahme in den nächsten Jahren weiter fortsetzen. Längere Vegetationsperioden können erhöhte Erträge verursachen, wenn der Temperaturanstieg durch eine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung begleitet wird. Entwicklungsphasen verändern sich und der Blühbeginn bestimmter Obstsorten kann zeitiger einsetzen. Das frühzeitigere Einsetzen der Vegetationsperiode hatte in der Vergangenheit zur Folge, dass in den letzten 35 Jahren die Blattentfaltung von Gehölzen sieben Tage und der Blühbeginn von Apfelbäumen zwölf Tage früher stattfanden (Chmielewski 2007). Während bei den Obstsorten aufgrund der längeren Vegetationsperiode positive Effekte nachzuweisen waren, können die Erträge bestimmter Getreidearten reduziert werden, bei denen eine Erhöhung der Temperatur die Kornfüllungsphase verringert (Weigel 2004). Eine Verkürzung der Entwicklung stellt außerdem ein Risiko bezüglich auftretender Schäden durch Spätfröste dar.

### **2.1.5 Befall mit Schädlingen, Krankheiten und Unkräutern**

Das Auftreten von Schädlingen wird maßgeblich durch das potenzielle Verbreitungsgebiet und das Vorkommen der Wirtspflanze beeinflusst. Die zu erwartende Temperaturerhöhung wirkt stark positiv auf das Wachstum und die Vermehrung der Schädlinge. Mildere Winter erhöhen die Überwinterungswahrscheinlichkeit frostempfindlicher Insekten (Lotze-Campen et al. 2009).

Außerdem wird sich die Ausbreitung von Erregern wie Bakterien, Viren oder Pilzen durch sich ändernde Klimabedingungen verändern. Der Zustand des Pflanzenbestandes und der Witterungsverlauf bestimmen die Stärke des Krankheitsbefalls. Wärmeres und feuchteres Klima im Winter begünstigen Pilzinfektionen, wohingegen heiße und trockene Sommer das Infektionsrisiko reduzieren (Chmielewski 2009).

Auf Unkräuter wirkt der CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt analog zu den Nutzpflanzen. C<sub>4</sub>-Unkräuter können in C<sub>3</sub>-Nutzpflanzenbeständen einen Konkurrenznachteil erleiden. C<sub>3</sub>-Unkräuter in C<sub>4</sub>-Pflanzenbeständen können hingegen zunehmen (Lotze-Campen et al. 2009).

## **2.2 Mögliche Folgen des Klimawandels in der Metropolregion Hamburg**

Nachdem allgemein die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft beschrieben wurden, soll nun direkt auf die Folgen in der Metropolregion Hamburg eingegangen werden. Zunächst werden das heutige Klima und die wichtigsten Klimaveränderungen dargestellt, welche für die Metropolregion Hamburg zu erwarten sind.

Das Klima der Metropolregion ist maßgeblich durch die Nähe von Nord- und Ostsee geprägt. Aus diesem Grund dominieren maritime Wettereinflüsse. In Richtung Südosten steigt der Einfluss kontinentalen Klimas mit zunehmender Entfernung von der Küste.

Auf die Temperatur wirken die Nord- und Ostsee dämpfend. Im Sommer steigen die Temperaturen nicht so stark, im Winter bleibt es milder. Im Landesinneren sind die Jahreszeiten stärker ausgeprägt als an der Küste. Somit sind im Südosten der Metropolregion die Sommer heißer und die Winter kälter.

Das Niederschlagsaufkommen ist im Mittel an der Nordseeküste am höchsten und nimmt Richtung Osten mit steigender Küstenentfernung ab. Zusätzlich ist die Niederschlagsmenge im nördlichen Metropolraum im Mittel etwas größer als im südlichen Bereich.

Die Temperatur soll sich bis 2050 im Mittel um 1,1° C und bis 2100 um 2,9° C erhöhen (Schwankung zwischen 2,0° C und 4,7° C). Die Niederschläge werden bis 2050 im Mittel um 6 % und bis 2100 um 7 % (Schwankung 0 % - 12 %) zunehmen. Dabei schwanken die Niederschlagsänderungen jahreszeitlich sehr stark. Im Winter wird mit einer Zunahme von 14 % bis 2050 (33 % bis 2100) gerechnet. Im Sommer verringern sich die Niederschläge bis 2050 um 7 % (-18 % bis 2100, Schwankung -7 % bis -41 %) (Norddeutsches Klimabüro GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH Institut für Küstenforschung 2010).

### **2.2.1 Folgen für Pflanzen**

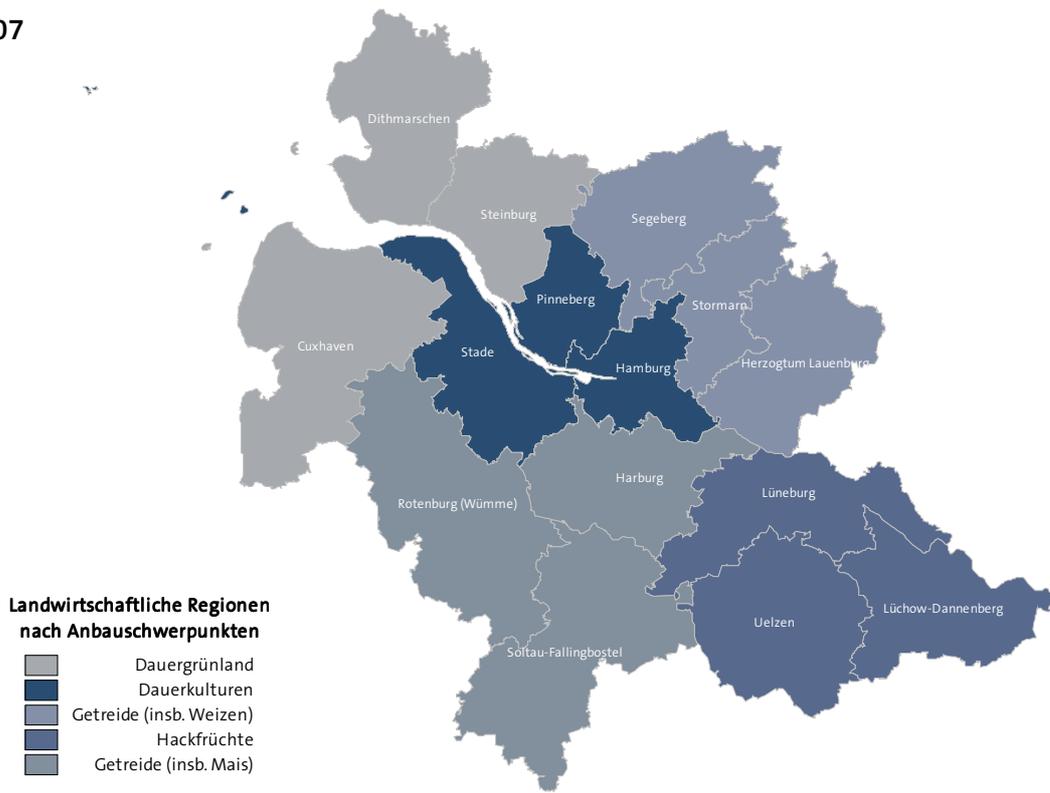
Um die Folgen für die Pflanzen in der Metropolregion abschätzen zu können, ist eine kurze Übersicht über die in der Metropolregion angebauten Arten und deren räumliche Verteilung hilfreich (siehe Abbildung 3 und Tabelle 1).

In der Metropolregion werden die landwirtschaftlich genutzten Flächen zu knapp zwei Drittel für den Ackerbau (vornehmlich Winterweizen, Silomais und Hackfrüchte) verwendet und zu etwas mehr als einem Drittel als Dauergrünland. Die Dauerkulturen sind mit 1,7 % in der Metropolregion nur konzentriert auf wenigen Flächen zu finden. Anhand dieser Schwerpunkte kann die Metropolregion grob in fünf Anbauregionen unterteilt werden, die sich zudem an den dort herrschenden Klimabedingungen orientiert.

In den direkt an die Nordsee angrenzenden Kreisen wird die landwirtschaftliche Fläche etwa zur Hälfte als Dauergrünland verwendet. Der Grund sind die an der Küste ergiebig und häufig vorkommenden Niederschläge. Im Zentrum der Metropolregion spielen die Dauerkulturen eine besondere Rolle. Diese Gebiete besitzen einen im Vergleich zur gesamten Region hohen Anteil an Dauerkulturen von über 10 % an der landwirtschaftlich genutzten Fläche, worunter Obst- und Gemüseanbau, Baumschulen sowie Weihnachtsbaumkulturen fallen.

Abbildung 3

Landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Nutzungsarten in den Kreisen der Metropolregion, 2007



In der Metropolregion dominiert in den nordöstlichen Kreisen in Schleswig-Holstein und in den südwestlichen Kreisen in Niedersachsen der Getreideanbau. Während im Nordosten der Metropolregion der Weizen die meistangebaute Fruchtart darstellt, belegt im Südwesten der Silomais den ersten Platz. Aber auch weitere Fruchtarten wie Wintergerste, Roggen und WinterrapS werden zu unterschiedlichen Anteilen angebaut. Im östlichen Niedersachsen, wo der stärkste kontinentale Klimaeinfluss in der Metropolregion zu spüren ist, spielen Hackfrüchte die größte Rolle. Auf den trockenen und sandigen Böden in dieser niederschlagsarmen Region gedeihen Kartoffeln und Zuckerrüben (bei ausreichender Bewässerung) besonders gut. (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2009).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Für eine detaillierte Analyse der Struktur der Landwirtschaft in der Metropolregion siehe Kowalewski (2010).

Tabelle 1

Anteil der wichtigsten Fruchtarten am Ackerland, 2007						
Landkreis	Weizen %	Roggen %	Wintergerste %	Kartoffeln %	Silomais %	Winterraps %
Dithmarschen	38,6	2,1	2,0	4,0	17,7	8,1
Herzogtum Lauenburg	29,8	3,3	14,3	1,1	8,3	0,0
Pinneberg	22,0	5,8	4,1	0,4	30,4	9,1
Segeberg	20,3	8,3	10,1	1,6	18,6	16,8
Steinburg	21,7	4,9	6,9	0,7	26,1	12,0
Stormarn	31,3	2,5	15,7	0,5	9,8	0,0
Hamburg	22,7	6,2	9,7	0,3	7,7	11,5
Cuxhaven	19,6	4,4	4,3	0,8	50,6	4,8
Harburg	13,2	13,4	9,7	6,1	13,7	10,8
Lüchow-Dannenberg	10,2	17,1	9,8	12,9	11,5	9,5
Lüneburg	13,8	12,1	7,6	11,5	13,1	11,3
Rotenburg (Wümme)	4,8	19,2	7,7	4,3	37,7	5,0
Soltau-Fallingb.ostel	4,3	20,3	8,1	7,7	20,8	5,2
Stade	22,1	8,9	6,1	4,8	28,7	8,3
Uelzen	14,8	6,9	10,4	21,7	5,7	5,5
Ludwigslust	12,4	15,3	9,2	3,2	15,9	16,5

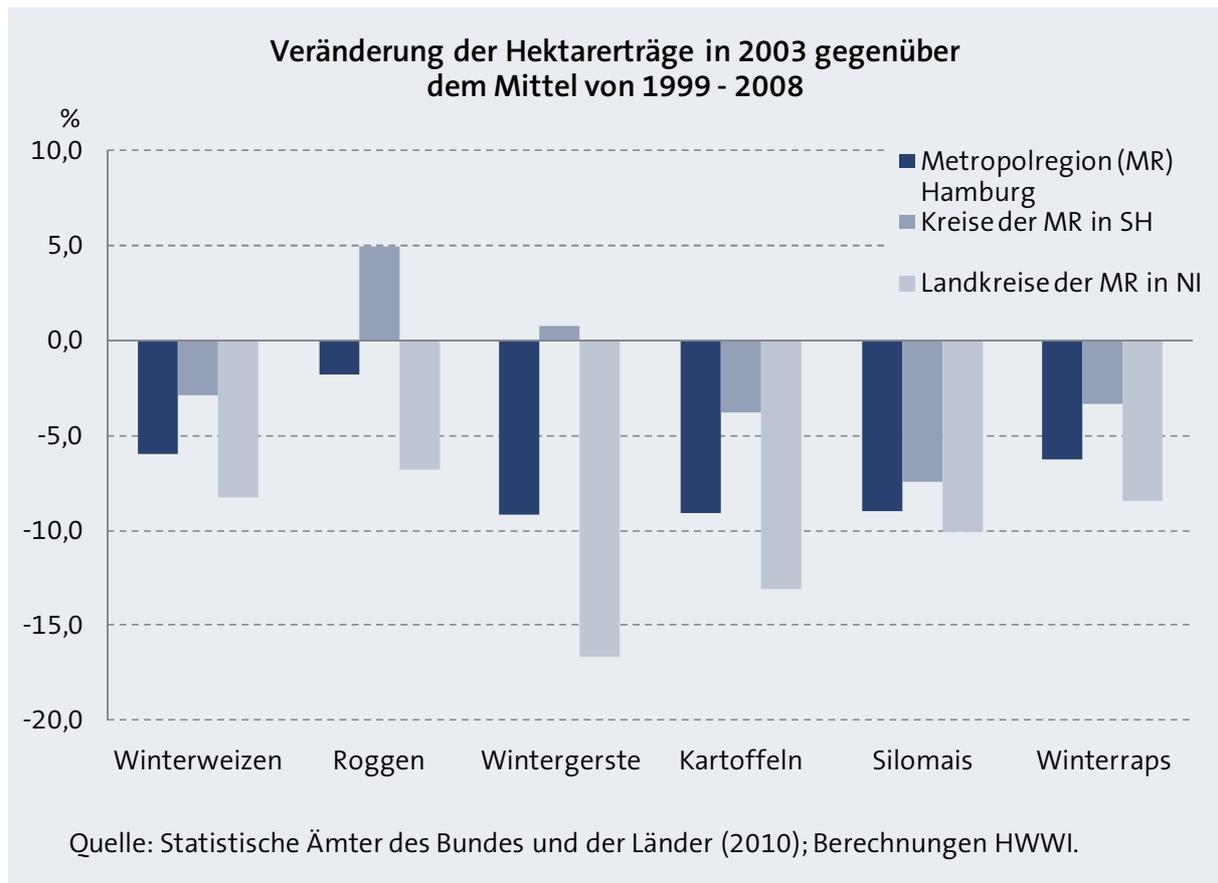
Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2009); Berechnungen HWWI.

