

# Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung

*Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in  
der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel*



## Teil 1: Einleitung und Zusammenfassung

*Dr. Jürgen Grocholl und Imke Mersch*



**KLIMZUG-NORD**

Strategische Anpassungsansätze  
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg

## Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung

- Teil 1** Grocholl, J. & Mersch, I. (2014): **Einleitung und Zusammenfassung**, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 1, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- Teil 2** Weber, R.W.S. (2014): **Anpassung des Obstbaus der Niederelbe an den Klimawandel**, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 2, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- Teil 3** Eiben, E., Mersch, I. & von Haaren, J. (2014): **Anpassung der landwirtschaftlichen Nutzung der Elbtalauen an den Klimawandel**, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 3, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- Teil 4** Grocholl, J., Anter, J., Asendorf, R., Feistkorn, D., Fricke, E., Mensching-Buhr, A., Nolting, K., Riedel, A., Schossow, R., Thörmann, H.-H., Urban, B. (2014): **Wasser sparen im Ackerbau**, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 4, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- Teil 5** Mersch, I. & von Haaren, M. (2014): **Zukunftsfähige Kulturlandschaften**, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 5, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- Teil 6** Schulz, E. (2014): **Strategien zur Grundwasseranreicherung**, Landwirtschaft im Klimawandel: Wege zur Anpassung – Forschungsergebnisse zu Anpassungsstrategien der Landwirtschaft in der Metropolregion Hamburg an den Klimawandel, Teil 5, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.

Alle Berichte stehen unter <http://www.lwk-niedersachsen.de>, Webcode: 01025353, zum Download zur Verfügung.

## Impressum

### Herausgeberin

Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Bezirksstelle Uelzen  
Wilhelm-Seedorf-Straße 3  
29525 Uelzen

Landwirtschaftskammer  
**Niedersachsen**

### Autoren

Dr. Jürgen Grocholl  
Dipl.-Geogr. Imke Mersch

### Redaktion

Dipl.-Geogr. Imke Mersch

© Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Mai 2014



### **KLIMZUG-NORD**

Strategische Anpassungsansätze  
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg

Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen von KLIMZUG-NORD mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LR0805M gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Veranlassung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Das Projekt KLIMZUG-NORD .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Sozioökonomische Rahmenbedingungen .....</b>	<b>9</b>
3.1	<i>Bedeutung der Landwirtschaft.....</i>	9
3.2	<i>Entwicklung der Landwirtschaft.....</i>	10
<b>4</b>	<b>Untersuchungsgebiete im Klimawandel.....</b>	<b>13</b>
4.1	<i>Altes Land.....</i>	13
4.2	<i>Elbtalaue.....</i>	15
4.3	<i>Ostheide .....</i>	15
<b>5</b>	<b>Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse .....</b>	<b>19</b>
5.1	<i>Altes Land.....</i>	19
5.2	<i>Elbtalaue.....</i>	20
5.3	<i>Ostheide .....</i>	20
<b>6</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>23</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1:	Lage der Untersuchungsstandorte in der Metropolregion Hamburg.....	7
Abb. 2-1:	Themenfelder Stadt (rot), Land (grün) und Fluss (blau) in der Metropolregion Hamburg und im Projektgebiet von KLIMZUG-NORD (dunkelgrau) .....	8
Abb. 3-1:	Anteil der Fruchtarten auf dem Ackerland (in % für die LK UE, LG, DAN, WL, HK).....	10
Abb. 4-1:	Typische Impression der Kulturlandschaft Altes Land .....	14
Abb. 4-2:	Frostschutzberechnung im Alten Land .....	14
Abb. 4-3:	Klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode, Messstation Uelzen, 2003-2013.....	16
Abb. 4-4:	Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit berechnet für heutige Klimabedingungen (oben) und das Szenario 2050 (unten) .....	18
Abb. 5-1:	Vorgehensweise vom ersten Auftreten bis zur erfolgreichen Bekämpfung eines neuen Schaderregers – von den Obsterzeugern über die Beratung in die Forschung und zurück.....	19
Abb. 5-2:	Maßnahmen zur Anpassung der Beregnungslandwirtschaft an den steigenden Wasserbedarf im Klimawandel .....	22

## Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1:	Anteil der Beschäftigten in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei an allen Erwerbstätigen sowie an der Bruttowertschöpfung 2009.....	9
Tab. 3-2:	Anteil der Beschäftigten im Ernährungsgewerbe an allen Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe .....	9

## 1 Veranlassung

Der bis zum Jahr 2050 projizierte Klimawandel birgt für die Landwirtschaft zahlreiche Herausforderungen. Zentrale Punkte sind dabei eine ausreichende Wasserverfügbarkeit in der Vegetationsperiode und eine effiziente Wassernutzung. Aber auch neue Krankheiten und Schädlinge, das Risiko der Bodendegeneration, die Frage nach einer nachhaltigen Betriebsführung und viele andere Aspekte sind vor dem Hintergrund des Klimawandels zu beleuchten. Auf der anderen Seite führen steigende Temperaturen zu einer verlängerten Vegetationsperiode, die in einigen Fällen den Anbau von Folgekulturen nach der Hauptfrucht ermöglicht. Die gestiegenen CO<sub>2</sub>-Gehalte der Luft führen bei den meisten Kulturpflanzen (C3-Pflanzen) zu steigenden Erträgen (Schaller & Weigel 2007).

Landwirtschaft findet in Niedersachsen unter sich kontinuierlich ändernden Rahmenbedingungen statt. Die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP), Gesetze, Richtlinien, Verordnungen, Bewirtschaftungsauflagen (z.B. Agrarumweltmaßnahmen) und die gute fachliche Praxis geben Strukturen für die Bewirtschaftung vor. Hinzu kommen u.a. die Anforderungen des Marktes, die Auswirkungen der Energiepflanzenproduktion und des anhaltenden Strukturwandels (z.B. Lieferverträge, Preise, Flächenverknappung).

Bei Klimaprojektionen handelt es sich um den Versuch, Entwicklungstendenzen abzuschätzen, um nicht völlig unvorbereitet mit Änderungen konfrontiert zu werden. Dementsprechend sind die Ergebnisse mit Unsicherheiten behaftet. Im Anpassungsprozess stellt sich daher die Frage nach NoRegret-Maßnahmen, also Maßnahmen, die ohne Reue umgesetzt werden können und auch bei Nicht-Eintritt der erwarteten Entwicklung nützlich sind oder zumindest schadlos bleiben (LWK 2008). Dabei sind alle betroffenen Akteure einzubeziehen, eine sektorale Anpassung, die nur die eigenen Bedürfnisse berücksichtigt, ist nicht zielführend. Daher bedarf es von Beginn an eines begleitenden Kommunikationsprozesses.

Anpassung kann und muss auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Aus Sicht der Landwirtschaft kann jeder Betriebsleiter einzelbetriebliche Maßnahmen ergreifen, um sein persönliches Risiko zu senken, durch die Folgen des Klimawandels betroffen zu sein. Diese Einzelmaßnahmen sind jedoch nur kleine Stellschrauben, die durch größer angelegte, regionale Anpassungskonzepte und politische Weichenstellungen ergänzt werden müssen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Forschungsprojekt KLIMZUG-NORD mögliche Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft Nord-Ost-Niedersachsens an den Klimawandel untersucht. Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen forschte in den Landkreisen Stade, Lüneburg, Lüchow-Dannenberg und Uelzen (Abb. 1-1). Der vorliegende Ergebnis-Bericht ist in sechs Teile gegliedert: eine Einleitung und Zusammenfassung (vorliegender Text) sowie fünf thematische Berichte aus den Untersuchungsgebieten Altes Land (vgl. Teil 2), Elbtalau (vgl. Teil 3) und Ostheide (vgl. Teile 4-6). Die vorgestellten Maßnahmen sollen Anregungen zur Nachahmung liefern und bei politischen wie privaten Entscheidungen Hilfestellung leisten.



