

|                               |    |      |               |
|-------------------------------|----|------|---------------|
| Jb. Naturw. Verein Fstm. Lbg. | 45 | 9-21 | Lüneburg 2013 |
|-------------------------------|----|------|---------------|

Insa Meinke / Moritz Maneke / Jessica Klepgen / Markus Quante

## **Klimawandel in Nordost-Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung des Hitzesommers 2003**

**Schlüsselworte:** Klimawandel, Nordost-Niedersachsen, regionale Klimaszenarien, Hitzesommer 2003

### **Zusammenfassung**

Der globale Klimawandel hat auch Deutschland erfasst. Erste Auswertungen von Temperatur- und Niederschlagsmessungen der Messstation Lüneburg haben darauf hingewiesen, dass sich auch Nordost-Niedersachsen erwärmt hat (QUANTE et al. 2009). Dieser Beitrag zeigt weitere bisherige und künftig mögliche Klimaänderungen in Nordost-Niedersachsen auf. Zudem wird untersucht, inwieweit die Hitzewelle des Sommers 2003 ein Beispiel für mögliche zukünftige Klimaänderungen in Nordost-Niedersachsen gewesen ist.

Es wird gezeigt, dass seit 1950 im gesamten Untersuchungsgebiet eine Erwärmung stattgefunden hat, die im Frühjahr und im Winter der Intensität entspricht, die von der Erwärmung des menschengemachten Treibhauseffektes bis Ende des Jahrhunderts zu erwarten ist. Dies gilt auch für Häufigkeitsveränderungen extrem warmer sowie extrem kalter Tage. Sommerniederschläge haben in Nordost-Niedersachsen seit 1950 bereits um mehr als 20 % abgenommen. Winterniederschläge haben in der Region im selben Zeitraum um knapp 13 % zugenommen. Szenarien lassen eine Fortsetzung dieser Trends bis Ende des 21. Jahrhunderts allein aufgrund menschlicher Treibhausgasemissionen plausibel erscheinen. Der Sommer 2003 kann im Hinblick auf die durch menschliche Treibhausgasemissionen zu erwartende Erwärmung, die Häufigkeitszunahme extrem warmer Tage und die sommerliche Niederschlagsabnahme als exemplarisch eingestuft werden. Dies ermöglicht es, anhand der Folgen dieses Sommers für Nordost-Niedersachsen rechtzeitig Anpassungsmaßnahmen beispielsweise in Land- und Forstwirtschaft, Gesundheit und Verkehr in die Wege zu leiten.

### **Abstract**

Global climate change is on the way, also in Germany. Analyses of measured temperature and precipitation in Lüneburg likewise suggest changes in North-East Lower Saxony (QUANTE et al. 2009). In this contribution we show further details of recent and possible future climate change in the region of North-East Lower Saxony. In this context the summer heat wave of the year 2003 is analysed to examine if it could serve as example for possible future climate changes during summer in North-East Lower Saxony.

Since 1950 the air temperature has increased in North-East Lower Saxony. The strongest increase was found to occur in spring and winter. The warming from 1950 until now corresponds to what regional climate scenarios suggest for the possible anthropogenically driven future warming until 2100. The same relation is valid for the frequency distribution

of extreme warm and cold days. Since 1950 precipitation patterns have changed alike. In summer precipitation in North-East Lower Saxony has decreased by more than 20 % so far, whereas in winter precipitation has increased by about 13 % in this region. Regional climate scenarios suggest similar precipitation trends for the future because of the anthropogenic green house gas effect. The summer of the year 2003 may serve as example in terms of warming, more frequent warm and hot days and the decrease of precipitation. The impacts of this summer on North-East Lower Saxony may help to find suitable adaptation strategies to climate change for agriculture, forestry, health and traffic infrastructure.

## 1 Einleitung

Laut Niedersächsischer Landwirtschaftskammer stellt die Region Nordost-Niedersachsen das derzeit größte zusammenhängende Beregnungsgebiet Deutschlands dar (LWK 2008). In diesem Kontext kann der Klimawandel ein wichtiger Einflussfaktor für die Region sein. Erste Auswertungen der Temperatur- und Niederschlagsmessungen der Lüneburger Messstation haben bereits darauf hingewiesen, dass sich auch das Klima in Lüneburg verändert hat (QUANTE et al. 2009). Allerdings werden Langzeitmessungen atmosphärischer Größen auch durch unterschiedliche nicht-atmosphärische Faktoren, wie z. B. durch bauliche Änderungen im Umfeld der Messstationen, durch Austausch der Messinstrumente und durch Versetzung der Messstationen beeinflusst. Zudem ist fraglich, inwiefern eine einzelne Messstation für eine Region repräsentativ sein kann, die mehrere tausend Quadratkilometer umfasst. In diesem Beitrag wollen wir der Fragestellung nachgehen, ob die gemessenen Veränderungen auch in der gesamten Region Nordost-Niedersachsen wiederzufinden sind und wie sich die Änderungen in unterschiedlichen Jahreszeiten verhalten. Um nicht-atmosphärische Einflüsse auszuschließen, wird den Auswertungen ein Datensatz zu Grunde gelegt, der mit einem atmosphärischen Regionalmodell berechnet wurde. Des Weiteren wird untersucht, wie sich Temperaturen und Niederschläge in Nordost-Niedersachsen künftig durch anthropogene Treibhausgasemissionen verändern können. Diesen Auswertungen liegen 12 verschiedene regionale Klimaszenarien zu Grunde. Weil immer wieder nach Möglichkeiten gesucht wird, mögliche zukünftige Klimaänderungen zu veranschaulichen, wird gezeigt, inwiefern die Ausprägungen des Sommers 2003 möglicherweise Ende des Jahrhunderts dem langjährigen Mittel entsprechen und somit für den zu erwartenden Klimawandel als beispielhaft gewertet werden können.