### 2.2.1.1 Folgen für Getreide

Bei den Getreidearten sowie für Hackfrüchte und Grünland gibt es Untersuchungen für Deutschland, die Ertragssteigerungen aufgrund von erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen ausmachen. Für Winterweizen liegen die Schätzungen bei einem Zuwachs von 16 %, für Wintergerste bei 8 %, für Zuckerrüben bei 7-8 %, Kartoffeln bei 3-9 % und für Grünland bei +10 % (Weigel et al. 2006, Manderscheid und Weigel 2006, Kammann et al. 2005)).

Solche Schätzungen über Ertragsänderungen liegen für den Effekt des Temperaturanstiegs nicht vor. Zur Abschätzung der Auswirkungen der Temperaturerhöhung ist es von entscheidender Bedeutung, ob die Temperatur während der Vegetationszeit noch unter oder bereits über den optimalen Bedingungen der Pflanze liegt. Befindet sich die Temperatur in der Metropolregion noch unter dem optimalen Wert, kann eine Temperaturerhöhung zu einem stärkeren Wachstum führen. Wird durch die Temperaturerhöhung das Optimum bereits überschritten, so wirkt sich dies negativ auf das Pflanzenwachstum aus (Chmielewski 2009).

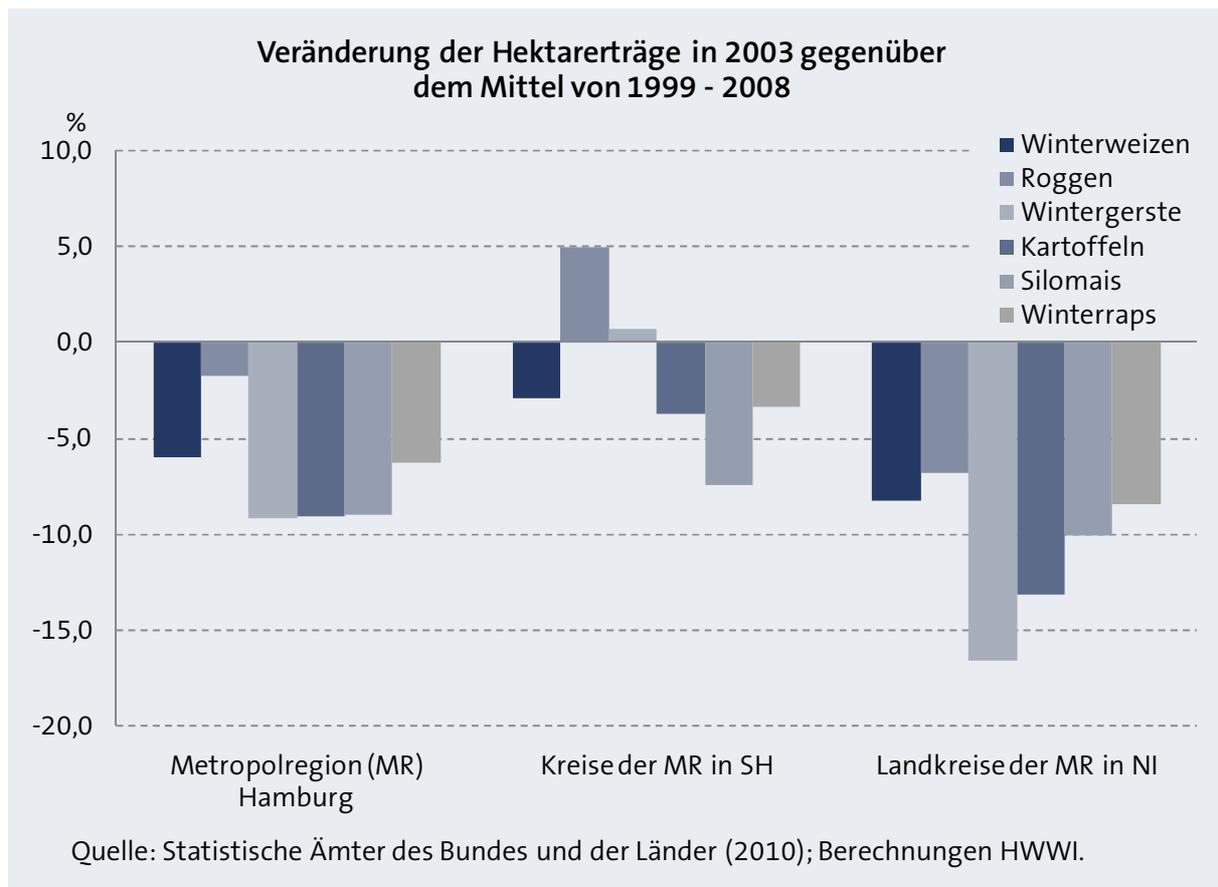
Abbildung 4



Um einen Einblick in den möglichen Zusammenhang von Temperaturerhöhung und Pflanzenwachstum zu erhalten, werden die Erträge des Jahres 2003, welches durch einen besonders trockenen und heißen Sommer gekennzeichnet war, mit dem Mittelwert 1999-2008<sup>2</sup> verglichen. Bei vielen Kulturarten sind Mindererträge zu verzeichnen. In Abbildung 4 sind die ungewichteten Mittel der zu den jeweiligen Regionen zusammengefassten Kreise bzw. Landkreise der Metropolregion dargestellt. Am stärksten sind die Fruchtarten Wintergerste, Kartoffeln, und Silomais betroffen. Auch Winterraps und Winterweizen haben deutliche Einbußen bei den Hektarerträgen zu verzeichnen. Der geringste Effekt ist bei Roggen festzustellen. Weiter ist zu erkennen, dass die Kreise Schleswig-Holsteins bei allen Früchten deutlich geringer betroffen waren als die Landkreise Niedersachsens.

<sup>2</sup> Bei den Werten ist zu berücksichtigen, dass der relativ niedrige Hektarertragswert 2003 bei der Berechnung des Mittelwertes enthalten ist. Bei einem Vergleich des Jahreswertes 2003 und dem Mittelwert ohne 2003 wären die Ertragsveränderungen noch stärker ausgeprägt.

Abbildung 5

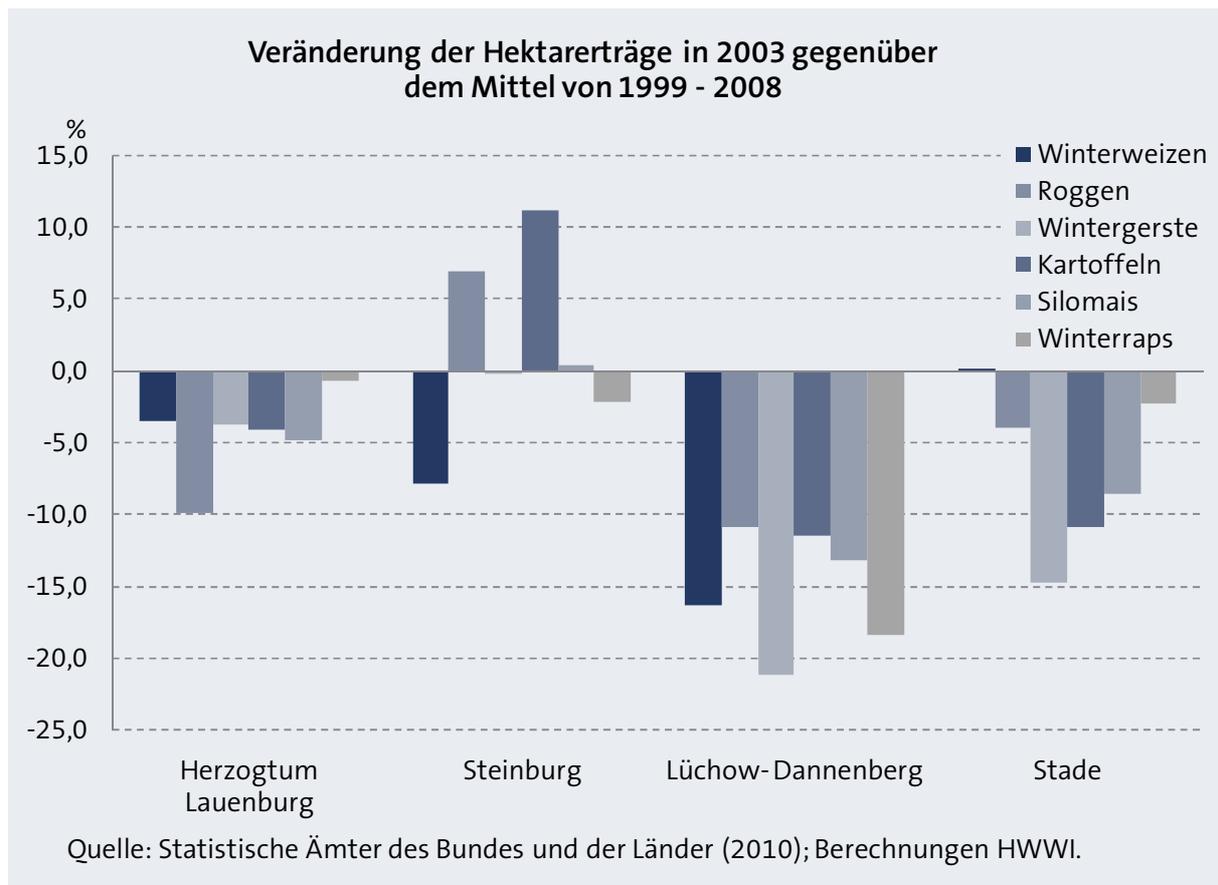


Die regional unterschiedlichen Ertragsveränderungen in der Metropolregion werden in Abbildung 5 noch deutlicher. Während für die gesamte Metropolregion die Erträge für die Früchte Wintergerste, Kartoffeln und Silomais um knapp 10 % zurückgingen, verteilen sich diese Einbußen sehr unterschiedlich auf die schleswig-holsteinische und die niedersächsische Seite. Während Wintergerste in Niedersachsen Ertragsrückgänge von über 15 % zu verzeichnen hatte, ist in Schleswig-Holstein keine klare Änderung feststellbar. Bei Roggen verteilt sich der geringe Ertragsrückgang in der Metropolregion auf ein Minus von über 5 % in Niedersachsen und ein Plus von 5 % in Schleswig-Holstein. Im Vergleich zu südlicheren und östlicheren Bundesländern sind die Ertragsrückgänge noch moderat. Beispielsweise waren die Einbußen auf den meist sandigen Böden in Brandenburg mit -33 % bei Winterweizen und -43 % bei Wintergerste besonders stark.

Auch innerhalb des schleswig-holsteinischen und des niedersächsischen Bereichs der Metropolregion gibt es starke regionale Unterschiede. Abbildung 6 zeigt jeweils zwei Kreise, die geringe beziehungsweise sehr große Ertragsrückgänge aufweisen. Die Kreise Herzogtum Lauenburg und Steinburg haben geringe Einbußen bei den Hektarerträgen zu verzeichnen. Der Kreis Steinburg erzielt bei Roggen und Kartoffeln sogar höhere Erträge als im Durchschnitt der Jahre 1999-2008. Die Kreise Lüchow-Dannenberg und Stade weisen hingegen die stärksten Rückgänge auf. Hier kann auf die gegenseitigen Wechselwirkungen der verschiedenen Einflussfaktoren hingewiesen werden, da ein höheres Pflanzenwachstum bei höherer Temperatur eine optimale

Versorgung mit Wasser und Nährstoffen voraussetzt. Wie oben erwähnt, haben die küstennahen Kreise ein höheres Niederschlagsaufkommen als die Kreise im Südosten der Metropolregion. Die optimale Wasserversorgung ist in den Kreisen mit geringen negativen oder sogar positiven Effekten wohl eher gegeben als in den stark negativ betroffenen Kreisen. Insbesondere in Lüchow-Dannenberg stellt die Wasserversorgung wie bereits geschildert schon heute einen begrenzenden Inputfaktor dar.

Abbildung 6



In Schleswig-Holstein werden zurzeit aufgrund der maritimen Klimaverhältnisse im Vergleich zu anderen Bundesländern Spitzenenerträge bei Winterweizen, Wintergerste und Roggen erzielt. Diese Spitzenwerte sind bei einer Erhöhung der Temperatur möglicherweise nicht mehr zu halten. Eine klare Aussage zu den Effekten fehlt jedoch bisher (Chmielewski und Köhn 2000). Die Zahlen für die Ertragsveränderungen 2003 lassen erwarten, dass bei solchen Temperaturen das Temperaturoptimum für das Pflanzenwachstum bereits überschritten wurde.

Durch die Temperaturerhöhung wird von einer Verschiebung der heutigen Anbaugrenzen für landwirtschaftliche Nutzpflanzen ausgegangen. So könnte zukünftig die Bedeutung des wärmeliebenden Körnermais im Vergleich zum bisher angebauten Silomais in der Metropolregion zunehmen (Chmielewski 2009).