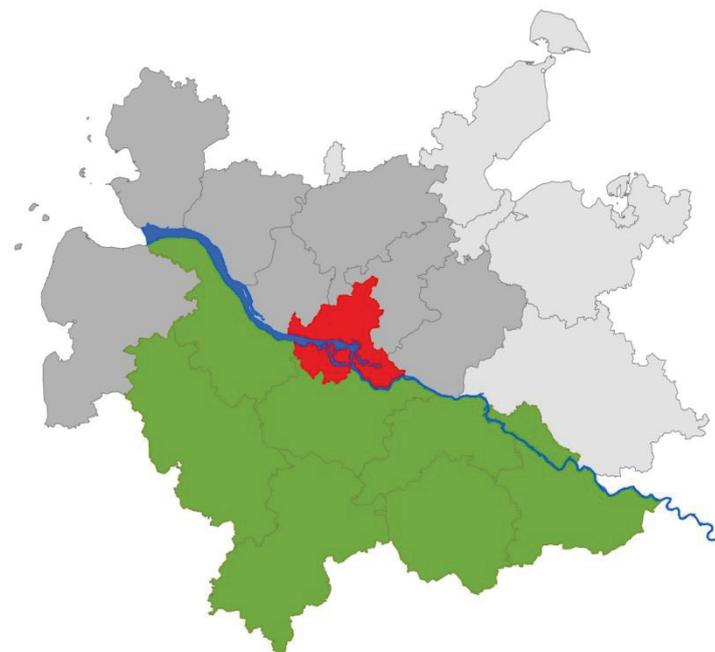
Abb. 1-1: Lage der Untersuchungsstandorte in der Metropolregion Hamburg

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: I. Mersch

Zum Gelingen der Arbeiten haben zahlreiche Akteure innerhalb und außerhalb der Untersuchungsgebiete maßgeblich beigetragen. Unser Dank gilt den beteiligten Landwirten, Behörden, Verbänden, Hochschulen, Forschungseinrichtungen, unseren Projektpartnern sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern, die sich auf vielfältige Weise in den Prozess einbrachten.

## 2 Das Projekt KLIMZUG-NORD

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert durch das Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA)“ innovative Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel deutschlandweit in sieben Verbundprojekte unter dem Titel „KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“. Der Verbund KLIMZUG-NORD erforschte von 2009-2014 inter- und transdisziplinär Anpassungsstrategien an die



Folgen des bis zum Jahr 2050 projizierten Klimawandels in der Metropolregion Hamburg. Beteiligt waren knapp 40 Partner aus Universitäten, Fachhochschulen, Forschungseinrichtungen, Behörden, behördennahen Einrichtungen und Unternehmen. Geforscht wurde in den drei Themenfeldern Integrierte Stadt- und Raumentwicklung (Stadt), Zukunftsfähige Kulturlandschaften (Land) und Ästuarmanagement (Fluss) (Abb. 2-1).

*Abb. 2-1: Themenfelder Stadt (rot), Land (grün) und Fluss (blau) in der Metropolregion Hamburg und im Projektgebiet von KLIMZUG-NORD (dunkelgrau)*

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: I. Mersch

Neben den Tätigkeiten in den einzelnen Themenfeldern und Arbeitspaketen erfolgte eine enge Zusammenarbeit zwischen allen Projektpartnern sowie den Querschnittsaufgaben Klimawandel, Naturschutz, Ökonomie, Governance sowie Kommunikation und Bildung. Eine stark zusammengefasste Gesamtübersicht über alle Ergebnisse bietet das „Kursbuch Klimaanpassung“ (KLIMZUG-NORD Verbund 2014). Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) war im Themenfeld „Zukunftsfähige Kulturlandschaften“ in insgesamt fünf Teilprojekten (3.2-3.6) tätig. Die Ergebnisse werden in den einzelnen Teilberichten näher dargestellt.

- 3.2 Anpassungsstrategien im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue am Beispiel der Auenlebensräume (vgl. Teil 3)
- 3.3 Strategien für eine klimaangepasste Landnutzung in Kulturlandschaften der Metropolregion Hamburg am Beispiel der Region Ostheide (vgl. Teile 4 und 5)
- 3.4 Anpassungsstrategie an den Klimawandel in der Sonderkultur Obstbau der Niederelbemarschen (vgl. Teil 2)
- 3.5 Klimainduzierte Grundwasserwirtschaftliche Veränderungen in der Metropolregion Hamburg und Maßnahmen zur Adaption (vgl. Teil 6)
- 3.6 Abwassermanagement und -nutzung (vgl. Teil 6)

### 3 Sozioökonomische Rahmenbedingungen

#### 3.1 Bedeutung der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft hat im ländlichen Raum der Metropolregion Hamburg eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Eine umfassende Auswertung statistischer Daten für die einzelnen Landkreise geben die entsprechenden Portraits des HWWI (Döll und Kowalewsky 2011). Besonders im strukturschwachen Nordost-Niedersachsen sind die Land- und Forstwirtschaft wichtige Arbeitgeber (Tab. 3-1).

*Tab. 3-1: Anteil der Beschäftigten in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei an allen Erwerbstätigen sowie an der Bruttowertschöpfung 2009*

Landkreis	Anteil Beschäftigte (%)	Anteil Bruttowertschöpfung (%)
Uelzen	6,6	3,5
Lüneburg	3,1	1,4
Harburg	4,3	1,7
Heidekreis	4,1	2,1
Lüchow-Dannenberg	8,9	5,2
Rotenburg	6,3	2,7
Cuxhaven	7,3	3,9
Stade	5,8	2,3

Anmerkung: Mittelwert Niedersachsen: Beschäftigte 3,3%, Bruttowertschöpfung 1,4%  
Quelle: Destatis, LSKN, zit. in LWK 2011

Neben der direkten Beschäftigung in der Landwirtschaft ist sie auch Voraussetzung für Arbeitsplätze im vor- und nachgelagerten Bereich, wie beispielsweise in der Weiterverarbeitung und Veredelung (Tab. 3-2).

*Tab. 3-2: Anteil der Beschäftigten im Ernährungsgewerbe an allen Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe*

Landkreis	Anteil Beschäftigte (%)
Uelzen	> 40
Lüneburg	30 - 40
Harburg	30 - 40
Heidekreis	20 - 30
Lüchow-Dannenberg	20 - 30
Rotenburg	30 - 40
Cuxhaven	> 40
Stade	< 10

Anmerkung: Nur drei Kreise in Nds. weisen einen Anteil von > 40% auf, 8 Kreise/kreisfreie Städte von 30- 40%, 8 von 20-30%, 27 von < 20%.

Quelle: Monatsberichte der Betriebe im verarbeitenden Gewerbe sowie der Bereiche Gewinnung von Steinen und Erden, Berichtskreis Betriebe von Unternehmen mit i.A. mehr als 20 Beschäftigten, zit. in ML 2010

Auch der Anteil der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei an der Bruttowertschöpfung ist in diesen Landkreisen überdurchschnittlich (Tab. 3-1). Nach Berechnungen des NIEKE (2012) gehören Rotenburg (Rang 6), Cuxhaven (Rang 9), Lüneburg (Rang 11), Heidekreis (Rang 16) und Uelzen (Rang 18) zudem zu den 20 umsatzstärksten Kreisen in der niedersächsischen Nahrungs- und Futtermittelwirtschaft.