## 2 Datenbasis

### Die regionale atmosphärische Reanalyse CoastDat1

Als Datenbasis für die Untersuchung aktueller Klimazustände und bisheriger Klimaänderungen in Nordost-Niedersachsen wird der CoastDat1 Datensatz verwendet (FESER et al. 2001). Dieser stündliche atmosphärische Datensatz wurde mit dem numerischen regionalen Atmosphärenmodell REMO für West-Europa und den Nordatlantik berechnet und umfasst die Zeitspanne von 1948-2007. Ziel von CoastDat ist es, räumlich und zeitlich lückenlose und homogene Datensätze des Wetters der letzten 60 Jahre zu erzeugen, um Langzeitänderungen des regionalen Klimas erfassen zu können. Da es sich um ein Modell der Atmosphäre handelt, werden atmosphärische Prozesse zum Teil vereinfacht beschrieben, sodass es diesbezüglich zu Ungenauigkeiten kommen kann. Im Vergleich zu gemessenen Daten haben diese modellbasierten Daten aber den Vorteil, dass sie weder

durch das Umfeld der Messstation noch durch Ungenauigkeiten der Messinstrumente beeinflusst werden, sodass mögliche Änderungen von Klimagrößen weitgehend auf physikalische Ursachen der Atmosphäre zurückgeführt werden können.

### Regionale Klimaszenarien

Als Datenbasis für mögliche zukünftige Änderungen von Klimagrößen in Nordost-Niedersachsen werden regionale Klimaszenarien, die mit numerischen regionalen Klimamodellen durchgeführt wurden, genutzt. Hierzu zählen Szenarien, berechnet mit COSMO-CLM, einem gemeinschaftlichen regionalen Klimarechenmodell von über 30 internationalen Forschungseinrichtungen (ROCKEL et al. 2008). Weitere regionale Klimaszenarien wurden mit dem Regionalmodell REMO berechnet, dem regionalen Klimarechenmodell des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (JACOB 2001) sowie mit RCAO, dem regionalen Klimarechenmodell des Schwedischen Wetterdienstes (DÖSCHER et al. 2002). In die regionalen Klimarechenmodelle sind jeweils unterschiedliche Treibhausgasemissionsszenarien eingegangen, die vom UN-Weltklimarat IPCC erstellt wurden (IPCC 2000). Diese Emissionsszenarien wurden in drei verschiedene Globalmodelle eingespeist. Die Ergebnisse dieser globalen Klimaszenarien wurden als Randbedingungen für die regionalen Klimaszenarien genutzt. Die Auswertungen der 12 Klimaszenarien sind für Norddeutschland und Teilregionen auch im Norddeutschen Klimaatlas ([www.norddeutscher-klimaatlas.de](http://www.norddeutscher-klimaatlas.de)) einsehbar (MEINKE et al. 2009).

### 3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Nordosten Niedersachsens zwischen Este und der Landesgrenze sowie zwischen Elbe und Aller. Insgesamt umfasst das Untersuchungsgebiet etwa 8400 Quadratkilometer. Die größten Städte sind Lüneburg mit 72.000 Einwohnern, Uelzen mit 35.000 Einwohnern und Winsen (Luhe) mit etwa 34.000 Einwohnern. Die Landschaft ist durch Wald (38 %), Acker (38 %) Grünland (23 %) und Gewässer (1 %) geprägt (HEIDT 2009). Im Norddeutschen Klimaatlas ist das Untersuchungsgebiet unter „Region“ als „Lüneburger Heide und Wendland“ auswählbar (vgl. Abb. 1).

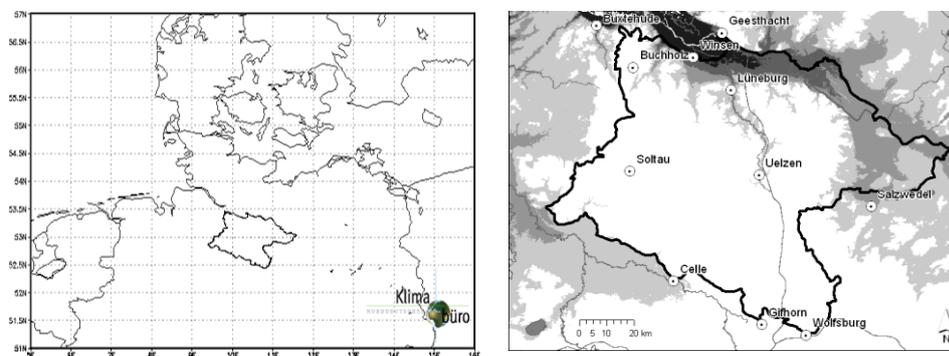


Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet, dargestellt wie im Norddeutschen Klimaatlas als Region Lüneburger Heide und Wendland (links) und als Detailkarte (rechts).