### **2.2.1.2 Folgen für Hackfrüchte**

Die zu den Hackfrüchten zählenden Kartoffeln werden vornehmlich im Südosten der Metropolregion Hamburg, das heißt in den Landkreisen Lüchow-Dannenberg, Lüneburg und insbesondere Uelzen angebaut. In Uelzen ist ebenfalls der Zuckerrübenanbau von Bedeutung (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2009). Für den Anbau von Kartoffeln sind feine, sandige Böden besonders geeignet, welche in den entsprechenden Regionen zu finden sind. Studien für Deutschland weisen auch für Hackfrüchte einen positiven Einfluss einer CO<sub>2</sub>-Steigerung auf den Ertrag aus. Bei Zuckerrüben führt dies zu einem Plus von 10 % beim Zuckerertrag. Bei Kartoffeln liegt der Effekt nur bei 3-9 % (Manderscheid und Weigel 2006).

Höhere Temperaturen und geringere Niederschläge in den Sommermonaten können zu einer geringeren Menge an vorhandenem Grundwasser und trockeneren Böden führen. Bereits heute ist Feldberegnung im Nordosten Niedersachsens ein etabliertes Mittel um Ertragssteigerungen bei Hackfrüchten zu erzielen, die aufgrund ihrer relativ langen Vegetationszeit viel Wasser benötigen. Im Zeitraum 1995-2004 wurden die Auswirkungen der Beregnung auf das Betriebsergebnis in einer Versuchsreihe untersucht. Je nach Pflanzenart liegen die Mehrerlöse je mm Beregnung bei 6,06 Euro für Zuckerrüben, 7,90 Euro für Kartoffeln und 8,83 Euro für Braugerste. Abzüglich der Gesamtkosten der Beregnung konnten positive beregnungskostenfreie Leistungen erzielt werden, was bedeutet, dass die Beregnung für diese Arten ökonomisch vertretbar war (Landwirtschaftskammer Niedersachsen Bezirksstelle Uelzen 2008). Bei Kartoffeln ist die Wirtschaftlichkeit der Beregnung am größten, wobei dies wie bei allen Fruchtarten vom erzielten Absatzpreis abhängt. Bei Roggen kann die Beregnung je nach zu erzielendem Preis bereits zu heutigen Beregnungskosten unwirtschaftlich sein (Fricke und Riedel 2009).

Die klimatischen Veränderungen können den Bedarf an Feldberegnung erhöhen. Aufgrund von Restriktionen bei der Entnahme von Grundwasser sind alternative Wasserressourcen wie Regen- oder aufgearbeitetes Abwasser zu erschließen. Dies kann die Beregnungskosten verteuern und somit die Beregnung für einzelne Arten unrentabel werden lassen (Fricke und Riedel 2009).

### **2.2.1.3 Folgen für den Obstanbau**

Der im Alten Land (vornehmlich Landkreis Stade) vorherrschende Obstanbau (maßgeblich Apfelanbau) ist in folgender Weise vom Klimawandel betroffen. Die zunehmende Temperatur hat bereits dazu geführt, dass die neuseeländische Apfelsorte Braeburn mittlerweile erfolgreich angebaut wird. Auf der anderen Seite werden regionale Sorten wie der Holsteiner Cox zurückgedrängt, da die zunehmend wärmeren Sommer dieser Apfelsorte zusetzen. Die Apfelblüte beginnt aufgrund der Temperaturerhöhung mittlerweile im Vergleich zu 1961 um zwölf Tage früher. Dieser frühere Blühbeginn kann jedoch zu vermehrten Spätfrostschäden führen, die den Ertrag existenziell bedrohen (Chmielewski 2009).

Der im Obstanbau weit verbreitete Apfelwickler, ein Schädling, dessen Larven sich in den Apfel einbohren, kann beachtlichen wirtschaftlichen Schaden verursachen. Hier kann es aufgrund des wärmeren Klimas zu einem vermehrten Auftreten dieses Schädlings kommen, da sich zukünftig eine zweite oder gar dritte Generation innerhalb eines Jahres ausbilden kann (Görgens und Weber 2009).

Die ökonomischen Nettoeffekte des Klimawandels im Obstanbau sind in einem Modell mit Hilfe von Schadenskoeffizienten ermittelt worden. Als Einflussfaktoren wirkten die Temperaturerhöhung und die Niederschlagsveränderungen. Als Ergebnis lässt sich ein positiver Einfluss des Klimawandels auf die Produktivität festhalten. Der vermutete Produktivitätszuwachs im Apfelanbau liegt im Zeitraum 2010 bis 2050 bei durchschnittlich 26,8 %, wobei die Werte über die Jahre zwischen -2,9 und +68,4 % schwanken (Kemfert und Kremers 2009).

### **2.2.2 Folgen für Nutztiere**

In der Metropolregion besteht eine intensive Rinder- und Milchkuhhaltung. Knapp die Hälfte der landwirtschaftlich genutzten Fläche und mehr als die Hälfte der Betriebe (Stand 2007) entfallen auf Weideviehhaltung (Kowalewski 2010). Die Haltung von Rindern und Milchkühen stimmt mit den Kreisen mit großen Dauergrünlandflächen überein. Zusätzlich ist diese Tierart in Rotenburg (Wümme) stark vertreten. Die Schweinehaltung (meist intensive Stallhaltung) ist in den Kreisen Segeberg, Rotenburg (Wümme), Soltau-Fallingb. und Stade konzentriert. Mögliche zukünftige Folgen für Nutztiere in der Metropolregion sind anhand der Auswirkungen des Hitzesommers 2003 abzusehen. In Brandenburg wurde festgestellt, dass trotz moderner Fütterungstechnik und Stallhaltung Milchkühe aufgrund von Hitze und Trockenheit ihre Futtermittelaufnahme um bis zu 15 % reduzierten, wodurch sich die Milchleistung um 10 % verringerte (Fischer et al. 2005). Die Anzahl der Schweine fiel im Jahr 2004 um 3 % gegenüber 2003. Gründe hierfür können eine erhöhte Sterblichkeit und eine reduzierte Fruchtbarkeit im Hitzejahr sein (Schaller und Weigel 2007). Regionale Ergebnisse für das Gebiet der Metropolregion liegen für Nutztiere bisher nicht vor.

### **2.2.3 Folgen für die Forstwirtschaft**

Wie für die Landwirtschaft gilt die Wirkungsweise des CO<sub>2</sub>-Düngeeffektes auch für die Forstwirtschaft. Somit sind positive Auswirkungen auf die Biomasse- bzw. Holzproduktion möglich. Der CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt wirkt im Jugendstadium der Bäume anscheinend stärker als bei landwirtschaftlichen Pflanzen (Ainsworth und Long 2005). Längere Wachstumsphasen in Kombination mit höheren Temperaturen bieten Chancen für den Anbau neuer Arten, wobei hier Wechselwirkungen mit bestehenden Arten berücksichtigt werden müssen (Zebisch et al. 2005).

Negativ wirken die zunehmende sommerliche Wärme und Trockenheit auf die Bäume ein. Hitzestress, Gefahr durch Waldbrände und Schädlinge können extrem zunehmen (Zebisch et al.

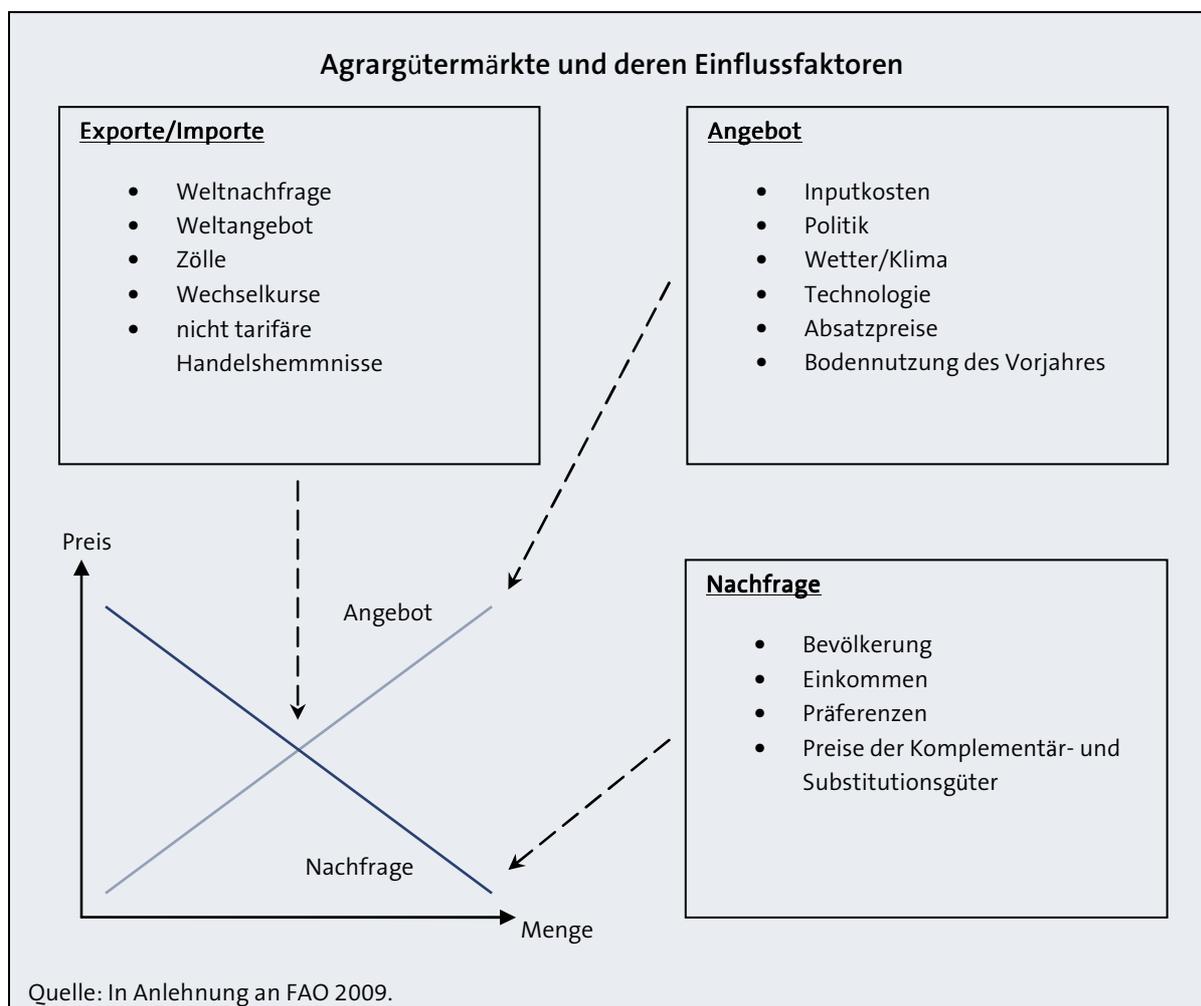
2005, Kölling und Zimmermann 2007). Besonders betroffen sind hierbei die trockenen bzw. wärmeren Regionen in Ost- und Südwestdeutschland sowie besonders sturmschadenanfällige Fichtenforste. Die Forstwirtschaft in der Metropolregion sollte daher nur in geringerem Maße negative Auswirkungen durch den Klimawandel erleiden. Jedoch kann die Forstwirtschaft wiederum die Folgen in der Landwirtschaft reduzieren, indem sie durch geeignete Maßnahmen den Wasserhaushalt einer Region beeinflusst. Beispielsweise kann der Umstieg von Nadel- zu Mischwäldern die Grundwasserneubildungsrate in Regionen mit sommerlichem Wassermangel erhöhen (Schaller und Weigel 2007).

### 3 Sozioökonomische, technologische und politische Trends

Neben den Auswirkungen des Klimawandels sind weitere Trends für die Perspektiven der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg zu berücksichtigen. Diese spielen bei unternehmerischen Handlungen wie beispielsweise Investitionsentscheidungen eine große Rolle. Abbildung 7 zeigt in vereinfachter Form, wie auf dem (nationalen) Markt für Agrargüter Angebot und Nachfrage aufeinandertreffen und den Preis sowie die gehandelte Menge bestimmen. Um die Effekte auf Angebot und Nachfrage ableiten zu können, sind Informationen zur Entwicklung der jeweiligen Einflussfaktoren notwendig. Diese können dabei hinsichtlich des Marktergebnisses durchaus in unterschiedliche Richtungen wirken. Entsprechend schwierig gestalten sich Prognosen und daraus abzuleitende einzelwirtschaftliche Kalküle.

Im Folgenden werden die Einflussfaktoren auf der Angebots- und der Nachfrageseite sowie die für die Landwirtschaft wichtigsten Politikfelder betrachtet. Für Aussagen zur Preisentwicklung einzelner Produkte sei auf bestehende Studien der Europäischen Kommission (EC 2009), der OECD und FAO (OECD und FAO 2010) sowie des amerikanischen Landwirtschaftsministeriums (USDA 2010) verwiesen.

Abbildung 7



### **3.1 Faktoren auf der Nachfrageseite**

Die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen wird maßgeblich durch drei Faktoren bestimmt. Zunächst ist die Veränderung der Weltbevölkerung zu nennen. Der zweite Faktor ist die wirtschaftliche Entwicklung sowie die damit einhergehende Entwicklung der Pro-Kopf-Einkommen, welche zu einer Veränderung der Ernährungsgewohnheiten führt. Schließlich beeinflusst eine Änderung der Nachfrage nach Bioenergie den Bedarf an angebauten Energiepflanzen.

#### **3.1.1 Weltweite Bevölkerungsentwicklung**

Die Weltbevölkerung wird in den nächsten Jahrzehnten weiter ansteigen. Lebten in 2009 schätzungsweise 6,83 Mrd. Menschen auf der Erde, so sollen es im Jahr 2050 9,15 Mrd. sein (siehe Tabelle 2); dies wäre ein Zuwachs von etwas mehr als einem Drittel (UNFPA 2009). Für den kürzeren Horizont bis 2018 wird eine Zahl von 7,5 Mrd. Menschen prognostiziert (OECD und FAO 2009). Die Rate des Bevölkerungswachstums wird leicht von circa 1,2 % im Jahr 2009 auf etwa 1 % am Ende der Projektionszeit fallen (OECD und FAO 2010). Diese Zahlen decken sich weitgehend mit den Bevölkerungsprojektionen des US Statistikbüros, welches eine Wachstumsrate von jährlich 1,1 % zwischen 2009 und 2012, von 1,0 % pro Jahr von 2013 bis 2018 und von 0,9 % für 2019 annimmt (FAPRI 2010).