In den Landkreisen der Lüneburger Heide hat die tierische Veredelung bisher nur eine nachrangige Bedeutung. Während die landwirtschaftlichen Betriebe im Mittel Niedersachsens einen Viehbesatz von 1,12 GVE/ha LF<sup>1</sup> aufweisen, liegt dieser in den fünf Heidelandkreisen der Metropolregion zwischen 0,72 und 0,28 GVE/ha (LSKN, zit. in: LWK 2011). Basis der landwirtschaftlichen Wertschöpfung ist daher die Erzeugung hochwertiger Produkte wie beispielsweise Kartoffeln und Zuckerrüben auf dem Acker (Abb. 3-1). Neben den verschiedenen Getreidearten, Mais und Raps spielen verschiedene Sonderkulturen regional eine Rolle. Durch den Anbau verschiedenster Kulturarten prägt die Landwirtschaft damit eine vielfältige Kulturlandschaft.

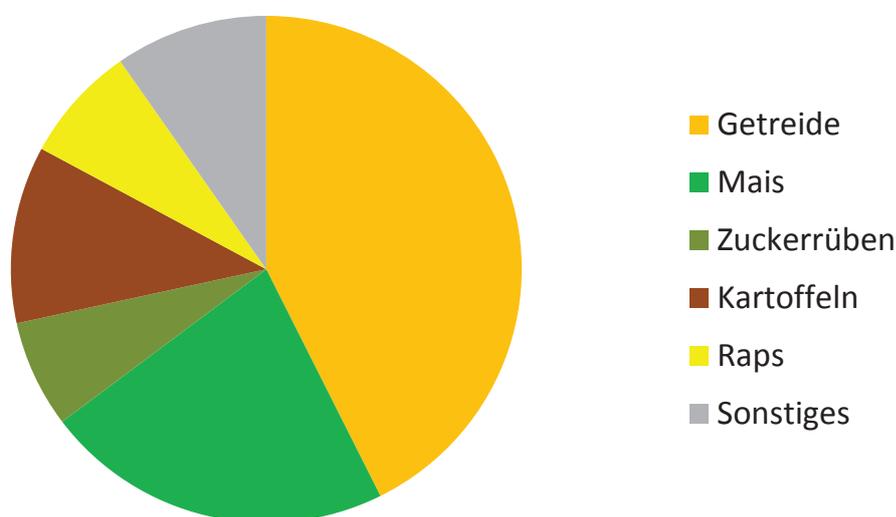


Abb. 3-1: Anteil der Fruchtarten auf dem Ackerland (in % für die LK UE, LG, DAN, WL, HK)

Quelle: GAP-Statistik LWK 2013

### 3.2 Entwicklung der Landwirtschaft

Die zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft hängt von einer Vielzahl Faktoren ab. Der lokale demographische Wandel spielt dabei nur eine geringe Rolle, vielmehr sind die EU-Agrarpolitik, die Weltagrarmärkte, WTO-Regelungen und allgemein die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen entscheidend (TLL, 2006, zit. in Behrens et al., 2012). Dagegen spielt der internationale bzw. globale demographische Wandel vermutlich eine wichtige Rolle und beeinflusst damit auch die landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland (Behrens et al., 2012). Der weltweite Bevölkerungszuwachs verbunden mit steigendem Einkommen in ärmeren Ländern (und damit zunehmenden Möglichkeiten hochwertige Nahrungsmittel/ Fleisch zu konsumieren) wird die Nachfrage nach Lebensmitteln deutlich steigern. Bisherige Schätzungen gehen bis 2050 von einer Verdoppelung der Nachfrage nach

<sup>1</sup> GVE/Hektar LF → GVE: Großvieheinheit, dient als Maßzahl zum Vergleich des Besatzes mit verschiedenen Nutztieren, die auf Basis ihres Lebendgewichtes umgerechnet werden (1 GVE = 500 kg = 1 Milchkuh). LF: landwirtschaftlich genutzte Fläche, umfasst Ackerflächen, Dauerkulturlflächen und Dauerweideflächen

landwirtschaftlichen Erzeugnissen aus (Wiss. Beirat, 2012; von Witzke, 2010), eine neuere Schätzung sogar von einer Steigerung um 120 % (von Witzke, 2013). Eine Verdoppelung der Nachfrage bis 2050 erfordert eine Steigerung der weltweiten Produktion von 1,8 % jährlich (Wiss. Beirat, 2012) und dies auch in Ländern, in denen die Produktionsbedingungen in Folge des Klimawandels deutlich schlechter werden. Eine Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Fläche ist weltweit nur begrenzt möglich. Entweder, weil Flächen auf Grund der natürlichen Gegebenheiten nicht zur Nutzung geeignet sind, oder weil die Nutzung zu anderen, erheblichen Nachteilen führen kann (z.B. Rodung des Regenwaldes). In Deutschland hat die landwirtschaftlich genutzte Fläche in den letzten Jahren sogar abgenommen. So ging der Anteil an der Gesamtfläche in Deutschland von 54,7 % im Jahr 1992 auf 51,8 % 2012 zurück, in Niedersachsen im gleichen Zeitraum von 61,0 % auf 58,5 % (Destatis 2013).

Verschiedene mögliche Szenarien für die Entwicklung des ländlichen Raumes sind bei Demuth et al. (2011) dargestellt. Ausgehend von diesen Szenarien und den oben geschilderten Zusammenhängen wurden für die Metropolregion die drei folgenden, grob umrissenen sozio-ökonomische Szenarien entwickelt:

**A: Ökologische Produktion für die Region**

*(Bevölkerungsrückgang in Stadt und ländlichem Raum, hohes Umweltbewusstsein, starke Wirtschaft)*

Das allgemein hohe Umweltbewusstsein führt zu einer Nachfragesteigerung nach ökologisch erzeugten Produkten und einer entsprechenden Ausrichtung der Landwirtschaft. Dies wird durch staatliche Fördermaßnahmen, auch zur Erhaltung der historisch gewachsenen Kulturlandschaft, unterstützt. Staatliche Fördermaßnahmen versuchen ebenfalls, insbesondere durch Erhalten einer umfangreichen Infrastruktur, die Bevölkerung im ländlichen Raum zu halten.

**B: Nachhaltige Produktivitätssteigerung**

*(Bevölkerungszuwachs in der Stadt, -abnahme im ländlichen Raum, positive wirtschaftliche Entwicklung)*

Die Wanderung der Bevölkerung Richtung Stadt führt zur Aufgabe kleiner Siedlungen. Vor allem in den traditionellen Ackerbaugebieten wird die Flächenproduktivität der wachsenden Familienbetriebe unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Kriterien gesteigert. Auch Viehhaltung und Energieproduktion stellen wichtige wirtschaftliche Standbeine dar. Für einige Landwirte im direkten Umfeld der Städte ist die Naherholung (Ausflugsbauernhof, Erhalt historischer Kulturlandschaften) eine Einnahmequelle.

**C: Produktion für den Weltmarkt**

*(Bevölkerungszuwachs in Stadt und Umland (Zuzug), starke wirtschaftliche Entwicklung, Rückzug des Staates)*

Der Bevölkerungszuwachs beschränkt sich im ländlichen Raum auf die gut an die Metropole angebotenen Regionen. Steigende Nachfrage und die Ausrichtung auf wirtschaftliches Wachstum haben zu einer intensiven landwirtschaftlichen Produktion geführt. Eine geringe Anzahl großer Betriebe, die sich teilweise im Besitz von Kapitalgesellschaften befinden, produzieren Lebensmittel und andere Rohstoffe für den Weltmarkt. Intensivierung und Spezialisierung nehmen, auch zu Lasten der Umwelt, zu.