## 4 Temperatur

### Temperatur und abgeleitete Größen in der Klimanormalperiode 1961-1990

Das Jahresmittel der 2-m-Temperatur in der Klimanormalperiode 1961-1990 liegt in Nordost-Niedersachsen bei etwa 8,7 °C. Damit liegt Nordost-Niedersachsen etwas über dem bundesweiten Mittelwert, der im CoastDat1 Datensatz bei 8,5 °C liegt. Im Winter (Dez, Jan, Feb) liegt die mittlere 2-m-Temperatur in Nordost-Niedersachsen bei -0,4 °C, im Sommer (Jun, Jul, Aug) bei etwa 18 °C. In der Klimanormalperiode 1961-1990 gab es im Mittel etwa 32 Sommertage pro Jahr, an denen die Temperatur 25 °C erreichte oder überschritt. An etwa 6 Tagen pro Jahr wurde es wärmer als 30 °C. Diese Werte liegen jeweils einen Tag über dem bundesweiten Mittelwert. Im Winter wurde der Gefrierpunkt in Nordost-Niedersachsen im selben Zeitraum im Mittel an etwa 80 Tagen pro Jahr unterschritten. An etwa 38 Tagen pro Jahr wurde es nicht wärmer als 0 °C.

### Temperaturänderungen im Zeitraum 1950-2005

In dem Zeitraum von 1950 bis 2005 lässt sich im gesamten Untersuchungsgebiet eine Erwärmung erkennen (vgl. Abb. 2). Auffällig dabei sind die starken Schwankungen der mittleren jährlichen Lufttemperatur, die von einem Jahr zum nächsten mehr als 2 °C betragen können. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, für die Analyse von Klimaänderungen einen möglichst langen Zeitraum zu Grunde zu legen. Je kürzer der zu Grunde gelegte Zeitraum ist, desto stärker kann das Ergebnis der Trendanalyse durch natürliche Schwankungen beeinflusst werden. Sofern man für die Erwärmung seit 1950 einen linearen Trend annimmt, liegt die bisherige Erwärmung in Nordost-Niedersachsen bei etwa 0,16 °C pro Jahrzehnt und entspricht damit in etwa der deutschlandweiten Erwärmung im selben Zeitraum. Anders ausgedrückt war es 2005 etwa 1 °C wärmer als in den Fünfziger Jahren (vgl. Abb. 2.)

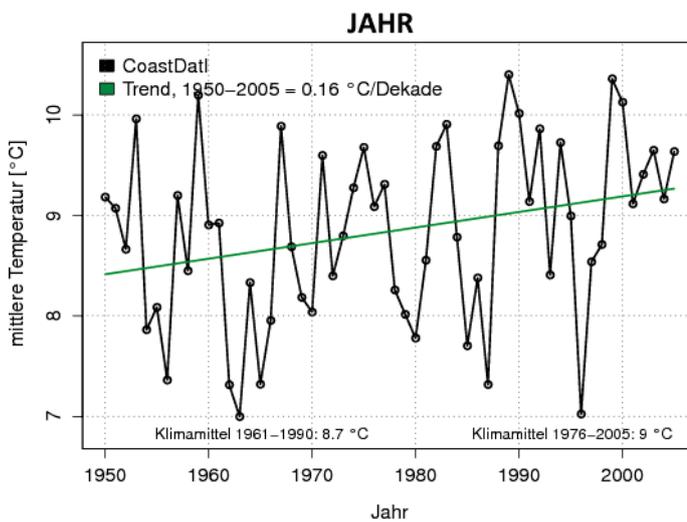


Abb. 2: Mittlere jährliche 2 m Lufttemperatur für die Jahre 1950 bis 2005, Gebietsmittelwerte für Nordost-Niedersachsen; Datenbasis: CoastDat1.

Im Jahreszeitenvergleich war die Erwärmung seit 1950 im Herbst mit  $0,06\text{ °C}$  pro Dekade am schwächsten. Im Sommer entsprach die Intensität der Erwärmung mit  $0,15\text{ °C}$  pro Dekade etwa dem Jahresdurchschnitt. Die stärkste Erwärmung fand mit etwa  $0,2\text{ °C}$  pro Dekade seit den fünfziger Jahren in den Winter- und Frühjahrsmonaten Dezember bis Mai statt. In diesen Monaten ist es heute etwa  $1,1\text{ °C}$  wärmer als Anfang der fünfziger Jahre.

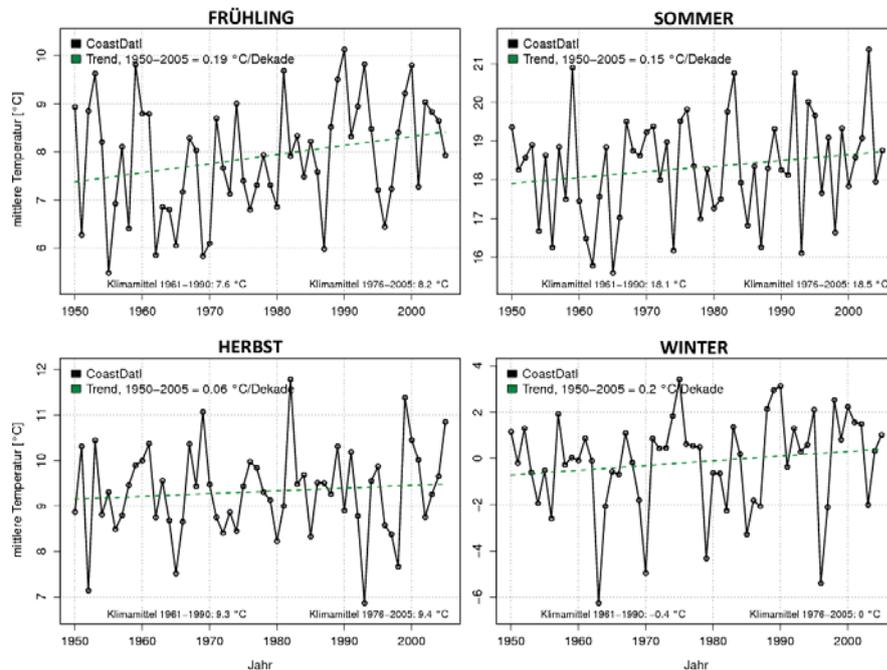
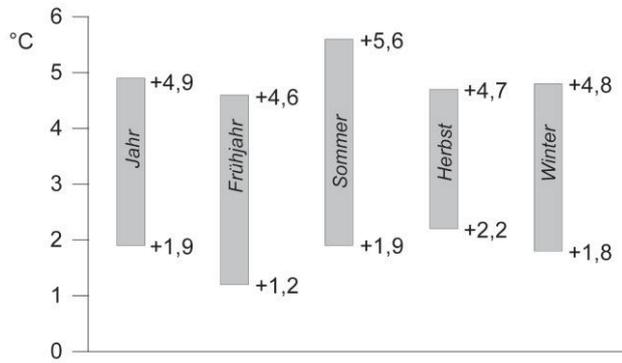