Das Bevölkerungswachstum unterscheidet sich erheblich zwischen Industrienationen und Entwicklungsländern. In den höher entwickelten Ländern nimmt die Bevölkerung voraussichtlich bis 2050 um 3,4 % zu, diejenige der weniger entwickelten Länder wird um 40,7 % wachsen und die am wenigsten entwickelten Länder werden ihre Bevölkerung mit einem Wachstum von 100,2 % verdoppeln. Westeuropa als eine der sehr wohlhabenden Regionen wird vermutlich 1,75 % seiner Bevölkerung verlieren; darin enthalten ist Deutschland mit einem Minus von 14,2 % bis 2050 (Engelman et al. 2009). Auch die Bewohnerzahl in Russland (-0,5 % pro Jahr) und in weiteren Ländern Mittel- und Osteuropas wird im Zeitraum von 2009 bis 2019 stagnieren oder sogar rückläufig sein (FAPRI 2010). In China wird der bisherige Trend mit einem jährlichen Wachstum von 0,53 % bis 2018 bestehen bleiben, wodurch zusätzlich 7,3 Mio. Menschen pro Jahr hinzukommen. Ein starkes jährliches Bevölkerungswachstum bis 2018 ist hingegen für Indien (1,27 %) und Brasilien (1,05 %) zu erwarten (OECD und FAO 2009).

Tabelle 2

Entwicklung der Weltbevölkerung in Millionen, 2009-2050			
	2009	2050 (geschätzt)	Veränderung in %
Welt	6829,4	9150,0	34,0
entwickelte Länder <sup>1</sup>	1233,3	1275,2	3,4
weniger entwickelte Länder <sup>2</sup>	5596,1	7875,0	40,7
Afrika	1009,9	1998,5	97,9
Asien	4121,1	5231,5	26,9
Lateinamerika & Karibik	582,4	729,2	25,2
am wenigsten entwickelte Länder <sup>3</sup>	835,5	1672,4	100,2

Legende:  
<sup>1</sup> Nordamerika, Japan, Europa und Australien-Neuseeland  
<sup>2</sup> Afrika, Lateinamerika & Karibik, Asien (ohne Japan), und Melanesien, Mikronesien und Polynesien  
<sup>3</sup> entsprechend der Definition der Vereinten Nationen

Quelle: UNFPA 2009; Eigene Darstellung.

### 3.1.2 Wirtschaftswachstum und Einkommensentwicklung

Die andauernde Wirtschaftskrise führt zu einer hohen Unsicherheit der Prognoseergebnisse. Die Resultate divergieren stark in Abhängigkeit von den Annahmen zu Geschwindigkeit und Umfang der Erholung. Dabei ist zum jetzigen Zeitpunkt schwer abzuschätzen, inwiefern die Wirtschaftskrise den langfristigen Wachstumspfad der Weltwirtschaft sowie einzelner Länder und Regionen beeinflussen wird. Einer Studie des US-amerikanischen Landwirtschaftsministeriums vom Januar 2010 zufolge wird sich das globale Wirtschaftswachstum leicht auf durchschnittlich 3,3 % pro Jahr für 2010-2019 abschwächen. Entwickelte Länder wachsen vermutlich jährlich mit 2,2 % in 2010-19, was mehr als einem halben Prozentpunkt weniger als dem historischen Durchschnitt in der Periode 1970-2008 entspricht. Im Vergleich dazu werden die Entwicklungsländer ein deutlich höheres Wachstum von durchschnittlich 5,6 % jährlich während 2010-2019 erzielen können (USDA 2010).

Laut OECD-Prognose werden die OECD-Staaten im Zeitraum 2011-2018 jährlich im Durchschnitt mit 2,4 % wachsen (OECD und FAO 2010). Ein Jahr zuvor wurde noch ein Wachstum von 2,7 % prognostiziert (OECD und FAO 2009). Aufgrund der Wirtschaftskrise wurden die Erwartungen der OECD nach unten korrigiert. Ausgewählte Nicht-OECD-Länder weisen ein teilweise deutlich höheres Wirtschaftswachstum auf. Für China wird ein durchschnittliches jährliches Wachstum für 2010-2019 von 8,4 % erwartet, für Indien von 7,3 % und für Russland von 5,0 % (OECD und FAO 2010).

Die makroökonomischen Projektionen von IHS Global Insight (Stand Januar 2010) gehen davon aus, dass nach einer Erholung von der Wirtschaftskrise die durchschnittliche jährliche Wachs-

tumsrate des realen BIP weltweit im Zeitraum 2011-2019 bei 3,5 % liegt. Die höchsten jährlichen Wachstumsraten im Zeitraum 2009-2019 erzielen erneut China (8,4 %) und Indien (7,1 %). Afrika würde im Zeitraum 2010-2019 mit 4,5 % pro Jahr wachsen (FAPRI 2010).

Auch wenn das Wachstum in den Prognosen unterschiedlich stark ausgeprägt ist, stimmen sie darin überein, dass sich das weltweite Wachstum im Vergleich zu den Vordekaden etwas abschwächen wird. Die Treiber des Wachstums liegen in Asien und auch für Afrika und Russland werden gute Wachstumsraten in Aussicht gestellt. In den USA und Europa wird sich das Wachstumstempo hingegen weiter leicht abschwächen.

Das regional unterschiedliche Wirtschaftswachstum wird auch die Einkommen in diesen Ländern unterschiedlich stark verändern. Während der Nahrungsmittelkonsum weltweit um 1,5 % jährlich bis 2030 steigen wird, ist in den Entwicklungsländern der Zuwachs mit 2,0 % jährlich am stärksten, die Industrieländer weisen ein jährliches Wachstum von nur 0,7 % auf (FAO 2006).

Daher werden die Entwicklungsländer in Zukunft eine zunehmend wichtige Bedeutung in der Weltwirtschaft und in der Nachfrage nach Lebens- und Futtermitteln haben. Hohe Einkommenszuwächse werden dazu führen, dass höherwertige Lebensmittel wie Fleisch, Milchprodukte, Früchte und deren Verarbeitungserzeugnisse stärker nachgefragt werden. Eine zunehmende Nachfrage nach diesen Gütern führt wiederum zu einer Erhöhung der Futtermittelnachfrage wie Getreide und Ölsaaten. Insbesondere in China, Indien und dem restlichen Asien wird sich die Nachfrage erhöhen und die Ernährungsgewohnheiten werden sich verschieben (USDA 2010). Beispielsweise soll der Konsum von Milch und Molkereiprodukten von 2000 bis 2030 weltweit um 1,4 % jährlich steigen. In den Entwicklungsländern liegt das Wachstum sogar bei 2,5 %. Insbesondere Süd- und Ostasien treiben den Verbrauch nach oben. Ähnliches gilt für den Fleischkonsum. Während weltweit der Konsum um jährlich 1,7 % steigt, ist in den Entwicklungsländern ein Zuwachs von 2,4 % und in Südasien sogar ein Zuwachs von 4 % pro Jahr zu erwarten. An Ölsaaten werden aufgrund der steigenden Nachfrage nach Fleischprodukten ebenfalls größere Mengen benötigt. Die Nachfrage nach Ölsaaten steigt bis 2030 weltweit jährlich um 2,3 %, in den Entwicklungsländern sogar jährlich um 2,5 % (FAO 2006).

### **3.1.3 Bioenergie**

Die weltweite Produktion von Bioenergie ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Unterschiedliche Politikmaßnahmen, die in vielen Ländern eingeführt wurden, unterstützen die Produktion und den Verbrauch von Bioenergie. Zu erwähnen sind das Energieunabhängigkeits- und -sicherheitsgesetz, welches im Dezember 2007 in den USA verabschiedet wurde, und die EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vom April 2009. Dadurch beginnen vor allem Biokraftstoffe einen großen Einfluss auf die Weltnachfrage

nach Rohstoffen wie Mais, Weizen, Zucker (für die Ethanolproduktion) und pflanzliche Öle (für die Biodieselproduktion) auszuüben.

In den Jahren 2005-2007 stieg der weltweite Verbrauch von Biokraftstoffen von 45 auf 96 Mrd. Liter, was einem jährlichen Anstieg von 23 % entspricht. Ethanol hat dabei einen Anteil von 85 % und stellt den wichtigeren Biokraftstoff dar. Auf Biodiesel entfallen die restlichen 15 %. Das Wachstum des Biodieselvebrauchs ist jedoch mit 57 % pro Jahr deutlich stärker als bei Ethanol (+19 %), was hauptsächlich auf die zunehmende Ausbreitung in der Europäischen Union zurückzuführen ist (Europäische Kommission 2009).

Ethanol und Biodiesel stellen ein Substitut für konventionelle Kraftstoffe wie Benzin und Diesel dar. Daher ist die Entwicklung des Biokraftstoffsektors eng mit dem Ölpreis verbunden. Während in der ersten Hälfte des Jahres 2008 die Höchstwerte an den Rohölmärkten einen starken Ausbau der Biokraftstoffe aussichtsreich erscheinen ließen, führte der folgende Preisrückgang dazu, dass viele Anlagen zur Biokraftstoffherstellung unrentabel wurden. Dennoch werden die gesetzlichen Regelungen, welche wie in der EU eine Beimischungsquote vorschreiben, zu einem gewissen Ausbau dieses Bereichs führen (Europäische Kommission 2009).

Für die weitere Entwicklung der Biokraftstoffe sind zum einen mögliche Änderungen der politischen Rahmenbedingungen wie auch die zukünftige Ölpreisentwicklung entscheidend. Die OECD erwartet bis 2018 für den Biokraftstoffbereich ein Wachstum von 7,8 % pro Jahr, was einer leichten Abschwächung gegenüber den Vorjahren entspräche. Der Verbrauch wird sich demnach von 96 Mrd. Liter in 2009 auf 189 Mrd. Liter in 2018 verdoppeln. Auch wenn Biodiesel durch stärkeres Wachstum etwas zu Ethanol aufschließen kann, wird Ethanol mit einem Anteil von 77 % weiterhin mit Abstand den wichtigeren Biokraftstoff darstellen (Europäische Kommission 2009).

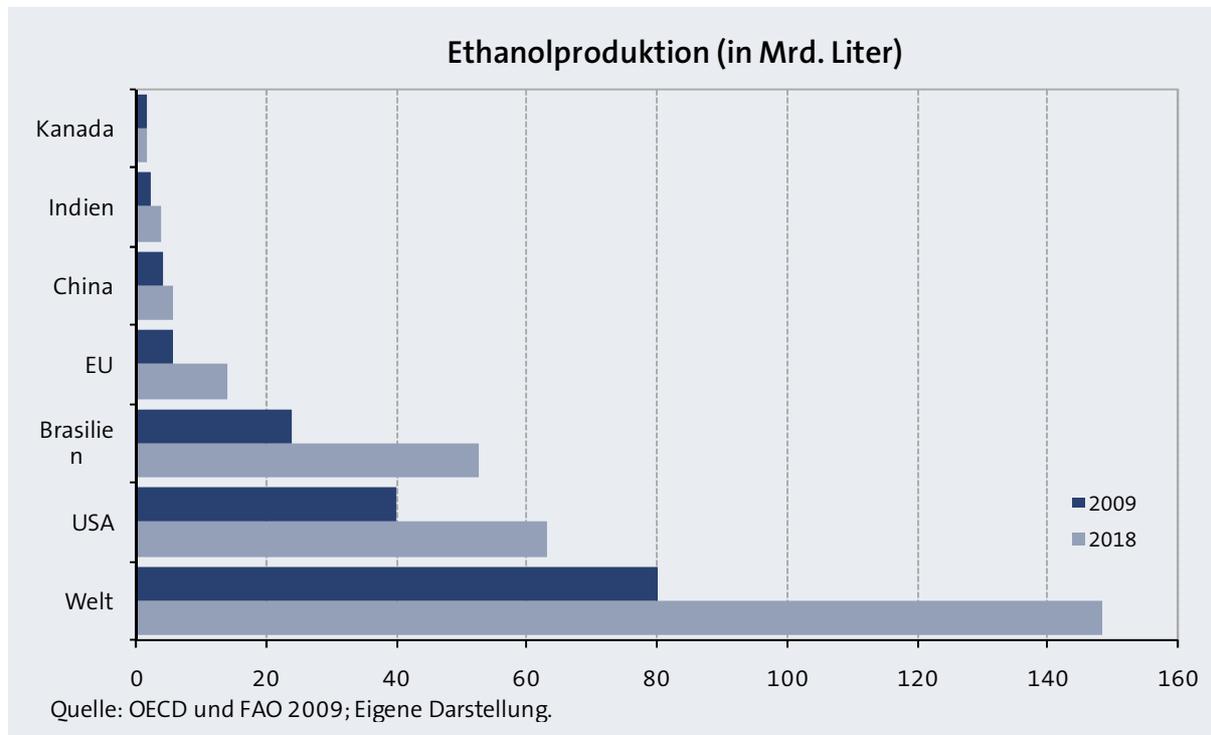
Das Landwirtschaftsministerium der USA kommt zu einer ähnlichen Einschätzung des Biokraftstoffsektors. Demnach werden die stärksten Anstiege in der Bioenergieproduktion in der nächsten Dekade in der EU, in Brasilien, Argentinien und Kanada liegen. In den USA wird sich die Expansion der Ethanolindustrie fortsetzen, aber an Geschwindigkeit verlieren (USDA 2010).