Welche Entwicklung die niedersächsische Landwirtschaft in Zukunft nehmen wird, ist nicht vorhersehbar, da sie von den bereits vorgestellten Kriterien und von noch vielen weiteren mehr abhängt. Um Anpassungsmaßnahmen entwickeln zu können sind jedoch bestimmte Annahmen als Basis erforderlich. Dies gilt nicht nur für Klimaprojektionen sondern ebenso für Szenarien im sozio-ökonomischen Bereich. Oftmals werden diese aber nicht klar benannt, sondern stillschweigend als allgemein akzeptiert vorausgesetzt. Bestimmte regionale und globale Tendenzen scheinen wahrscheinlicher als andere, so dass das beschriebene Szenario B für die Arbeiten der LWK zugrunde gelegt wurde. Es entspricht in seinen Grundzügen der derzeitigen Situation. Eine Intensivierung der sich bereits abzeichnenden Tendenzen wird angenommen:

- anhaltende Flächenverknappung durch Versiegelung, Naturschutzmaßnahmen sowie Ausgleich und Ersatz,
- steigende Nachfrage nach Nahrungs- und Energiepflanzen bei gleichzeitiger Flächenverknappung erfordert hohe Flächenproduktivität,
- Fortsetzung des Strukturwandels mit einer Abnahme der Zahl der wirtschaftenden Betriebe und einer Zunahme der durchschnittlichen Betriebsgröße,
- anhaltend hohe Bedeutung der Landwirtschaft,
- eingeschränkter Gestaltungsspielraum durch rechtliche Rahmenbedingungen (Förderung, Auflagen usw.)

Da zusätzlich zu nutzende Flächen nur sehr begrenzt verfügbar sind, muss in erster Linie die Produktivität je Hektar gesteigert werden, der Wiss. Beirat (2012) fordert daher eine „nachhaltige Produktivitätssteigerung“. Nachhaltig bedeutet dabei die Berücksichtigung aller ökonomischen, sozialen und ökologischen Aspekte. Um diese miteinander in Einklang zu bringen und Auswirkungen von Entscheidungen auf das komplexe System eines Betriebes zu visualisieren, kann der Einsatz eines systemdynamischen Beratungsmodells sinnvoll sein (vgl. Teil 3).

## 4 Untersuchungsgebiete im Klimawandel

Klimaprojektionen versuchen die Bandbreite künftiger klimatischer Entwicklungen abzubilden. Für die Metropolregion Hamburg wurden folgende Tendenzen projiziert (Rechid et al. 2014a):

- Zunahme der durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur, stärkster Anstieg im Winter
- häufiger Tage mit sehr hohen Temperaturen,
- Zunahme des durchschnittlichen Jahresniederschlags mit stärksten Anstiegen im Winter und Herbst,
- abnehmende Niederschläge in den Sommermonaten bei Zunahme der Intensität von starken Niederschlägen.

Die Folgen der Klimaänderung für die Landwirtschaft können vielfältig und widersprüchlich sein. Während die Erhöhung der Lufttemperatur und die damit verbundene Verlängerung der Vegetationsperiode die Wachstumszeit für die Pflanzen verlängert und damit höhere Erträge oder den Anbau mehrerer Kulturen ermöglichen kann, werden gleichzeitig viele Schädlinge und Krankheitserreger gefördert. Neue oder bisher bedeutungslose Erreger können die Bestände bedrohen. Die Zunahme von sehr heißen Tagen und von Starkregenereignissen kann zu Schäden führen. Die Verlagerung der Niederschläge in das Winterhalbjahr kann die Erosionsgefahr erhöhen, in der Wachstumszeit dagegen ist die Wasserversorgung der Pflanzenbestände gefährdet.

Abhängig vom verwendeten Modell und dem zugrundeliegenden Emissionsszenario führen die Simulationen im Einzelnen zu durchaus unterschiedlichen Ergebnissen (Rechid et al. 2014a). Bei den Klimaprojektionen ist daher generell eine Unsicherheit zu berücksichtigen. Die Betrachtung von Bandbreiten möglicher Änderungen ist erforderlich.

Bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen sind daher NoRegret-Maßnahmen, die auch dann, wenn der Klimawandel nicht wie projiziert eintritt, Vorteile aufweisen, zu bevorzugen.

### 4.1 Altes Land

Die Kulturlandschaft des Alten Landes südwestlich von Hamburg (Abb. 4-1) ist Europas zweitgrößtes zusammenhängendes Obstanbaugebiet. Es entstand durch Eindeichung und Entwässerung im Zuge holländischer Besiedlung. Seit 1312 ist der Obstbau dort urkundlich erwähnt. Zusammen mit den angrenzenden Gebieten der Elbmarsch und der Stader Geest wird auf weit über 10.000 ha Obst produziert. Mit ca. 90 % der Anbaufläche stellt der Apfel die wichtigste Obstart.



*Abb. 4-1: Typische Impression der Kulturlandschaft Altes Land*

Quelle: R.W.S. Weber

Die durch den Klimawandel entstehenden Herausforderungen für den Obstanbau sind vielfältig: Im Falle eines steigenden Meeresspiegels stellt sich die Frage nach der Sicherheit der Deiche, die das tief liegende Marschgebiet schützen. Durch eine Elbvertiefung könnte das Thema noch weiter an Brisanz gewinnen.

Auch die Süßwasserverfügbarkeit beschäftigt die Obstbauern. Für die Frostschutzberegnung der Obstblüte (Abb. 5-3) sowie die Bewässerung der Pflanzen bei Trockenheit wird Wasser aus Gräben und dem Grundwasser gefördert. Durch die Verfrühung des Blühbeginns fällt die Blüte zunehmend in ein Zeitfenster, in dem mit Spätfrösten gerechnet werden muss. Ein Ansteigen des Meeresspiegels würde eine Verschiebung der Brackwasserzone elbaufwärts mit sich bringen, so dass die Elbe und das Grundwasser zunehmend versalzen könnten (AG 2013). Für den Obstbau stünde dann nicht mehr ausreichend Wasser in benötigter Qualität zur Verfügung.



*Abb. 4-2: Frostschutzberegnung im Alten Land*

Quelle: R.W.S. Weber

Zudem sind Obstbäume aufgrund ihrer langen Standzeiten von ca. 20 Jahren besonders vulnerabel gegenüber Extremwetter und klimatischen Veränderungen. Ein milderes Klima kann die Ausbreitung wärmeliebender Schaderreger und Krankheiten begünstigen, mit denen bislang im Alten Land keine oder nur wenig Erfahrung besteht.

Doch es sind nicht nur Nachteile zu erwarten. Ein Vorteil des Klimawandels könnte in einer wärmeren, längeren Vegetationsperiode liegen, die den Anbau neuer Apfelsorten ermöglicht.

Die Aktivitäten der Forschung (Obstbauversuchsanstalt der LWK Niedersachsen, OVA), Beratung (Obstbauversuchsring des Alten Landes, Öko-Obstbau Norddeutschland) und Ausbildung (Obstbau-Meisterkurs der Berufsbildenden Schulen Stade) im Obstbau werden am ESTEBURG-Obstbauzentrum Jork gebündelt. Im Projekt KLIMZUG-NORD erforschte die OVA die Auswirkungen des Klimawandels auf Schaderreger und Krankheiten im Obstbau, untersuchte deren Biologie und entwickelte Anpassungsmaßnahmen für die Beratungspraxis (vgl. Teil 2).