Abb. 3: Wie Abb. 2 für verschiedene Jahreszeiten.

Seit 1950 gab es im Mittel alle fünf Jahre einen zusätzlichen Sommertag und etwa alle 14 Jahre einen zusätzlichen heißen Tag. Im Winter reduzierte sich die jährliche Anzahl im Mittel alle vier Jahre um einen Frosttag und alle fünf Jahre um einen Eistag.

### Mögliche Temperaturänderungen bis 2100

In Nordost-Niedersachsen weisen alle 12 regionalen Klimaszenarien im gesamten Untersuchungsgebiet auch künftig auf eine Erwärmung hin. Diese Erwärmung kann im Jahresmittel bis Ende des Jahrhunderts im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) zwischen  $1,9$  und  $4,9\text{ °C}$  liegen. Dies entspricht einem Erwärmungstrend zwischen  $0,17$  und  $0,44\text{ °C}$  pro Dekade. Damit liegt die bisherige Erwärmung der mittleren jährlichen 2-m-Temperatur ( $0,16\text{ °C}$  pro Dekade) unter dem Erwärmungstrend, der aufgrund des fortschreitenden menschgemachten Treibhauseffektes zu erwarten ist. Dies könnte bedeuten, dass sich die Intensität der Erwärmung durch den menschlich verursachten Treibhauseffekt zukünftig weiter verstärken könnte.



**Abb. 4: Spanne möglicher Temperaturänderungen in Nordost-Niedersachsen bis Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) basierend auf 12 regionalen Klimaszenarien.**

Auch in den verschiedenen Jahreszeiten stimmen alle regionalen Klimaszenarien bezüglich einer Erwärmung im gesamten Untersuchungsgebiet überein. Alle Erwärmungstrends liegen unterhalb der deutschlandweiten Trends. Die mögliche Spannbreite der zu erwartenden Erwärmung ist im Frühjahr mit Werten zwischen 1,2 und 4,6 °C am geringsten, dicht gefolgt von der möglichen Erwärmung im Herbst mit Werten zwischen 2,2 und 4,7 °C und 1,8 bis 4,8 °C im Winter. Im Sommer sind die möglichen Werte am höchsten. Dort kann die Erwärmung in Nordost-Niedersachsen bis Ende des Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) 1,9 bis 5,6 °C betragen. Vergleicht man die möglichen zukünftigen Erwärmungstrends mit den bisherigen Trends, wird deutlich, dass die bisherigen Temperaturerhöhungen im Frühjahr und im Winter innerhalb der Spannbreite der Erwärmung liegen, die aufgrund menschlicher Treibhausgasemissionen zu erwarten sind. Im Hinblick auf die Extremereignisse ist dies auch für alle oben beschriebenen Kenntage für extrem warme und extrem kalte Tage der Fall. Die Häufigkeit von Tagen, an denen es in Nordost-Niedersachsen 25 °C oder wärmer wird, kann sich bis Ende des Jahrhunderts um 11 bis 53 Tage erhöhen. Die Häufigkeit heißer Tage mit mehr als 30 °C kann sich im selben Zeitraum um 4 bis 22 Tage erhöhen. Die Häufigkeit kalter Tage mit Temperaturminima unter 0 °C kann sich bis Ende des Jahrhunderts um 18 bis 49 Tage verringern. Die Anzahl von Eistagen, an denen das Tagesmaximum 0 °C nicht überschreitet, kann sich im selben Zeitraum um 7 bis 23 Tage verringern. Umgerechnet auf jeweils lineare Trends liegen alle bisherigen Häufigkeitsänderungen dieser Temperaturkenntage innerhalb der Spannweiten künftig zu erwartender Häufigkeitsänderungen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Intensität bisheriger Häufigkeitszunahmen von Sommertagen und heißen Tagen sowie die Intensität bisheriger Häufigkeitsabnahmen von Frost- und Eistagen in Nordost-Niedersachsen sich auch künftig allein aufgrund des menschlich verursachten Treibhauseffektes fortsetzen wird.