Zurückhaltender ist die Internationale Energieagentur (IEA). Sie erwartet für den Zeitraum 2008 bis 2014 einen Zuwachs der Biokraftstoffproduktion von 50 % auf dann 125 Mrd. Liter, wobei Ethanol mit 52 % stärker als Biodiesel (+38 %) wachsen wird. Dementsprechend wird insbesondere bei der Entwicklung des Biodieselsektors keine so starke Dynamik wie von der OECD-FAO erwartet (IEA 2009).

In Europa hat die Ethanol- eine schwächere Bedeutung als die Biodieselproduktion. Während die USA und Brasilien für 50 bzw. 30 % der globalen Ethanolproduktion stehen, hält die EU einen Anteil von 9 %. Die Produktionsmenge wird sich zwar von 5,7 Mrd. Liter auf knapp 14 Mrd. Liter in 2018 erhöhen, jedoch wird auch Brasilien seine Produktion verdoppeln und somit sei-

nen Anteil am weltweiten Ethanolmarkt ausbauen. Der weltweit größte Ethanolproduzent wird die USA knapp vor Brasilien bleiben (siehe Abbildung 8).

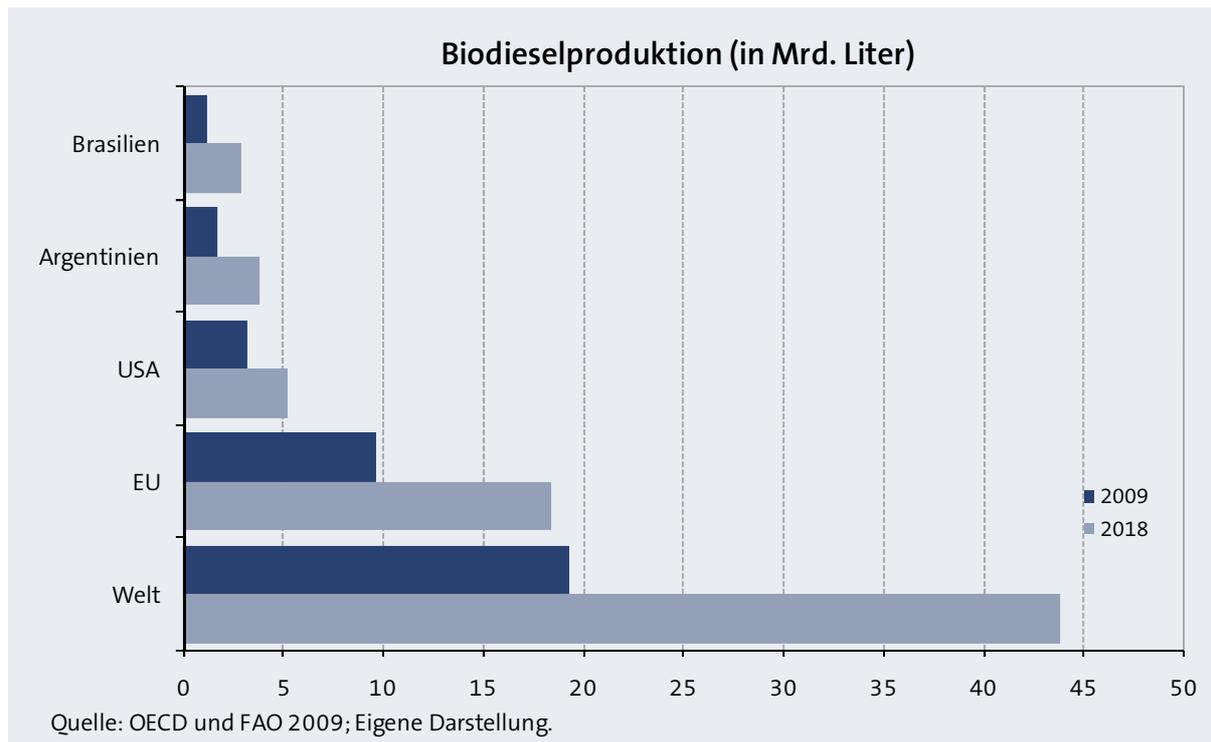
Abbildung 8



Bei Biodiesel war die EU in 2008 mit 8 Mrd. Litern der weltweit wichtigste Produzent, gefolgt von den USA mit 2,7 Mrd. Litern und Argentinien mit 1,4 Mrd. Litern (siehe Abbildung 9). Die Prognose für 2018 geht davon aus, dass weltweit 43,9 Mrd. Liter Biodiesel produziert werden. Die EU wird mit einem Anteil von mehr als 40 % weiterhin der bedeutendste Produzent sein. Dahinter folgen die USA (11,8 %) sowie Argentinien (8,6 %) und Brasilien (6,6 %).

Regional spielt Biomasse insbesondere zu Zwecken der Vergasung und bei der Wärmeerzeugung eine Rolle. In Deutschland gehen die meisten Studien davon aus, dass bei gleich bleibendem Versorgungsgrad mit Nahrungs- und Futtermitteln im Jahr 2020 2,5 bis 4 Mio. ha Ackerfläche für die stoffliche und energetische Nutzung der Biomasse zur Verfügung stehen werden (BMELV 2009). In 2009 wurden schätzungsweise 2 Mio. ha für den Anbau von Energiepflanzen genutzt nach 1,9 Mio. ha in 2008 (FNR 2010). Das größere Steigerungspotenzial wird nicht in der Flächenausdehnung, sondern in einer erhöhten Flächenproduktivität und in der Optimierung von Konversionsprozessen vom Rohstoff zur nutzbaren Energie liegen. Eine höhere Bedeutung wird daneben der energetischen Verwertung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten, Reststoffen und biogenen Abfällen zukommen (BMELV 2009).

Abbildung 9



Die Biomasse kann durch die 2. Generation der Biokraftstoffe weiter an Bedeutung gewinnen. Bisher dominiert die 1. Generation den Markt, wozu Ethanol aus Zuckerrohr, Stärke oder Weizen, Biodiesel und reines Pflanzenöl zählen. Zur nächsten Generation gehören Biokraftstoffe, die aus Zellulose oder Lignin (Bestandteile der pflanzlichen Zellwand) gewonnen werden. Dieser Zelluloseethanol kann entweder für den Gebrauch in konventionelle Motoren zu erdöl-basiertem Benzin beigemischt werden oder die Motoren müssen für eine reine Biokraftstoffnutzung leicht modifiziert werden.

Während die Produktionsprozesse und die Infrastruktur der 1. Generation als bereits ausgereift angesehen werden kann, befinden sich die Technologien der 2. Generation erst in einem Teststadium. Hier bestehen hauptsächlich Pilot- und Demonstrationsanlagen. Aufgrund der bisher noch hohen Anfangsinvestitionen und der höheren Endpreise im Vergleich zu fossilen Brennstoffen und der 1. Generation sind die Biokraftstoffe der 2. Generation noch nicht konkurrenzfähig. Obwohl bedeutende Investitionen in gewissen OECD Ländern getätigt werden, wird mit einer breiten Marktdurchdringung auf kommerziellem Niveau nicht vor 2015 gerechnet (IEA 2010).

### 3.2 Faktoren auf der Angebotsseite

Die Angebotsseite wird wesentlich von der Verfügbarkeit und der Qualität der Inputfaktoren Boden und Wasser bestimmt. Diese könnten durch den Klimawandel sowohl global als auch regional merklich beeinflusst werden. Des Weiteren wird die Angebotsseite maßgeblich durch Produktivitätsveränderungen geprägt. Der technische Fortschritt kann dabei Produktionsme-

thoden und damit das Angebot verändern. Die Auswirkungen dieser Faktoren auf die weltweite Agrarproduktion soll im Folgenden kurz beleuchtet werden.

### **3.2.1 Boden, Wasser und Klimawandel**

Wasser ist global sehr unterschiedlich verteilt. Die Pro-Kopf-Verfügbarkeit von Wasser ist in Asien am geringsten. 60 % der Weltbevölkerung stehen in dieser Region nur 36 % der weltweiten Süßwasserreserven zur Verfügung. In Nord- und Mittelamerika hingegen ist der Anteil an den Süßwasservorkommen doppelt so hoch wie der Weltbevölkerungsanteil dieser Region. Noch besser sieht die Situation in Südamerika aus, wo der Anteil an den Wasserreserven in etwa das Vierfache des Bevölkerungsanteils beträgt (Rosegrant et al. 2002).

Das Wachstum der Weltbevölkerung wird insgesamt zu einer Abnahme der Wasserverfügbarkeit pro Kopf führen. Insbesondere in Asien, aber auch in vielen Regionen Afrikas, wird hohes Bevölkerungswachstum die Wasserproblematik verschärfen. Im Zeitraum von 1995 bis zum Jahr 2025 wird die Wasserentnahme in allen Regionen der Welt ansteigen. Insgesamt könnte der Verbrauch um fast ein Viertel zunehmen. Diese Entwicklung ist auf die starken Zuwächse in den Entwicklungsländern (+27 %) und innerhalb dieser Gruppe insbesondere auf die Nachfrageexpansion in China und Indien zurückzuführen (OECD und FAO 2009).

Der Klimawandel dürfte diese Situation zusätzlich verschlechtern. Die Wahrscheinlichkeit von Überflutungen und Dürren nimmt weltweit zu, wenn auch regional sehr unterschiedlich. Dadurch wird die bestehende Wasserinfrastruktur in ihrer Funktionalität beeinflusst. Bestehende Wassermanagementsysteme sind möglicherweise dem zukünftigen Klima nicht mehr gewachsen, um mit den Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit des Wasserangebots, Flutrisiken, landwirtschaftliche Bedürfnisse und die Balance von Ökosystemen zurechtzukommen. Daher wird der Bedarf an angepassten Bewässerungssystemen zunehmen, um die Volatilität der natürlichen Wassermengen zum Teil ausgleichen zu können (OECD und FAO 2009).

Als nachwachsende Rohstoffe benötigen Nahrungsmittelrohstoffe als wesentlichen Produktionsfaktor Boden. Dabei ist die landwirtschaftlich nutzbare Fläche naturgegeben durch die insgesamt verfügbare Fläche begrenzt. In der Regel stellt die begrenzte Verfügbarkeit von Boden jedoch keine Grenze für den Anbau von Nahrungsmitteln dar. Vielmehr sind die der landwirtschaftlichen Nutzung entgegenstehenden Verwendungen der Bodenfläche als Bau-, Gewerbe- oder Naturland entscheidend für die der Landwirtschaft maximal zur Verfügung stehende Bodenfläche.

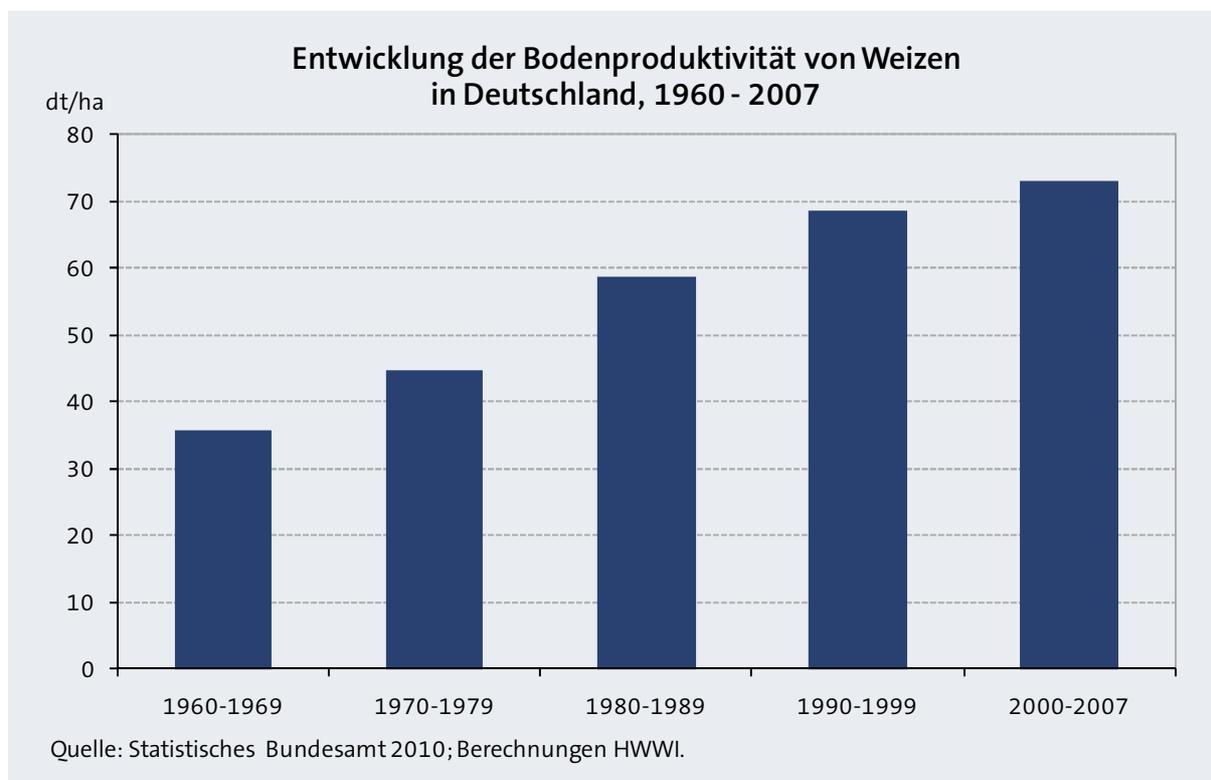
Das weltweit verfügbare Land, welches eine moderate bis sehr gute Eignung für regenbewässerte Getreideproduktion aufweist, beträgt laut OECD 4,3 Mrd. ha. Zurzeit beträgt die landwirtschaftlich genutzte Fläche global schätzungsweise 1,4 Mrd. ha. Werden von den geeigneten Flächen diejenigen abgezogen, welche bereits für andere Landnutzungen verwendet werden (zum Beispiel Wälder, Städte, Naturschutzgebiete), reduziert sich die zusätzlich mögliche An-

baufläche auf weltweit 1,6 Mrd. ha. Die größten Anteile liegen davon in Afrika und Lateinamerika. Diese Staaten können etwa 8 % der noch nicht agrarisch genutzten Fläche für die Landwirtschaft nutzen. In Nordamerika ist die mögliche Ausdehnung mit 1,5 % und in Europa mit 0,1 % wesentlich geringer. Aufgrund einer fortschreitenden Industrialisierung und Urbanisierung in den Entwicklungsländern wird mehr landwirtschaftliche Nutzfläche für Industrie- und Wohnzwecke verwendet werden. In Lateinamerika und einigen afrikanischen Ländern sind trotzdem Potenziale für eine Ausdehnung der landwirtschaftlichen Fläche vorhanden (OECD und FAO 2009).