## 4.2 Elbtalaue

Die Landwirtschaft in der Elbtalaue der Unteren Mittelelbe ist deutlich durch schwankende Wasserverhältnisse geprägt. Im durch Deiche geschützten Hinterland überwiegt der Ackerbau, während auf den ungeschützten Flächen Grünlandnutzung erfolgt. Die Landwirtschaft dient hier nicht nur der Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Bioenergie. Sie erfüllt auch vielfältige weitere Aufgaben in den Bereichen Hochwasserschutz (Freihaltung der Flächen durch Nutzung, Bereitstellung von Überflutungsflächen, Schafhaltung), Kulturlandschaftspflege und Naturschutz (Agrarumweltmaßnahmen).

Sommerliche Trockenheit könnte in der Vegetationsperiode künftig die Produktion gefährden. Im Gegensatz zur Ostheide (Kap. 4.3) spielt die Feldberegnung in der Elbmarsch bislang keine nennenswerte Rolle, da das Wasserspeichervermögen der Böden höher ist. Künftig könnte der Wasserbedarf jedoch auch hier so weit ansteigen, dass Beregnung erforderlich wird, ggf. sogar auf Grünland, um die Futterproduktion der viehhaltenden Betriebe zu sichern. Gleichzeitig ist durch eine Verlagerung der Niederschläge in die Wintermonate eine gute Entwässerung entscheidend, um das Wasser abführen zu können. Nur so ist eine rechtzeitige Befahrbarkeit der Flächen im Frühjahr gegeben.

In den Untersuchungsgebieten Dannenberger Marsch und Amt Neuhaus beschäftigte sich die LWK mit der Frage der landwirtschaftlichen Entwicklung in der Vergangenheit und unter Einfluss des Klimawandels (vgl. Teil 3). Die Nutzung ist dabei eingebunden in ein Spannungsfeld verschiedener Interessen: Hochwasserschutz, Wasserwirtschaft, Naturschutz (insbesondere die Anforderungen des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalaue), Tourismus sowie Nutzungseinschränkungen durch Schwermetall- und Dioxinbelastung. Diese Aspekte gilt es bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen, beispielsweise für ein zukunftsangepasstes Wassermanagement, zu berücksichtigen.

## 4.3 Ostheide

Bei den Forschungsarbeiten in der Ostheide (vgl. Teile 4, 5, 6) stand die Feldberegnung im Mittelpunkt. Die klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (April-September) ist im Landkreis Uelzen in der Regel negativ, d. h. die Verdunstung ist höher als der Niederschlag. In den letzten elf Jahren war die klimatische Wasserbilanz mit im Schnitt -191 mm deutlich negativ (Abb. 4-3).

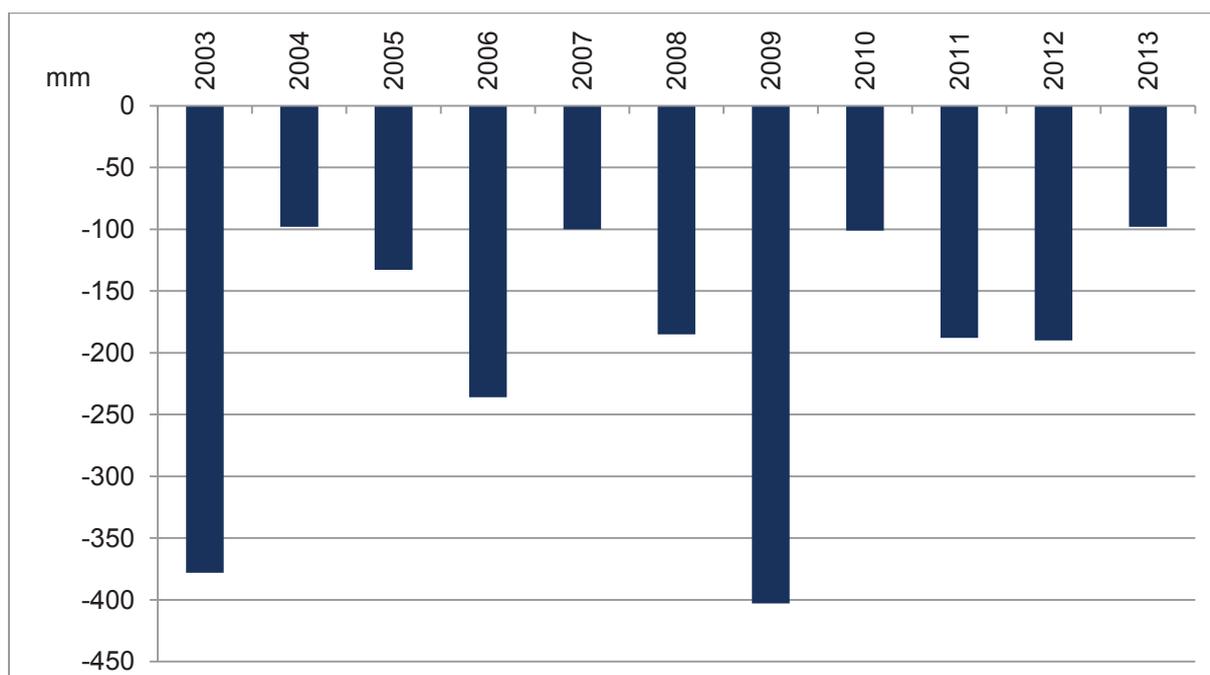


Abb. 4-3: Klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode, Messstation Uelzen, 2003-2013  
Quelle: DWD

Aufgrund der negativen Bilanz und der überwiegend sandigen Böden, die kaum Wasser speichern können, ist die Feldberegnung aus der Region nicht wegzudenken. In den 1950er Jahren lösten Reihenberegnungsanlagen aufgrund des technischen Fortschritts die bis dato vorherrschende Oberflächenbewässerung ab und legten den Grundstein für die heutige Feldberegnung (Hübener 1999). Sie ermöglichte es das Risiko von Ernteeinbußen durch Trockenheit in der Vegetationsperiode deutlich zu mindern. Die Nährstoffausnutzung wird optimiert (effizienterer Düngereinsatz, schnellere Pflanzenverfügbarkeit), es verbleibt weniger Restnitrat im Boden und die Auswaschung wird herabgesetzt. Zudem werden durch Beregnung höhere Erträge erzielt und der Anbau von qualitativ hochwertigen Hackfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben, Gemüse) wurde in Nordost-Niedersachsen möglich. Hohe Investitionen in die Technik und die Spezialisierung auf intensiven Ackerbau verbunden mit Lieferverträgen mit strengen Mengen- und Qualitätsanforderungen, z.B. für Kartoffeln, Zuckerrüben und Braugerste, machten die Feldberegnung für die Region ökonomisch unverzichtbar (Battermann & Theuvsen 2007). Sie sichert Einkommen ab, hat einen entscheidenden Anteil an der Wertschöpfung der strukturschwachen Region und erhält nicht nur in der Landwirtschaft selbst, sondern auch im nachgelagerten Bereich zahlreiche Arbeitsplätze (Fricke 2008). Damit ist das Wasser ein begrenzender Faktor für Ertrag und Qualität der landwirtschaftlichen Produkte und die Feldberegnung ökonomisch unverzichtbar für die Region.

In den letzten Jahren haben sich die Niederschlagsverteilung und die Verdunstung bereits spürbar verändert. So konnten in Nordost-Niedersachsen im Frühjahr und Frühsommer immer häufiger längere Trockenperioden mit ungewöhnlich hohen Temperaturen beobachtet werden. Der hohe Wasserbedarf der Kulturen konnte in diesem Zeitraum durch die Niederschläge nicht gedeckt werden.