### Temperatur und abgeleitete Kenntage im Sommer 2003

Im Zeitraum Juni bis August 2003 wurden in ganz Europa sehr hohe Temperaturen gemessen. In vielen europäischen Ländern, insbesondere in Frankreich wurde die Hitzewelle mit einer steigenden Sterberate in Verbindung gebracht (GRIZE et al. 2005). Der

Sommer 2003 wird auch in den lokalen Zeitungen der Region Nordost-Niedersachsen (hier beispielhaft WINSENER ANZEIGER und HARBURGER ANZEIGEN UND NACHRICHTEN) als außergewöhnlich warmer und trockener Sommer beschrieben. Dies stand in der Wahrnehmung vermutlich in Kontrast zum Sommer des vorherigen Jahres 2002, in dem es sehr viel regnete und die Elbanrainer unter anderem in Nordost-Niedersachsen die höchsten Pegelstände seit Messbeginn erlebten. Der Sommer im Jahr 2003 weist seit 1950 die höchsten mittleren Sommertemperaturen auf. Sie liegen in Nordost-Niedersachsen bei etwa 21 °C und weichen somit um etwa 3 °C von der mittleren Sommertemperatur der Klimanormalperiode 1961-1990 in dieser Region ab (vgl. Abb. 3). Ein Bezug zum Klimawandel wurde in den Medien allerdings nur selten hergestellt. Die regionalen Klimaszenarien weisen ab 2050 Erwärmungen auf, die sich der 3 °C-Grenze annähern. Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) kann die sommerliche Erwärmung, wie bereits oben erwähnt, 1,9 bis 5,6 °C betragen. Somit könnte der bisher außergewöhnlich warme Sommer des Jahres 2003 möglicherweise schon ab 2050 der mittleren Sommertemperatur entsprechen und damit als normal gelten.

Für Nordost-Niedersachsen weist der CoastDat1-Datensatz im Sommer 2003 etwa 22 heiße Tage mit mehr als 30 °C und 61 Sommertage mit Temperaturen über 25 °C auf. Seit 1950 ist dies die zweithöchste Häufigkeit heißer Tage (Maximum: Sommer 1994) und die höchste Häufigkeit von Sommertagen. Im Jahr 2003 gab es somit 18 heiße Tage und 33 Sommertage mehr als im Mittel der Klimanormalperiode. Bis Ende des 21. Jahrhunderts kann es in Nordost-Niedersachsen im Vergleich zur Klimanormalperiode im Sommer 3 bis 19 zusätzliche heiße Tage und 8 bis 40 zusätzliche Sommertage geben. Dies würde bedeuten, dass ein Sommer wie im Jahr 2003 auch bezüglich der Anzahl von heißen Tagen und Sommertagen Ende des 21. Jahrhunderts einem langjährigen Mittelwert entsprechen und somit als nunmehr normaler Sommer für die Region gelten könnte.

## 5 Niederschlag

### Niederschlag und abgeleitete Größen in der Klimanormalperiode 1961-1990

Das Jahresmittel der Niederschlagsmenge in der Klimanormalperiode (1961-1990) liegt in Nordost-Niedersachsen laut CoastDat1 mit 754 mm (Gebietsmittel) unter dem Gebietsmittel für Deutschland (834 mm). Diese Niederschlagsmenge ist in Nordost-Niedersachsen im Mittel an 157 Tagen im Jahr gefallen. Der längste Zeitraum, in dem an aufeinanderfolgenden Tagen innerhalb der Klimanormalperiode weniger als 1 mm Niederschlag fiel (Trockenperiode), dauerte in Nordost-Niedersachsen 17 Tage an. Im selben Zeitraum (1961-1990) gab es im Mittel pro Jahr 11 Trockenperioden, die mindestens 6 Tage andauerten. Beide Kennzahlen entsprechen in etwa den bundesweiten Mittelwerten. Im Frühling fällt in Nordost-Niedersachsen mit 214 mm der meiste Niederschlag. Im Winter liegt das Niederschlagsmittel bei 190 mm, dicht gefolgt von den Sommerniederschlägen, die im Mittel bei 188 mm liegen. Am wenigsten Niederschlag fällt laut CoastDat1 mit 166 mm im Herbst. Alle Niederschlagsmengen liegen im langjährigen Mittel unter den deutschlandweiten Mittelwerten. Am größten ist dieser Unterschied im Sommer, wo in Nordost-Niedersachsen etwa 12,5 % weniger Niederschlag fällt als im bundesweiten Durchschnitt.

## Niederschlagsänderungen im Zeitraum 1950-2005

Seit 1950 hat sich die jährliche Niederschlagsmenge im Mittel so gut wie nicht verändert (+0,4 %, vgl. Abb. 4). Auch hier fallen die starken Schwankungen auf, die von einem Jahr zum nächsten mehr als 350 mm betragen und somit fast die Hälfte der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge ausmachen können (vgl. Abb. 5)

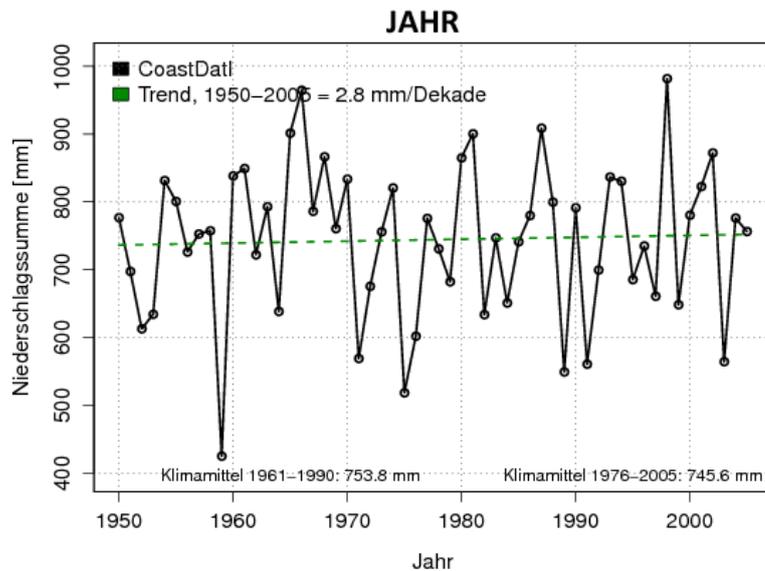


Abb. 5: Jährliche Niederschlagssumme für die Jahre 1950 bis 2005, Gebietsmittel für Nordost-Niedersachsen, Datenbasis: CoastDat1.