### 3.2.2 Technischer Fortschritt

Erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Produktionsmöglichkeiten von Nahrungsmitteln hat der technische Fortschritt. Die damit einhergehende Steigerung der Produktivität hat die Ernährungssituation in der Vergangenheit stetig verbessert. Zu einer Erhöhung der Produktivität trägt beispielsweise die Entwicklung neuer Pflanzensorten (Stichwort »Grüne Gentechnik«), der Einsatz von Dünger wie auch technologische Innovationen bei landwirtschaftlichen Maschinen bei.

Abbildung 10



In den letzten vier Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts hat sich die Weltbevölkerung verdoppelt, während das Ackerland im gleichen Zeitraum nur um 11 % zugenommen hat. Damit ist das Ackerland pro Kopf deutlich gesunken. Trotzdem ist es zu einer weltweit besseren Versor-

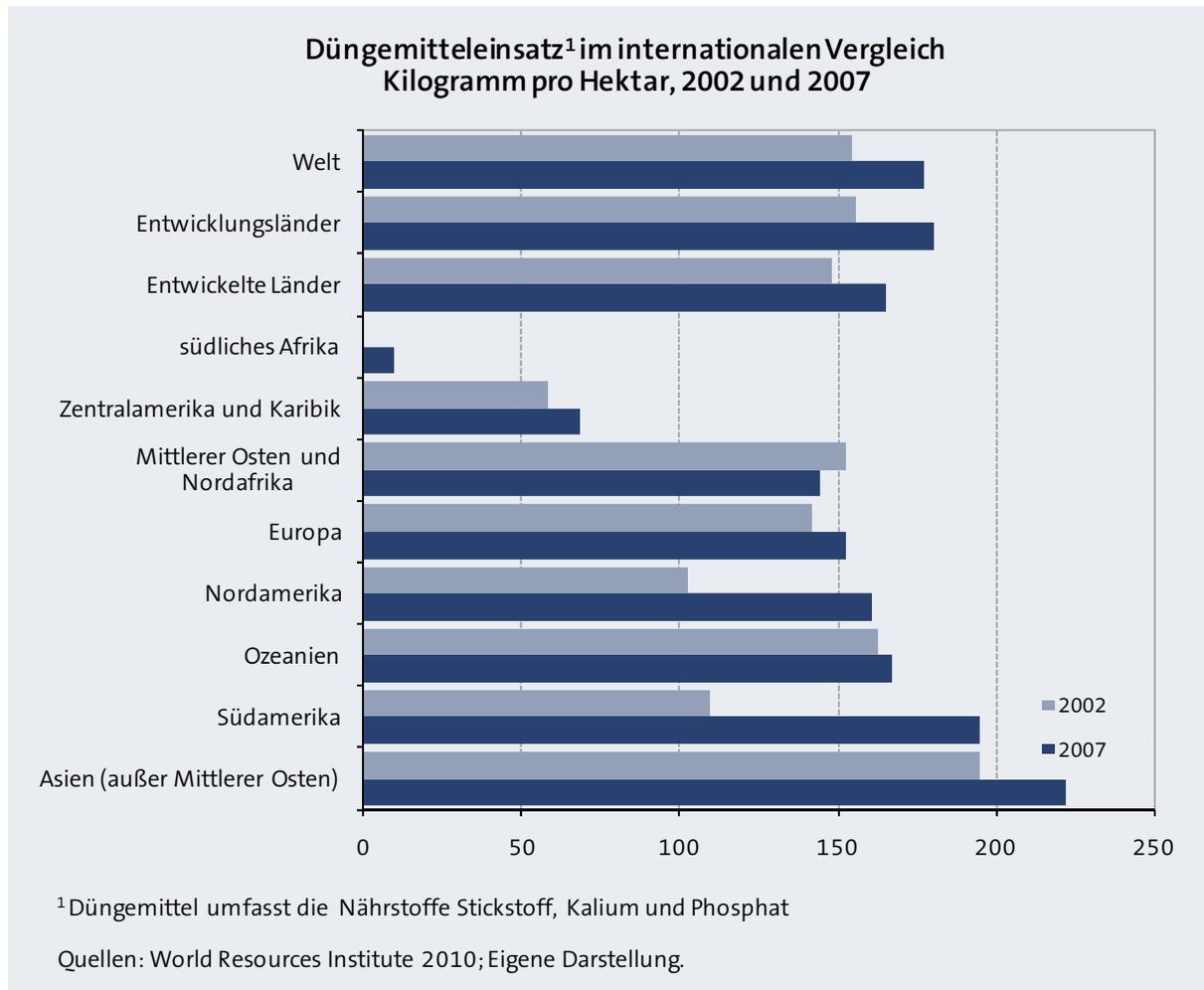
gungssituation gekommen. Die Ursache ist ein erheblicher Anstieg in der Bodenproduktivität. Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der Bodenproduktivität für Weizen in Deutschland. Im Zeitraum von 1960 bis 2007 ist sie – allerdings mit abnehmender Rate – gewachsen.

Betrachtet man die weltweite Entwicklung, so zeigt sich, dass die Bodenproduktivität im Hinblick auf Weizen zwischen 1961 und 1989 jährlich um 3,8 %, in den 1990er Jahren nur noch jährlich um 2 % gestiegen ist. Bei Reis ist die jährliche Wachstumsrate der Bodenproduktivität von 2,3 % auf 1 % gesunken. Für die nächsten Jahrzehnte wird ein weiterhin relativ geringes Wachstum der Bodenproduktivität erwartet. Die Ursache für das geringe Produktivitätswachstum liegt in einem vergleichsweise geringeren Wachstum der Nachfrage nach Agrarrohstoffen begründet. Dies führt zu langsamer steigenden Preisen für diese Produkte, weshalb relativ geringe Anreize zur Produktivitätssteigerung bestehen (FAO 2003).

Produktivitätssteigerungen können zum einen durch den Einsatz von Mineraldüngern und Pestiziden erreicht werden, zum anderen kann der Einsatz von künstlichen Bewässerungssystemen verbessert werden. Dies führt zu höheren Erträgen je Ernte und erlaubt die Ernteintensität – die Anzahl der Ernten pro Jahr – zu erhöhen. In einigen Ländern ist es notwendig, die Böden phasenweise brach liegen zu lassen, damit der Boden wieder einen gewissen Nährstoffgrad und Feuchtigkeit aufbauen kann. In diesen Ländern liegt die Ernteintensität deutlich unter einer Ernte pro Jahr. In anderen Ländern kann dagegen mehrfach im Jahr geerntet werden. Bei künstlich bewässertem Land liegt die Ernteintensität in den Entwicklungsländern schon heute bei 1,3 Ernten pro Jahr. Dieser Wert wird bis 2030 auf 1,4 steigen. Bei natürlich bewässertem Land finden derzeit nur 0,83 Ernten pro Jahr statt. Hier gilt eine Steigerung auf 0,87 als denkbar. Die größte Steigerung der Ernteintensität resultiert aber daraus, dass der Anteil des künstlich bewässerten Landes steigen dürfte (FAO 2003).

Neben der Bewässerung ist der Einsatz von Düngemitteln eine wesentliche Determinante der Bodenproduktivität. Abbildung 11 zeigt den Düngemittleinsatz im internationalen Vergleich. Während in Asien durchschnittlich 222 kg Düngemittel je Hektar eingesetzt werden, sind es im südlichen Afrika nur knapp 10 kg. Der höchste Zuwachs zwischen 2002 und 2007 war mit 79 % auf nunmehr 195 kg in Südamerika zu verzeichnen. Allerdings ist die unterschiedliche Notwendigkeit aufgrund der verfügbaren Fläche nur eine Bestimmungsgröße des Düngemittleinsatzes. Ein anderer Grund für den geringen Düngemittleinsatz in einigen Ländern liegt darin, dass der Dünger dort nicht finanziert werden kann (World Resources Institute 2010).

Abbildung 11



Eine weitere Möglichkeit für Produktivitätssteigerungen bietet die sogenannte »Grüne Gentechnik«, welche einen Sammelbegriff für die Anwendung von Gentechnik in der Landwirtschaft und der Lebensmittelverarbeitung darstellt. Ungeachtet der hiermit verbundenen möglichen Risiken ergeben sich große Nutzenpotentiale.

Ein Ziel der Forschung in diesem Bereich ist es, neue Pflanzensorten zu züchten, die beispielsweise resistent gegen Schädlinge sind, mit bestimmten Nährstoffen angereichert werden können oder einen geringeren Wasserbedarf als die herkömmlichen Pflanzen haben. Diese Maßnahmen können auch als Anpassung an den Klimawandel angesehen werden, da in einigen Regionen mit neuen Schädlingen oder geringeren Wasservorräten gerechnet werden muss.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass in vielen Ländern Produktivitätsfortschritte durch die Erhöhung des Düngemitelesatzes realisiert werden können. So kann ein Teil der wachsenden Nachfrage nach Nahrungsmittelrohstoffen durch die Erhöhung der Bodenproduktivität erreicht werden. Darüber hinaus kann weltweit die Produktion dieser Rohstoffe durch die Ausschöpfung des natürlich bewässerten Bodenpotenzials erhöht, weitere Flächen durch Bewässerung nutzbar gemacht und Produktivitätsfortschritte durch die »Grüne Gentechnik« erzielt werden.

### **3.3 Rahmenbedingungen**

Neben den makroökonomischen Einflussfaktoren auf Angebot und Nachfrage spielt für die Landwirtschaft der politische Rahmen eine entscheidende Rolle. Die Politiken ändern die Zusammensetzung und die Menge der Produktion und des Konsums, indem sie Marktverzerrungen schaffen oder korrigieren und damit die Preise beeinflussen. Zu den entscheidenden Politikfeldern zählen zum einen die Agrar- und Handelspolitik, die durch Subventionen und Handelsreglementierungen die Marktentscheidungen beeinflussen. Zum anderen wächst für die Landwirtschaft die Bedeutung weiterer Politikbereiche wie die Umwelt- und Energiepolitik.

#### **3.3.1 Agrar- und Handelspolitik**

Agrar- und Handelspolitik spielt sowohl im Binnen- als auch im Außenhandel eine entscheidende Rolle für Agrargüter und Lebensmittel. Die deutsche Agrarpolitik ist durch die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union geprägt. Die letzte Reform nach dem sogenannten „Health Check“ brachte die Aufhebung bzw. Lockerung von Interventionen für eine Reihe von Produkten. Außerdem soll die Milchquote zwischen 2009 und 2012 um jährlich ein Prozent steigen. Auch für Zucker wurden Handelshemmnisse abgebaut (OECD und FAO 2009).

Die erkennbare Entwicklung zu einer gewissen Liberalisierung der Agrarmärkte war einerseits politisch gewollt, wurde jedoch durch die hohen Preise für Agrargüter auf den internationalen Märkten unterstützt. Eine weitere Absenkung der verbleibenden Unterstützungen wird im Rahmen der Doha-Entwicklungsagenda der World Trade Organization (WTO) verhandelt und könnte in den nächsten Jahren zu einer stärkeren Liberalisierung führen. Die Verhandlungsergebnisse dürften entscheidend vom dann bestehenden Preisniveau für Agrargüter abhängen (Lotze-Campen et al. 2009).

#### **3.3.2 Klimapolitik**

Der Landwirtschaft kommt im Rahmen der Klimapolitik eine Doppelrolle zu. Zum einen ist sie Emittent von Treibhausgasen, zum anderen kann sie auf vielfältige Weise zu ihrer Vermeidung beitragen.

Im Jahr 2005 entfielen auf die Landwirtschaft etwa 10-12 % des weltweiten Treibhausgasausstoßes. Für etwa 50 % der globalen Methan- und 60 % der globalen Stickstoffemissionen war die Landwirtschaft verantwortlich (Smith et al. 2007). Jedoch kann die Landwirtschaft auf verschiedene Art und Weise dazu beitragen, den Treibhausgasausstoß zu verringern. Zunächst können Emissionen in der landwirtschaftlichen Produktion reduziert werden. Um zum Beispiel in der Viehwirtschaft Methanemissionen einzusparen, wären eine verbesserte Ernährungsweise der Tiere und ein optimiertes Düngungsmanagement vorstellbar. Auch kann die Landwirtschaft Kohlenstoffsinken schaffen oder ausweiten, wobei hier die Aufforstung von landwirt-

schaftlichen Nutzflächen das größte Potenzial bietet. Außerdem kann die Landwirtschaft einen Beitrag leisten, indem sie Substitute zu emissionsintensiven Produkten zur Verfügung stellt (OECD und FAO 2009). In Deutschland könnte es beispielsweise möglich sein, unter bestimmten Annahmen zum zukünftigen technologischen Fortschritt und möglichen Effizienzzuwächsen ein Deckungspotenzial durch Biomasse von 8-12 % des heutigen und 12-15 % des erwarteten Primärenergiebedarfs zu erreichen (BMELV 2009).