Bis zum Ende des Jahrhunderts sind für die Region folgende Tendenzen projiziert worden (Rechid et al., 2014b):

- Anstieg der bodennahen Lufttemperatur,
- Abnahme der sehr kalten und kalten Tage im Winter, Abnahme von Eis- und Frosttagen,
- Zunahme der warmen und heißen Tage im Sommer, Zunahme von Tropentagen und -nächten, Zunahme von Hitzetagen
- Zunahme der Anzahl von Tagen mit Temperaturen über 5°C (physiologischer Schwellenwert für das Pflanzenwachstum),
- Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode,
- Abnahme der Sommerniederschläge, Zahl der Trockentage nimmt zu,
- im Winter, Frühjahr und Herbst und im Jahresmittel Zunahme der Niederschläge und Abnahme der Zahl der Trockentage,
- Zunahme der Niederschlagsintensität, besonders in den Sommermonaten (weniger häufige, aber dann umso stärkere Niederschläge).

Insbesondere die abnehmenden Sommerniederschläge treffen die Ackerbaubetriebe in der Lüneburger Heide. Deutlich wird dies durch die in Abb. 4-4 dargestellte Entwicklung der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit. Diese ist abhängig vom Klima, vom Wasserspeichervermögen des Bodens und von pflanzenbaulichen Faktoren. Sie stellt die Trockengefährdung eines Standortes dar. Unter Beregnungsbedarf wird die mittlere jährliche Beregnungsmenge verstanden, die zur Aufrechterhaltung von 40 % der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) erforderlich ist. Grundlage für die Ermittlung der Beregnungsbedürftigkeit ist die Berechnung der mittleren Beregnungsmenge für Getreide und Hackfrüchte. Deutlich wird, dass der Anteil Flächen mit hoher oder sehr hoher Beregnungsbedürftigkeit stark zunimmt.

Auf betrieblicher Ebene gilt es daher Anpassungsstrategien zu entwickeln, um das verfügbare Wasser durch Optimierungen im Ackerbau (vgl. Teil 4) sowie der Beregnungstechnik (vgl. Teil 5) effizienter einzusetzen. Gleichzeitig sind aber auch Konzepte gefordert, um die verfügbare Wassermenge zu erhöhen und regionale Wasserkreisläufe zu schließen (vgl. Teil 6). Das Ziel ist der Erhalt bzw. die Erhöhung der Flächenproduktivität bei gleichrangiger Berücksichtigung der Belange anderer Wasser- und Flächennutzer, des Naturhaushaltes und gesellschaftlicher Ansprüche.

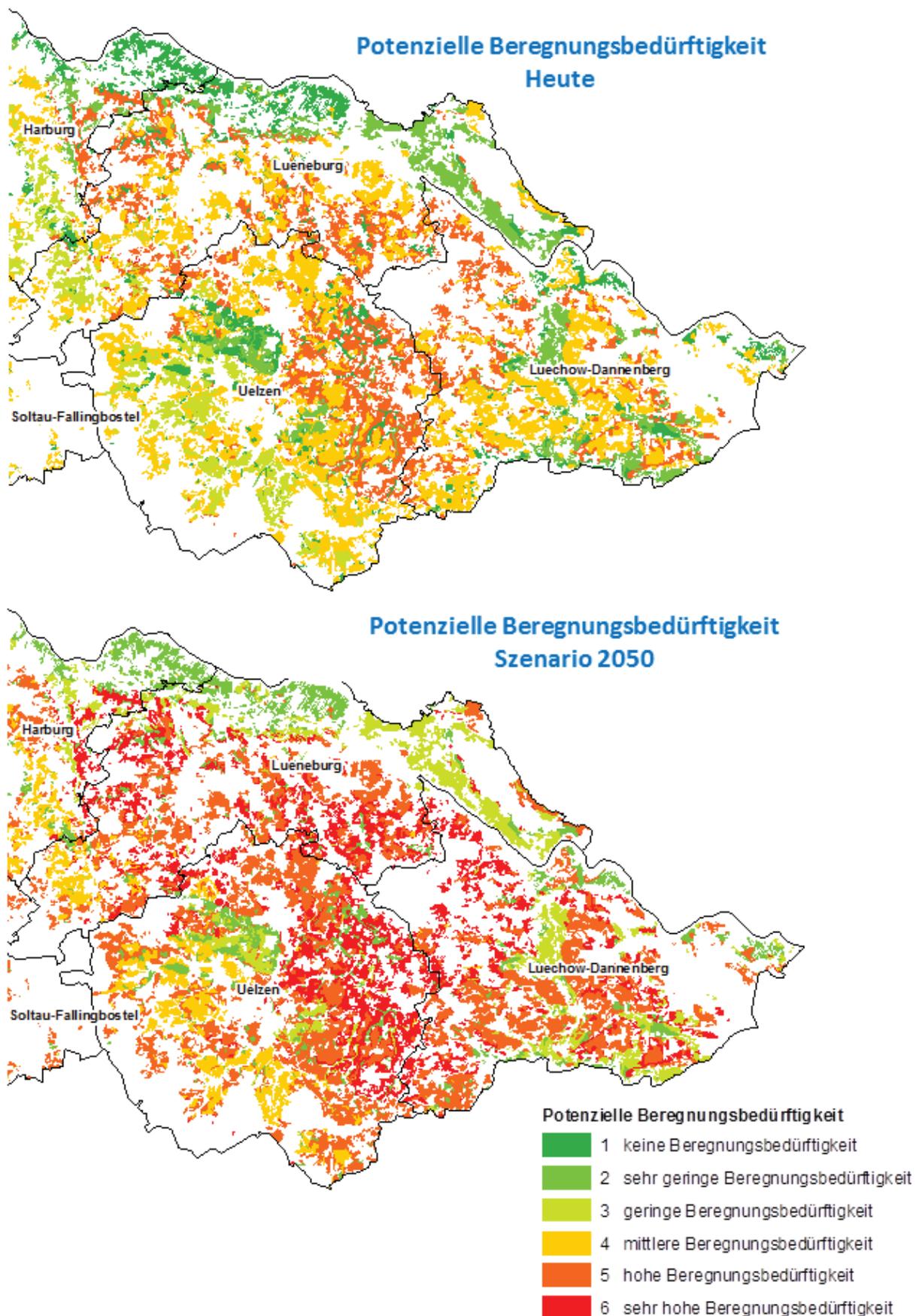


Abb. 4-4: Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit berechnet für heutige Klimabedingungen (oben) und das Szenario 2050 (unten)

Quelle: LBEG Hannover (vgl. Heidt 2009)

## 5 Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse

### 5.1 Altes Land

Vgl. Teil 2

Die Klimaveränderungen der zurückliegenden Jahre haben schon zu einer Veränderung im Blühbeginn der Obstbäume und im Auftreten von Schaderregern geführt. Der projizierte Klimawandel wird diese Entwicklung beschleunigen und mögliche Schadenskalamitäten nehmen potentiell zu. Zum einen können in der Region existierende und bekannte Schaderreger in ihrem Auftreten gefördert werden (z.B. 2. Larvengeneration des Apfelwicklers), zum anderen können neue, bisher nicht oder nur in unbedeutendem Maß aufgetretene Schaderreger Probleme verursachen.

Im Obstbauzentrum ESTEBURG wurde ein Diagnostikzentrum eingerichtet, um neue Erreger reaktionsschnell diagnostizieren, erforschen und Möglichkeiten zur Bekämpfung erarbeiten zu können. Ein entsprechender Verfahrensablauf wurde entwickelt und an der ESTEBURG etabliert (Abb. 5-1), entscheidend ist die Einbeziehung der Obsterzeuger und ihrer Berater.