Jedoch haben sich die Niederschlagsmuster innerhalb der Jahreszeiten durchaus geändert (vgl. Abb. 6). So hat der Sommerniederschlag seit 1950 etwa 7,2 mm pro Dekade abgenommen. Bezogen auf die sommerlichen Niederschlagssummen der Klimanormalperiode entspricht dies etwa einem Niederschlagsrückgang von 3,8 % pro Jahrzehnt. Somit fällt heute im Mittel in Nordost-Niedersachsen im Sommer etwa 21 % weniger Niederschlag als Anfang der fünfziger Jahre. Anzahl und Dauer der Trockenperioden haben sich im selben Zeitraum nicht nennenswert verändert. Im Winter hat der Niederschlag in Nordost-Niedersachsen seit 1950 um knapp 13 % zugenommen (2,3 % pro Dekade). Ähnlich stark fällt die bisherige Niederschlagszunahme im Herbst aus, die bei 2,1 % pro Dekade liegt. Im Frühjahr hat der Niederschlag mit 0,9 % pro Dekade weniger stark zugenommen (vgl. Abb. 5).

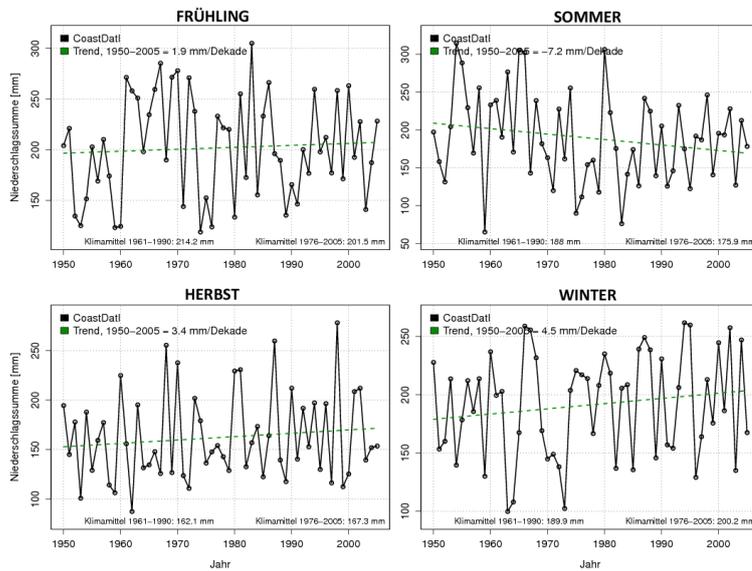


Abb. 6: Wie Abb. 5 für verschiedene Jahreszeiten.

### Mögliche Niederschlagsänderungen bis 2100

Bezüglich möglicher zukünftiger Änderungen des Jahresniederschlags weisen die regionalen Klimaszenarien keine einheitlichen Entwicklungen auf. Einige Klimaszenarien deuten auf eine Zunahme des Jahresniederschlags hin, andere Szenarien prognostizieren im Jahresmittel eine Niederschlagsabnahme (vgl. Abb. 7).

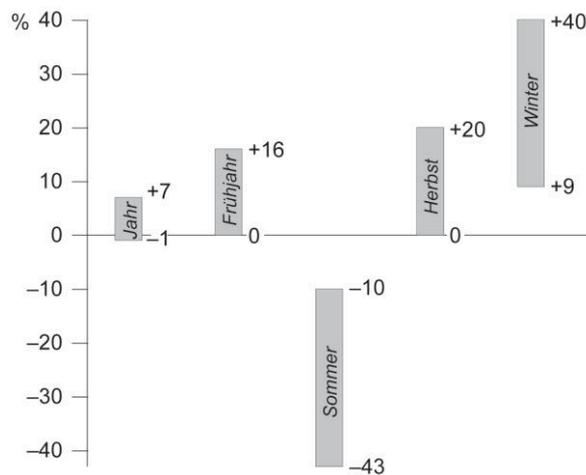


Abb. 7: Spanne möglicher Niederschlagsänderungen in Nordost-Niedersachsen bis Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990).

Ähnlich verhalten sich die regionalen Klimaszenarien bezüglich der Niederschlagsänderungen im Frühjahr und im Herbst. Hier weisen einige Szenarien Niederschlagszunahmen von bis zu 16 % im Frühjahr und bis zu 20 % im Herbst auf. Andere Szenarien zeigen jedoch für die Region Nordost-Niedersachsen im Mittel keine Änderungen für die

jeweilige Jahreszeit. Übereinstimmungen weisen alle regionalen Klimaszenarien bei der Niederschlagsentwicklung im Sommer und im Winter auf (vgl. Abb. 7). Bis Ende des 21. Jahrhunderts zeigen alle regionalen Klimaszenarien eine Niederschlagsabnahme im Sommer, die in Nordost-Niedersachsen im Vergleich zur Klimanormalperiode 10 bis 43 % betragen kann. Dies entspricht einem Trend von -0,9 bis -3,9 % pro Dekade. Damit liegt die bisherige sommerliche Niederschlagsabnahme (3,8 % pro Dekade) innerhalb der Spannbreite künftig möglicher Niederschlagsänderungen im Sommer. Dies deutet darauf hin, dass sich die bisherigen Niederschlagsänderungen im Sommer auch künftig allein aufgrund menschlicher Treibhausgasemissionen in selber Intensität fortsetzen könnten.