Inwieweit der Agrarsektor künftig in die Klimaschutzpolitik eingebunden wird, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder auf internationaler noch auf nationaler Ebene absehbar. In der mittleren Frist erscheint eine Aufnahme klimapolitischer Ziele in die europäische oder deutsche Agrarpolitik eher unwahrscheinlich.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Landwirtschaft ist durch die Auswirkungen des Klimawandels direkt betroffen. Dabei wirkt der Klimawandel über mehrere Mechanismen. Die zu erwartende erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration führt je nach Pflanzentyp und Ausstattung der anderen Wachstumsfaktoren zu einer positiven oder negativen Änderung des Ertrags. Eine Temperaturerhöhung kann das Pflanzenwachstum ebenfalls positiv oder negativ beeinflussen, je nachdem, ob die optimale Temperatur durch einen Anstieg überschritten wird oder nicht. In der Summe niedrigere Niederschläge können zu Ertragseinbußen oder gar dem Vertrocknen der Pflanzen führen. Durch die Klimaänderung kann es zu einer Ausbreitung neuer Schädlinge und Krankheiten kommen. Neben der Pflanzenwelt reagieren auch Tiere auf das veränderte Klima. Hitzestress kann zu geringerer Nahrungsaufnahme und damit verbundener geringerer Gewichtszunahme führen.

Diese Auswirkungen werden regional unterschiedlich stark ausfallen. Selbst innerhalb der Metropolregion Hamburg sind Differenzen zu erwarten. Während sich vor allem im süd-östlichen Teil (Landkreise Lüchow-Dannenberg, Lüneburg und Uelzen) bestehende negative Effekte aufgrund von Wassermangel durch den Klimawandel verstärken dürften, kann es in einzelnen Gebieten Schleswig-Holsteins wegen der höheren CO<sub>2</sub>-Konzentration und Temperatur zunächst zu positiven Ertragswirkungen kommen. Auch im Obstbau können die positiven Effekte die negativen überwiegen. Einen ersten Einblick in die zu erwartenden Ertragsänderungen bieten die Ergebnisse des Hitzesommers 2003, in dem für einzelne Fruchtarten in der Metropolregion Hamburg Einbußen von knapp 10 % zu verzeichnen waren. Um konkretere Aussagen über mögliche Folgen treffen zu können, sind weitere Untersuchungen in diesem Bereich nötig.

Neben dem Klimawandel werden weitere wichtige Faktoren das Angebot und die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten bestimmen. Ferner wird die Politik stetig die Rahmenbedingungen anpassen, die die Landwirte in ihrer Produktionsentscheidung beeinflussen. Zunächst ist die weltweite Bevölkerungsentwicklung entscheidend für die zukünftige Nachfrageentwicklung. Hier wird mit einer Zunahme der Bevölkerung von etwa einem Drittel bis 2050 auf mehr als 9 Mrd. Menschen gerechnet. Zusätzlich werden das regional unterschiedliche Wirtschaftswachstum und die damit verbundene Einkommensentwicklung Verhaltensgewohnheiten ändern. Gerade im asiatischen Raum, insbesondere China, wird eine wachsende Nachfrage nach höherwertigen Produkten wie Fleisch und Milch erwartet. Ein höherer Bedarf an Bioenergie kann die Nachfrage nach Biomasserohstoffen ansteigen lassen. Die Beimischungsregelungen in den USA und Europa lassen hier eine steigende Nachfrage erwarten.

Auf der Angebotsseite bestimmen die verfügbaren Ressourcen Boden und Wasser sowie der technische Fortschritt maßgeblich die landwirtschaftliche Produktion. Die Ressourcen Wasser und (kultivierbarer) Boden sind regional sehr unterschiedlich verteilt. In Südamerika sind zum Beispiel große Süßwasservorkommen und ausreichende Ausdehnungsmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Fläche vorhanden. In Europa und Nordamerika ist auch aufgrund konkurrierender Bodenbedarfe wie Siedlungszwecke, Wälder und Schutzgebiete kaum eine Ausdehnung

der bisherigen landwirtschaftlichen Fläche möglich. Größere Potentiale liegen eher in der Erhöhung der Bodenproduktivität. Diese kann durch zusätzliche Bewässerung, durch Düngemiteleinsatz und durch Gentechnik erhöht werden. Letztere allerdings gesellschaftlich umstrittene Möglichkeit bietet gerade im Hinblick auf den Klimawandel Chancen, Pflanzen zum Beispiel hitze- und trockenheitsresistenter zu machen und somit an die zu erwartenden klimatischen Bedingungen anzupassen.

Die Politik beeinflusst durch die Agrar- und Handelspolitik sowie vermehrt durch die Klimapolitik die Entscheidungen über die Auswahl der zu produzierenden Güter. In der Agrar- und Handelspolitik zeichnen sich leichte Liberalisierungstendenzen ab. Hohe Absatzpreise für landwirtschaftliche Güter können dabei Verhandlungslösungen erleichtern. Trotzdem wird der Agrarsektor weiterhin durch Subventionen und Handelsbeschränkungen geprägt sein. Mit der Klimapolitik gewinnt ein neues Themenfeld zusätzlich an Bedeutung. Bisher gibt es noch keine konkreten Überlegungen, den Agrarsektor beispielsweise in einen Emissionshandel mit aufzunehmen. Langfristig ist ein solcher Schritt durchaus vorstellbar. Dann müsste die Landwirtschaft ihre Produktion einerseits emissionsärmer gestalten. Andererseits ergäben sich laut OECD und FAO (2009) Chancen durch die Schaffung von Kohlenstoffsinken beispielsweise mittels Aufforstung.

Es lässt sich festhalten, dass der Klimawandel direkte Auswirkungen auf die Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg haben und somit die Landwirtschaft stark beeinflussen wird. Indirekt werden Effekte durch Politikmaßnahmen zur Vermeidung von CO<sub>2</sub> und die Förderung von Biomasse zu erwarten sein. Nichtsdestotrotz bleiben die bisherigen Faktoren, die das Angebot und die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Gütern global bestimmen, weiterhin prägend für die Landwirtschaft insgesamt, aber auch für die Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg.

## Literatur

- Ainsworth, E. und Long, S. (2005). What have we learned from 15 years of free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO<sub>2</sub>, *New Phytologist* 165(2), S. 351–371.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009). Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe.
- Chmielewski, F.-M. (2007). Folgen des Klimawandels für Land- und Forstwirtschaft, erschienen in: W. Endlicher und F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.), *Der Klimawandel - Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*, Deutsche Gesellschaft für Geographie des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Humboldt-Universität zu Berlin, S. 75–85.
- Chmielewski, F.-M. (2009). Landwirtschaft und Klimawandel, *Geographische Rundschau* 61(9), S. 28–35.
- Chmielewski, F.-M. und Köhn, W. (2000). Impact of weather on yield components of winter rye over 30 years, *Agricultural and Forest Meteorology* 102(4), S. 253–261.
- Engelman, R., Macharia, J., Zahedi, K., Jallow, B., Boncour, P. und Riera, J. (2009). *The State of World Population 2009*, United Nations Population Fund (UNFPA), New York.
- Europäische Kommission (2009). *Agricultural Commodity Markets Outlook 2009-2018*.
- Fischer, A. (2001). Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten von Wiederkäuern (Rind und Schaf) auf extensivierten Niedermoorweiden, Habilitationsschrift, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität Berlin.
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. und van Velhuizen, H. (2005). Socio-Economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990-2080, *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 360, S. 2067–2083.
- Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI) (2010). *U.S. and World Agricultural Outlook*, FAPRI Staff Report 10-FSR 1.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2003). *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective*, Earthscan Publications Ltd., London.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2006). *World agriculture: towards 2030/2050. Interim Report*.
- Fricke, E. und Riedel, A. (2009). Berechnung scharf durchkalkulieren, Fachverband Feldberechnung e.V. (13.05.2009). [http://www.fachverband-feldberechnung.de/pdf/Artikel\\_Berechnung\\_kalkulieren\\_komplett\\_1\\_09.pdf](http://www.fachverband-feldberechnung.de/pdf/Artikel_Berechnung_kalkulieren_komplett_1_09.pdf)
- Greifenhagen, S. und Noland, T. L. (2003). *A Synopsis of Known and Potential Diseases and Parasites Associated with Climate Change*, Ontario Forest Research Institute.

Görgens, M. und Weber, R. W. S. (2009). Klimawandel und Obstbau in Deutschland - Abschlussbericht des Teilprojektes OVA Jork.

International Energy Agency (IEA) (2009). Medium-Term Oil Market Report June 2009.

International Energy Agency (IEA) (2010). Sustainable Production Of Second-Generation Biofuels - Potential and perspectives in major economies and developing countries.

IPCC (2007). erschienen in: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. Averyt, M. Tignor und H. Miller (Hrsg.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, S. 996.

Kammann, C., Grünhage, L., Grüters, U., Janze, S. und Jäger, H. (2005). Response of aboveground grassland biomass and soil moisture to moderate long-term CO<sub>2</sub> enrichment, *Basic and Applied Ecology* 6(4), S. 351–365.

Kemfert, C. und Kremers, H. (2009). The cost of climate change to the German fruit vegetation sector, *Discussion Papers of DIW Berlin* 857.

Kölling, C. und Zimmermann, L. (2007). Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel, *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 67(6), S. 259–268.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen Bezirksstelle Uelzen (Hrsg.) (2008). No Regret – Genug Wasser für die Landwirtschaft?!, Uelzen.

Lotze-Campen, H., Claussen, L., Dosch, A., Noleppa, S., Rock, J., Schuler, J. und Uckert, G. (2009). Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin.

Manderscheid, R. und Weigel, H.-J. (2006). Klimawandel und Getreideanbau. Worauf muss sich die praktische Landwirtschaft einstellen?, *GetreideMagazin* 11(2), S. 134–139.

Norddeutsches Klimabüro GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH Institut für Küstenforschung (2010). Norddeutscher Klimaatlas. <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/klimaatlas/2071-2100/jahr/durchschnittliche-temperatur/norddeutschland.html>

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) und Food and Agriculture Organization (FAO) (2009). OECD-FAO Agricultural Outlook 2009-2018, OECDpublishing, Paris.

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) und Food and Agriculture Organization (FAO) (2010). OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019, OECDpublishing, Paris.

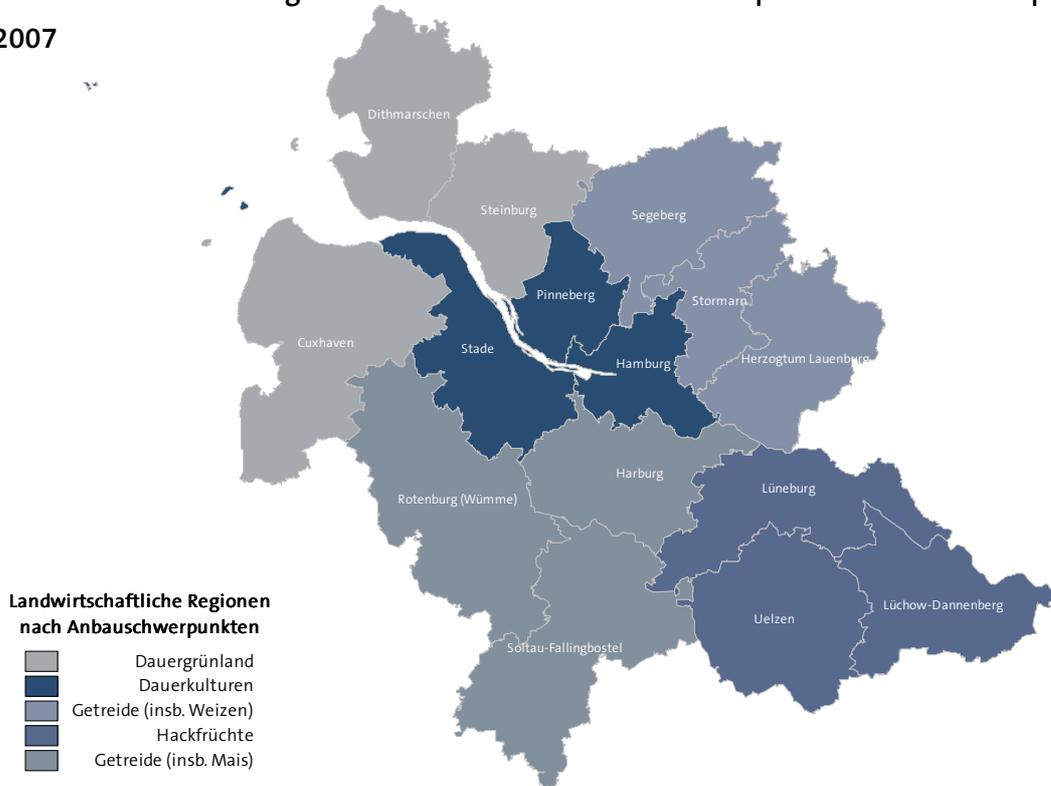
Rath, D., Gädeken, D., Hesse, D. und Schlichting, M. (1994). Die Wirkung erhöhter Temperaturen auf die Nutztierhaltung, Klimaveränderung und Landbewirtschaftung Teil II. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 148, S. 341–375.