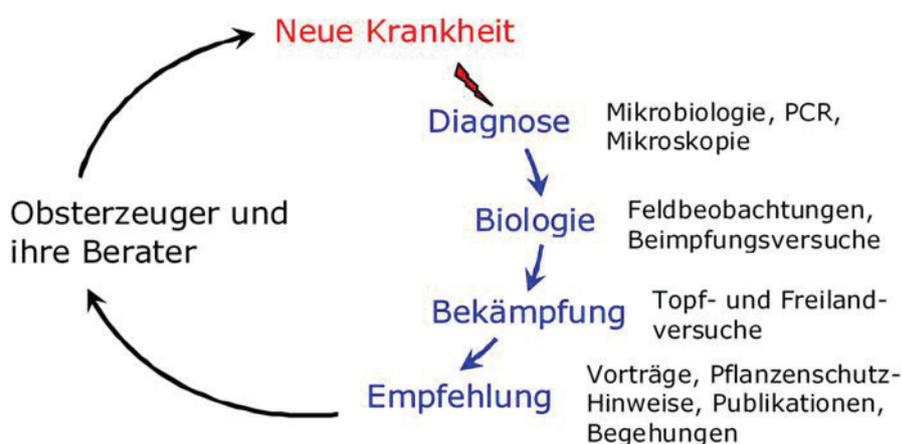


Abb. 5-1: Vorgehensweise vom ersten Auftreten bis zur erfolgreichen Bekämpfung eines neuen Schaderregers – von den Obsterzeugern über die Beratung in die Forschung und zurück

Quelle: R.W.S. Weber

Das Verfahren wurde an einigen, teilweise erstmals in der Region beschriebenen Schaderregern erprobt:

- Schwarze Sommerfäule
- Gummifäule
- Hallimasch-Befall an Süßkirschen
- Apfeltriebsucht

## 5.2 Elbtalaue

*Vgl. Teil 3*

Bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen für die Landwirtschaft in der Elbtalaue sind neben den besonderen Ausgangsbedingungen die verschiedenen Anforderungen an diese Landschaft zu berücksichtigen:

- Grünlandnutzung
- Naturschutz
- Hochwasserschutz
- Schadstoffbelastung.

Diese wurden im Rahmen einer Analyse des Ist-Zustandes erfasst und bewertet.

Wichtige Anpassungsmaßnahme ist ein integriertes Wassermanagement, das zum einen die Anforderungen des Naturschutzes (Vernässung von Grünlandflächen), zum anderen die der Landwirtschaft an eine wirtschaftliche Grünlandnutzung (geregelter Wasserführung, d.h. Entwässerung bei Nässe, Wasserrückhalt in Trockenphasen) berücksichtigt. Daneben sind Anforderungen des Hochwasserschutzes (Mindestabfluss bei Hochwasser) sowie eine durch Überflutungen in der Vergangenheit verursachte Schadstoffbelastung zu berücksichtigen. Die in der Elbtalaue wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betriebe stehen daher vor besonderen Herausforderungen, die nicht nur einzelne Aspekte der Betriebsführung (Tierhaltung, Pflanzenbau, Betriebswirtschaft) betreffen, sondern den landwirtschaftlichen Familienbetrieb in seiner Gesamtheit. Um diese Betriebe in den erforderlichen Anpassungsmaßnahmen zu unterstützen, ist daher eine umfassende, vernetzte Beratung gefragt. Zur Unterstützung wurde ein komplexes systemdynamisches Beratungssystem entwickelt. Das EDV-System ermöglicht

- eine einfache Datenabfrage auf dem Betrieb (keine Überfrachtung mit Daten, zeitlich max. auf 2 h begrenzt),
- praxisnahe und für die Betriebsleiter nachvollziehbare Ergebnisse und eine Einschätzung seiner Position im Vergleich zu anderen Betrieben (Abweichungen vom Mittelwert vergleichbarer Betriebssysteme der Region),
- die Berücksichtigung der betriebssystemischen, ganzheitlichen Zusammenhänge durch eine systemdynamische Betrachtung des Betriebes,
- die Abbildung des Ist-Zustands und Simulation der Auswirkungen von Veränderungen ohne großen Aufwand.

## 5.3 Ostheide

*Vgl. Teile 4-6*

Die Klimaprojektionen zeigen für den Raum künftig eine Niederschlagsverschiebung von den Sommer- in die Wintermonate. Um Ernteausfälle durch längere Trockenphasen in der Vegetationsperiode zu vermeiden sowie Erträge und Qualitäten zu sichern, muss künftig mehr beregnet werden. Die verfügbare Wassermenge ist jedoch begrenzt, die Ansprüche verschiedener Nutzungen (öffentliche Wasserversorgung, Naturhaushalt, Landwirtschaft) müssen gleichrangig berücksichtigt werden.

Eine wichtige Anpassungsmaßnahme ist daher, die Ackerbausysteme so zu gestalten, dass mit dem verfügbaren Wasser ein möglichst hoher Ertrag erzielt wird. Dazu müssen einerseits

unproduktive Wasserverluste minimiert (z.B. durch Mulchsaat, org. Düngung) und andererseits vorhandenes Wasser besser genutzt (z.B. durch Arten- und Sortenwahl) werden. Verschiedene Maßnahmen zu wassersparenden Anbauverfahren wurden in mehrjährigen Feldversuchen geprüft (vgl. Teil 4). Hierzu gehören unterschiedliche Verfahren der Bodenbearbeitung, der Humusanreicherung, der Stickstoffdüngung sowie die Prüfung verschiedener Sorten und Saatstärken. Die Ergebnisse zeigen, dass alle diese Maßnahmen einen kleinen Betrag zur Anpassung leisten können, dass sie jedoch nicht ausreichen um den Wasserbedarf der Pflanzenbestände zu decken. Die Bedeutung der Feldberegnung wird daher zukünftig steigen.

Der Einsatz der Beregnung muss effizient im Hinblick auf die Wassernutzung erfolgen. Insbesondere sind Menge und Zeitpunkt der Regengabe an den Zusatzwasserbedarf der Pflanzenbestände unter den jeweiligen Wetterbedingungen anzupassen. Insbesondere bei Landwirten, die noch keine umfangreichen Erfahrungen in diesem Bereich haben, können computergestützte Rechenmodelle hierbei eine wertvolle Hilfe sein. Verschiedene im Versuch geprüfte Modelle zeigten ihre generelle Eignung herfür (siehe Teil 4). Neben der Beregnungssteuerung besteht auch im Bereich der Beregnungstechnik Optimierungspotential. Großflächenregner weisen nicht nur arbeitswirtschaftliche Vorteile auf, sondern führen durch eine exaktere Ausbringung auch geringer Regengaben insbesondere zu einer höheren Effizienz der Wassernutzung im Vergleich zu den heute üblichen mobilen Beregnungsmaschinen mit „Kanone“. Allerdings erfordern die derzeit erhältlichen Systeme für einen wirtschaftlichen Betrieb Flächengrößen von mindestens 20-25 ha ohne den Regner störende Hindernisse (Bäume, Masten u.a.). Die derzeitige Agrarstruktur entspricht dieser Anforderung in vielen Fällen nicht, eine Anpassung führt in der Regel zu Konflikten mit anderen Interessen. So wünscht der Naturschutz eine kleinstrukturierte Landschaft und fordert einen Biotopverbund. In einem Modellgebiet wurde mit dem „Dynamischen Kulturlandschaftsplan“ ein Instrument entwickelt, mit dem die verschiedenen Interessen aller Beteiligten vor Ort erfasst und bewertet werden, mit dem Ziel eine einvernehmliche Lösung zu entwickeln (vgl. Teil 5).