Ähnlich verhält es sich bei der winterlichen Niederschlagszunahme, auf die alle regionalen Klimaszenarien übereinstimmend hindeuten. Bis Ende des Jahrhunderts können die Winterniederschläge im Vergleich zur Klimanormalperiode um 9 bis 40 % gegenüber der Klimanormalperiode 1961-1990 zunehmen. Dies entspricht einem dekadischen Trend von 0,8 bis 3,6 %. Somit liegt auch die bisherige Niederschlagsentwicklung im Winter (2,3 % pro Dekade) innerhalb der Spannbreite, in der sich Winterniederschläge durch menschliche Treibhausgasemissionen ändern können. Bezüglich der Veränderung von Trockenperioden hinsichtlich einer längeren Dauer stimmen die regionalen Klimaszenarien nur im Sommer überein. Bis Ende des 21. Jahrhunderts können Trockenperioden in Nordost-Niedersachsen ein bis sechs Tage länger andauern als in der Klimanormalperiode 1961-1990. Die bisherige Verlängerung längster Trockenperioden um einen Tag pro Dekade liegt über dieser Spannbreite, sodass menschliche Treibhausgaskonzentrationen allein die bisherige Änderung nicht erklären können. Bezüglich der Häufigkeitsänderungen von Trockenperioden stimmen die regionalen Klimaszenarien ebenfalls nicht überein.

### **Niederschlagsverhältnisse im Sommer 2003**

Die sommerliche Niederschlagssumme betrug im Jahr 2003 in Nordost-Niedersachsen etwa 136 mm und lag somit etwa 28 % unter der mittleren sommerlichen Niederschlagssumme in der Klimanormalperiode 1961-1990. Somit kann der Sommer des Jahres 2003 auch im Hinblick auf die Trockenheit in Nordost-Niedersachsen als exemplarisch für mögliche Klimaänderungen Ende des 21. Jahrhunderts gewertet werden. Bis Ende des 21. Jahrhunderts könnte die mittlere sommerliche Niederschlagsmenge auf dem Niveau des Sommers 2003 liegen. Die längste Trockenperiode dauerte im Sommer 2003 etwa 21 Tage an. Diese Periode dauerte sieben Tage länger als die längste Trockenperiode in der Klimanormalperiode. Bis Ende des Jahrhunderts könnten sich sommerliche Trockenperioden im Mittel um sechs Tage verlängern. Bezogen auf die längste Trockenperiode würde der Sommer 2003 dennoch auch Ende des Jahrhunderts selbst unter Berücksichtigung starker Änderungen aufgrund des menschlichen Treibhauseffektes als überdurchschnittlich trocken gelten.

## **6 Diskussion**

Die Auswertungen zeigen, dass sich Nordost-Niedersachsen seit 1950 ganzjährig erwärmt hat. Die Erwärmung war im Winter und im Frühjahr am stärksten. Zudem haben sich die Häufigkeiten extrem warmer und extrem kalter Tage in Richtung eines wärmeren Klimas verändert. Auch die Niederschlagsmuster haben sich seit 1950 in Nordost-Niedersachsen verändert. Am stärksten zugenommen hat der Niederschlag im Winter und Herbst, weniger

starke Zunahmen sind im Frühjahr zu verzeichnen. Im Sommer hat sich der Niederschlag mit einem Rückgang von mehr als 20 % seit 1950 am stärksten verändert.

Regionale Klimaszenarien lassen vermuten, dass sich die Sommermonate künftig am stärksten erwärmen könnten. Daher ist auch weiterhin mit einer Häufigkeitszunahme warmer und heißer Tage zu rechnen. Auch die Niederschlagsänderungen könnten weiterhin im Sommer am stärksten sein. Der Sommer des Jahres 2003 könnte insofern als beispielhaft für mögliche zukünftige Klimaänderungen in Nordost-Niedersachsen gewertet werden, als dass Ende des Jahrhunderts die mittlere sommerliche Lufttemperatur, die Häufigkeit warmer und heißer Tage und die sommerliche Niederschlagssumme in etwa dem langjährigen Mittel (2071-2100) entsprechen könnte.

Zur Veranschaulichung der Folgen eines Sommers mit diesen Eigenschaften wurde die Berichterstattung in den lokalen Zeitungen am Beispiel des WINSENER ANZEIGERS und der HARBURGER ANZEIGEN UND NACHRICHTEN analysiert.

## **Hitze**

Im Zusammenhang mit Hitze wurde häufig über Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur berichtet: Es gab viele Staus wegen häufiger Unfälle (HARBURGER ANZEIGEN UND NACHRICHTEN (HAN) 21. Juli 2003: 1) und erhöhtem Verkehrsaufkommen (WINSENER ANZEIGER (WA) 04. August 2003: 12). Auf der Autobahn schoben sich wegen der Hitze mehrfach Betonplatten aus der Verankerung (HAN 21. Juli 2003: 1, WA 12. August 2003: 10). Zudem haben sich Bahngleise in der Hitze verbogen, sodass es zu Zugausfällen kam (HAN 21. Juli 2003: 1). Auch über das Befinden und Freizeitverhalten der Einwohner Nordost-Niedersachsens wurde im Zusammenhang mit der Hitze häufiger berichtet. So war beispielsweise im WINSENER ANZEIGER zu lesen, dass die andauernde Hitze die Menschen wegen zu geringer Flüssigkeitszufuhr und Schlafentzug aggressiver mache (WA 9./10. August 2003: 11). Getränkehersteller mussten wegen der gestiegenen Nachfrage Leergut nachkaufen (WA 24. Juli 2003: 11). Freibäder in der Region sowie Nord- und Ostseestrände meldeten Hochbetrieb (WA 9./10. August 2003: 3 und WA 11. August 2003: 18).