- Rosegrant, M. W., Cai, X. und Cline, S. A. (2002). Global Water Outlook to 2025 - Averting an Impending Crisis, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Savoini, G. und Moretti, V. (2006). Quality of Primary Food Products as Affected by Climate Change, *Veterinary Research Communications* 30, S. 99–103.
- Schaller, M. und Weigel, H.-J. (2007). Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung, *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 316.
- Sharma, A., Rodriguez, L., Wilcox, C., Collier, R., Bachman, K. und Martin, F. (1988). Interactions of Climatic Factors Affecting Milk Yield and Composition, *Journal of Dairy Science* 71(3), S. 819–825.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B. und Sirotenko, O. (2007). Agriculture, erschienen in: B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave und L. Meyer (Hrsg.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Umweltbundesamt (2007). Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen - Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG, Themenbereich Klimaschutz, Hintergrundpapier .
- Umweltbundesamt und Max-Planck-Institut für Meteorologie (2006). Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert, Hintergrundpapier (April 2006, aktualisiert im September 2006).
- United States Department of Agriculture (USDA) (2010). *USDA Agricultural Projections to 2019*.
- Weigel, H.-J. (2004). Fluch oder Segen - wie verändert der Klimawandel die Pflanzenproduktion global und hierzulande?, erschienen in: *Landbauforschung Völkenrode* (Hrsg.), Sonderheft, Ausgabe 274, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig.
- Weigel, H.-J., Waloszcyk, K., Pacholski, A. und Frühauf, C. (2006). Zur Wirkung erhöhter atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf Wintergerste, Zuckerrübe und Winterweizen in einer Fruchtfolge: Beispiele aus dem Braunschweiger Kohlenstoffprojekt, *Landbauforschung Völkenrode* 56(3-4), S. 101–115.
- Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U. und Cramer, W. (2005). Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, *Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht* 20141253 .

## Anhang

Abbildung 12

Landwirtschaftliche Regionen unterteilt nach Anbauswerpunkten in der Metropolregion,  
2007



Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2009); Klassifikation HWWL.

Abbildung 13

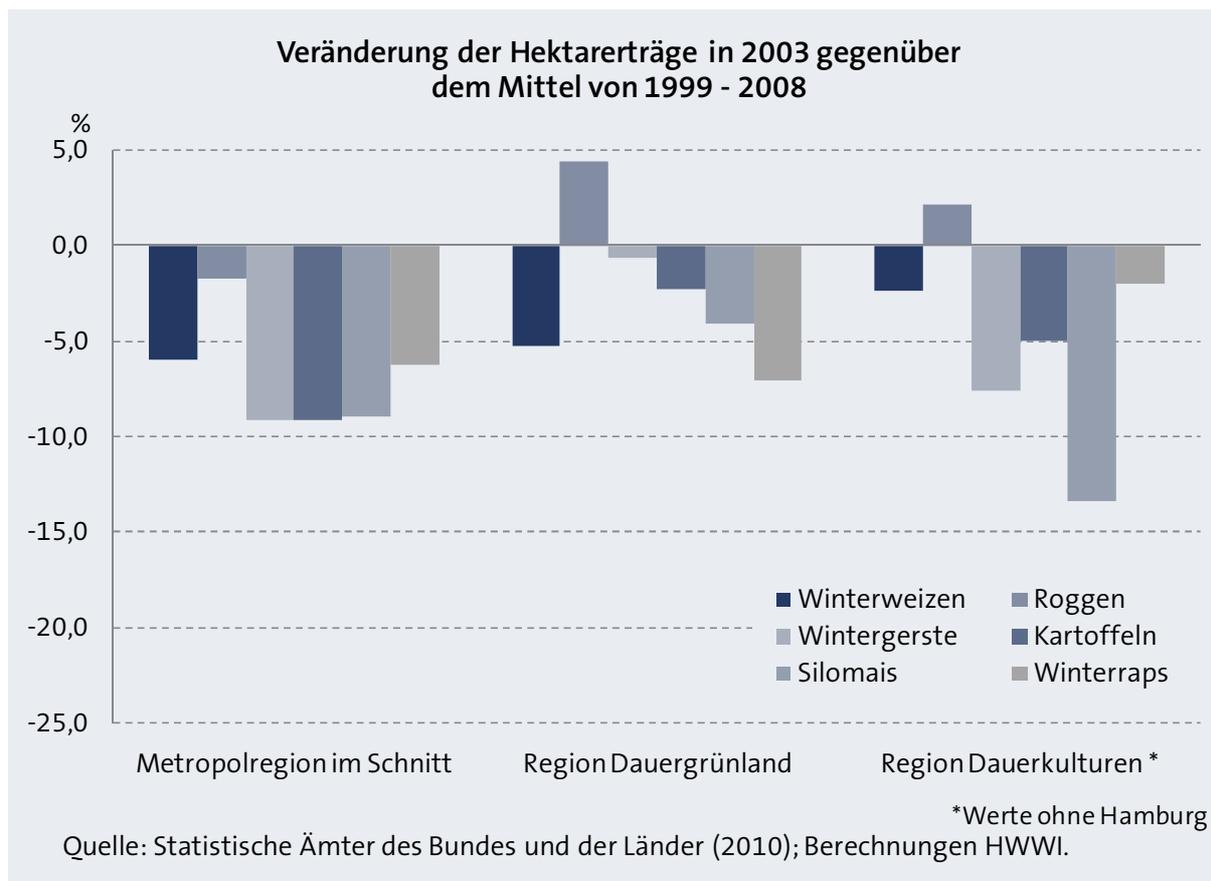
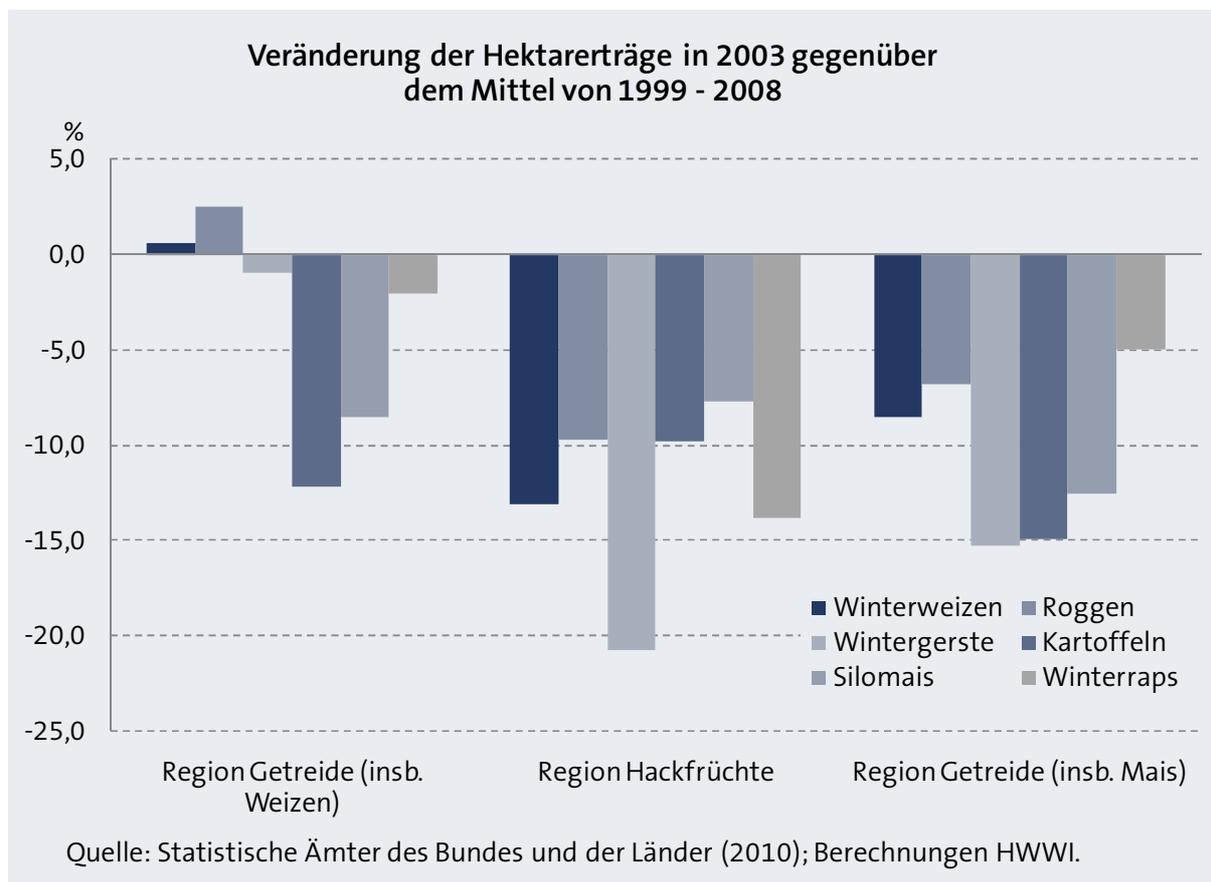


Abbildung 14



## HWWI Research Papers

der HWWI-Kompetenzbereiche

“Wirtschaftliche Trends” und “Hamburg und regionale Entwicklungen”

33. Die Struktur der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg  
Julia Kowalewski, Sven Schulze, Hamburg, Juli 2010
32. Local Human Capital, Segregation by Skill, and Skill-Specific Employment Growth  
Friso Schlitte, Hamburg, July 2010
31. Who Cares? Determinants of the Fathers' Use of Parental Leave in Germany  
Nora Reich, Hamburg, June 2010
30. Women and work: what role do social norms play?  
Andreia Tolciu, Ulrich Zierahn, Hamburg, March 2010
29. Mind the gap! The amount of German mothers' care bill and its game theoretical issues  
Christina Boll, Hamburg, March 2010
28. Specialisation and Employment Development in Germany – Analysis at regional level –  
Julia Kowalewski, Hamburg, February 2010
27. Die deutschen Ausbauziele für erneuerbare Energien: Eine Effizienzanalyse  
Sebastian Schröder, Ulrich Zierahn, Hamburg, August 2009
26. Climate Change Impacts in Computable General Equilibrium Models: An Overview  
Sebastian Döll, Hamburg, August 2009
25. Methodology of the Input-Output Analysis  
Julia Kowalewski, Hamburg, August 2009
24. What a Difference Peers Can Make: The Impact of Social (Work) Norms on Unemployment Duration  
Andreia Tolciu, Hamburg, May 2009
23. The wage impact of immigration in Germany – new evidence – for skill groups and occupations  
Max Friedrich Steinhardt, Hamburg, April 2009
22. Der Faktor Zufall im Fußball. Eine empirische Untersuchung für die Saison 2007/08  
Jörn Quitzau, Henning Vöpel, Hamburg, März 2009
21. Should I Stay or Should I Go? Regional Mobility and Social Capital  
Michael Bräuninger, Andreia Tolciu, Hamburg, February 2009
20. Creative Cities and the Concept of Diversity  
Jan Wedemeier, Hamburg, January 2009
19. Lohnneinbußen durch geburtsbedingte Erwerbsunterbrechungen – fertilitätstheoretische Einordnung, Quantifizierung auf Basis von SOEP-Daten und familienpolitische Implikationen  
Christina Boll, Hamburg, Januar 2009
18. Do Institutions Affect Sustainability?  
Jana Stöver, Hamburg, January 2009
17. What Drives Innovation? Causes of and Consequences for Nanotechnologies  
Ingrid Ott, Christian Papilloud, Torben Zülsdorf, Hamburg, October 2008
16. EU Enlargement and Convergence – Does Market Access Matter?  
Annekatrien Niebuhr, Friso Schlitte, Hamburg, June 2008

15. Is Unemployment a Consequence of Social Interactions? Seeking for a Common Research Framework for Economists and other Social Scientists  
Andreia Tolciu, Hamburg, April 2008
14. Reform der schwedischen Arbeitsmarkt- und Tarifpolitik  
Ulrich Zierahn, Hamburg, April 2008
13. Beschäftigungseffekte durch den Ausbau der erneuerbaren Energien in Norddeutschland  
Norbert Kriedel, Hamburg, März 2008
12. Inequality of Learning Amongst Immigrant Children in Industrialised Countries  
Sylke Viola Schnepf, Hamburg, February 2008
11. Regional Income Inequality and Convergence Processes in the EU-25  
Tiiu Paas, Friso Schlitte, Hamburg, October 2007
10. Governmental activity, integration, and agglomeration  
Ingrid Ott, Susanne Soretz, Hamburg, July 2007
9. Wie innovationsfähig ist Deutschland? – Ein Gesamindikator zur Messung der Innovationsfähigkeit  
Henning Vöpel, Hamburg, Juli 2007
8. CDM potential of wind power projects in India  
Pallav Purohit, Axel Michaelowa  
Hamburg, June 2007
7. Ein makroökonomisches Modell für Hamburg  
Norbert Kriedel, Hamburg, Mai 2007
6. Managementstrategien im Fußball: „Big Push“ oder Kontinuität?  
Ein dynamisches Modell zum sportlichen Auf- und Abstieg von Vereinen  
Henning Vöpel, Hamburg, Februar 2007
5. Ein Transfermarktmodell und Implikationen für die strategische Transferpolitik der Vereine in der Fußball-Bundesliga  
Henning Vöpel, Hamburg, November 2006
4. Gender Equality in the Labour Market: Attitudes to Women's Work  
Sylke Viola Schnepf, Hamburg, Oktober 2006
3. Ein „ZIDANE-Clustering-Theorem“ und Implikationen für den Finanzausgleich in der Bundesliga  
Henning Vöpel, Hamburg, Juli 2006
2. Doping im Radsport als kollektives Gleichgewicht  
Henning Vöpel, Hamburg, Juli 2006
1. Long Waves of Economic Development and the Diffusion of General-Purpose Technologies – The Case of Railway Networks  
Norbert Kriedel, Hamburg, Januar 2006

**Das Hamburgische WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)** ist ein gemeinnütziger, unabhängiger Think Tank mit den zentralen Aufgaben:

- die Wirtschaftswissenschaften in Forschung und Lehre zu fördern,
- eigene, qualitativ hochwertige Forschung in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften zu betreiben,
- sowie die Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und die interessierte Öffentlichkeit über ökonomische Entwicklungen unabhängig und kompetent zu beraten und zu informieren.

Das HWWI betreibt interdisziplinäre Forschung in den folgenden Kompetenzbereichen: Wirtschaftliche Trends, Hamburg und regionale Entwicklungen, Weltwirtschaft sowie Migration Research Group.

Gesellschafter des im Jahr 2005 gegründeten Instituts sind die Universität Hamburg und die Handelskammer Hamburg.

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Str. 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

info@hwwi.org | [www.hwwi.org](http://www.hwwi.org)