Die für die Erhaltung der landwirtschaftlichen Flächenproduktivität erforderliche Beregnung erfordert eine ausreichende Wasserverfügbarkeit für die Landwirtschaft. Die zur Entnahme verfügbare Menge ist jedoch begrenzt. Zur Sicherung der Wasserverfügbarkeit für die Beregnung sollten daher zukünftig auch alternative Wasserquellen erschlossen werden. Ein Beispiel für eine alternative Wasserquelle ist die Speicherung des in den Wintermonaten in der Zuckerfabrik Uelzen anfallenden Prozesswassers für die Beregnung in der Vegetationsperiode. Der Stapelteich in Stöcken ist seit 2003/04 in Betrieb und fasst rund 750.000 m<sup>3</sup> Wasser. Eine Erhöhung der lokalen Wasserverfügbarkeit könnte ggf. künftig auch durch gezielte Maßnahmen zur Steigerung der Grundwasserneubildung erreicht werden. In zwei Pilotprojekten werden Maßnahmen zur Förderung der Grundwasserneubildung geprüft. Im Privatwald kann durch den Umbau der zurzeit vorherrschenden Nadelwälder in Laub- oder Laubmischwälder die Grundwasserneubildung erhöht werden. Trotz wirtschaftlicher Nachteile im Forst besteht bei Landwirten die Bereitschaft diese Maßnahme umzusetzen, wenn dadurch eine höhere Wasserentnahme für die Beregnung genehmigt wird. In einem weiteren Pilotprojekt wird untersucht, inwieweit es schadlos möglich ist, regionale Wasserkreisläufe zu schließen indem das Klarwasser aus einem Kläranlagenablauf auf einer Waldfläche verrieselt wird (vgl. Teil 6).

Insgesamt erfordert die Anpassung der Bewässerungslandwirtschaft an den Klimawandel ein Bündel zusammenwirkender Maßnahmen (Abb. 5-2). Diese setzen an unterschiedlichen Ebenen an:

- Einzelbetrieblich (wassersparender Ackerbau),
- Regional (Anpassung der Agrarstruktur, Wasserspeicherung, Grundwasseranreicherung)
- Organisatorisch (Abstimmung zwischen verschiedenen beteiligten Gruppen, Anrechnung von Leistungen zur Wasserbewirtschaftung).



Abb. 5-2: Maßnahmen zur Anpassung der Bewässerungslandwirtschaft an den steigenden Wasserbedarf im Klimawandel

## 6 Literatur

- AG – Arbeitsgemeinschaft Elbeästuar, Naturschutz & Klimawandel (2013):** Positionspapier der Arbeitsgruppe Elbeästuar, Naturschutz & Klimawandel in der Querschnittsaufgabe Naturschutz. <http://klimzug-nord.de/file.php/2013-08-21-Positionspapier-der-Arbeitsgruppe-Elbeaestuar-Natursch> (16.05.2014).
- Battermann, H. W. & Theuvsen, L. (2007):** Auswirkungen differenzierter Wasserentnahmemengen auf Ackerbaubetriebe in Nord-Ost-Niedersachsen - Eine Szenarioanalyse. Arbeitsbericht 12/07. Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.
- Behrens, H., Dehne, P. & Hoffmann, J. (2012):** Demografische Entwicklung und Landnutzung, Bericht, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für Sozioökonomie.
- Demut, B., Rittel, K., Wojtkiewicz, W. & Heiland, S. (2011):** Landschaften im Jahr 2030 – Die Szenarien; in: Demuth, B., Heiland, S., Wiersbinski, N., Finck, P. & Schiller, J.: Landschaften in Deutschland 2030 – Der stille Wandel – Bericht, Bundesamt für Naturschutz, Nr. 303.
- Destatis (2013):** Stat. Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 5.1, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2012.
- Döll, S., Kowalewski, J. (2011):** Kreisportraits Landwirtschaft und Klimawandel, erstellt für die Kreise und Landkreise der Metropolregion Hamburg sowie die Freie und Hansestadt Hamburg. Hamburg. <http://www.hwwi.org/publikationen/publikationen-nach-themen-dossiers/dossiers/klimzug-nord.html>
- Fricke, E. (2008):** Organisation der Beregnung, ihre landwirtschaftliche Bedeutung und zukünftiger Wasserbedarf. In: Projektbericht „NoRegret – Genug Wasser für die Landwirtschaft?!“, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Uelzen.
- Heidt, L. (2009):** Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens, GeoBerichte 13, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- Hubener, R. (1999):** 50 Jahre Geschichte und Entwicklung von Rohrtrommel-Beregnungsmaschinen (RTBM) von Schlebusch bis Beinlich. Auszug aus der Dissertation von Dipl. Ing. Dr. agr. Rolf Hubener. Beinlich, Ulmen. <http://www.beinlich-beregnung.de/dokumente/Geschichte.pdf> (28.01.2014)
- KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) (2014):** Kursbuch Klimaanpassung, Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg. TuTech Verlag. [http://klimzug-nord.de/file.php/2014-03-20-Kursbuch\\_Komplett\\_20140320\\_web.pdf](http://klimzug-nord.de/file.php/2014-03-20-Kursbuch_Komplett_20140320_web.pdf)
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2013):** GAP Statistik 2013.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011):** Agrarstatistische Kompendium 2011.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2008):** Projektbericht „NoRegret – Genug Wasser für die Landwirtschaft?!“, LWK (Hrsg.), Uelzen.
- ML – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (2010):** Die Ernährungswirtschaft in Niedersachsen, ML (Hrsg.), Hannover.
- NIEKE (2012):** Die 20 umsatzstärksten Kreis in der niedersächsischen Nahrungs- und Futtermittelwirtschaft 2012: [http://www.ernaehrungswirtschaft.de/download.php?file=pdf\\_files/ernaehrungswirtschaft\\_zahlen\\_2012/tab\\_5\\_2012.pdf](http://www.ernaehrungswirtschaft.de/download.php?file=pdf_files/ernaehrungswirtschaft_zahlen_2012/tab_5_2012.pdf) (03.03.2014)
- Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R., Jacob, D. (2014a):** Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg. <http://klimzug-nord.de/file.php/2014-03-25-Rechid-D.-Petersen-J.-Schoetter-R.-Jacob-D.-2014-Klim> (20.05.2014)
- Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R., Jacob, D. (2014b):** Klimaprojektionen für das Modellgebiet Lüneburger Heide. In: Urban, B.; Becker, J.; Mersch, I.; Meyer, W.; Rechid, D.; Rottgardt, E. (Hrsg.) (2014): Klimawandel in der Lüneburger Heide – Kulturlandschaften zukunftsfähig gestalten. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 6, TuTech Verlag, Hamburg.

**Schaller, M. & Weigel, H-J. (2007):** Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 316.

**Strümpfel, J., Herold, M. & Hubold, B. (2006):** 1. Teilbericht Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Thüringer Landwirtschaft, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Themenblatt 51.18.600. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Hrsg.). Jena.

**von Witzke (2013):** Die dritte grüne Revolution, Vortrag in Nenndorf, 11.02.2013.

**von Witzke (2010):** Die dritte Grüne Revolution. In: FOR FOOD, H. F. & AGRICULTURE (Hrsg.): Ölbaum-Verlag.

**Wiss. Beirat – Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012):** Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung, Bericht.