Aus wirtschaftlicher Sicht wurden positive Einflüsse der Hitze für Freibäder, Getränkemarkte und Elektrogeschäfte bilanziert (HAN 5. August 2003: 1). Auch der Heideturismus bewertete die hohen Junitemperaturen als positiv, da sie zu einer extrem frühen und besonders schönen Heideblüte führten, was sich positiv auf die Besucherzahlen auswirkte (HAN 12. Juni 2003: 3).

Von negativen Folgen wurde in der Landwirtschaft berichtet, da z. B. Kühe an heißen Tagen weniger Milch gaben (HAN 12. August 2003: 8). Die Forstwirtschaft beklagte die explosionsartige Vermehrung der Borkenkäfer in niedersächsischen Fichtenwäldern, die aufgrund der extremen Trockenheit ohnehin geschwächt seien (HAN 26. August 2003: 5). Auch die Miniermotte habe sich durch den Hitzesommer stark vermehrt, sodass es unter Kastanien weniger Schatten gab (HAN 14. August 2003: 3).

## **Trockenheit**

Neben der Hitze wird in den Medien im Sommer 2003 vor allem über die anhaltende Trockenheit berichtet. Auswirkungen werden vor allem in der Landwirtschaft beschrieben. Biobauern konnten der Trockenheit durchaus positive Effekte abgewinnen, da sie die Krautfäule verhindere, was zu größeren Kartoffeln führe (HAN 12. August 2003: 8). Auch

Hobbygärtner vermeldeten trotz Trockenheit sehr gute Erträge, vor allem bei Kartoffeln und Sonnenblumen (HAN 30. August 2003: 9). Hingegen beklagten konventionelle Landwirte, dass durch die Trockenheit Äpfel unreif vom Stamm fielen (HAN 12. August 2003: 8) und Dürreschäden am Futtermais auftraten (HAN 12. August 2003: 8). Besonders häufig wurde im Sommer 2003 von der hohen Waldbrandgefahr in Nordost-Niedersachsen berichtet. In diesem Zusammenhang wurde auch immer wieder von Brandstiftung berichtet, was dazu führte, dass das Betreten einiger Wälder in Nordost-Niedersachsen verboten wurde und Geldbußen bis zu 5000 Euro fällig werden konnten, wenn Waldwege verlassen wurden (HAN 9. August 2003: 1). In Winsen und Buchholz wurden die Bürger zur Mithilfe beim Gießen aufgefordert, weil das Stadtgrün vertrocknete (HAN 8. August 2003: 4). In der Elbe wurde über einen sehr geringen Sauerstoffgehalt (1,7 mg Sauerstoff pro Liter) aufgrund der Trockenheit und des geringen Abflusses berichtet. Mit dem Sauerstoffmangel wurde das beobachtete Fischsterben in Verbindung gebracht (HAN 25. Juli 2003: 1). Nachteilig wirkte sich die Trockenheit auch in der Binnenschifffahrt aus, da Binnenschiffer wegen Niedrigwasser nur die Hälfte der Fracht laden konnten (HAN 5. August 2003: 1 und HAN 21. Juli 2003: 1). Ferner wurde von der Verlagerung der Brackwasserzone stromaufwärts berichtet (HAN 12. August 2003: 7).

Die Auswirkungen des Hitzesommers 2003 in Nordost-Niedersachsen können sicher nicht ohne weiteres auf den künftigen Klimawandel bis Ende des 21. Jahrhunderts übertragen werden. Zwar könnte der Sommer des Jahres 2003 Ende des Jahrhunderts ein normaler Sommer sein, doch vollziehen sich diese Veränderungen innerhalb eines langen Zeitraumes. Im Vergleich zu einem Einzelereignis besteht bei solch schleichenden Veränderungen die Möglichkeit, rechtzeitig Anpassungsmaßnahmen in die Wege zu leiten. In diesem Kontext zeigt der Sommer des Jahres 2003 auf, in welchen Bereichen solche Anpassungsmaßnahmen wichtig sein werden; nämlich vor allem in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Verkehrsinfrastruktur, Gesundheit und Binnenschifffahrt.

#### Literatur

- DÖSCHER, R.; WILLÉN, U.; JONES, C.; RUTGERSSON, A.; MEIER, H. E. M.; HANSSON, U.; GRAHAM, L. P. (2002): The development of the coupled regional ocean-atmosphere model RCOA. – *Boreal Env. Res.* **7**: 183-192, o.O.
- HEIDT, L. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die potentielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. – *GeoBerichte* **13**: 1-109.
- FESER, F.; WEISSE, R.; VON STORCH, H. (2001): Multi-decadal atmospheric modeling for Europe yields multi-purpose data. – *Eos Trans. AGU*, **82** (28): 305-310.
- GRIZE, L.; HUSS, A.; THOMMEN, O.; SCHINDLER, C.; BRAUN-FAHRLÄNDER, C. (2005): Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. – In: *Swiss Med Weekly* **135**: 200-205.
- HAN HARBURGER ANZEIGEN UND NACHRICHTEN (2003): Juni bis August 2003. – Hamburg.
- IPCC (Hg.) (2000): NAKICENOVIC, N.; SWART, R. (Eds.): Emission Scenarios. – Cambridge, S. 570.
- JACOB, D. (2001): A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin. – *Meteorol Atmos Phys* **77**: 61-73.
- LWK – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (Hg.) (2008): No Regret – Genug Wasser für die Landwirtschaft?! – Uelzen.
- MEINKE, I.; GERSTNER, E.-M. (2009): Digitaler Norddeutscher Klimaatlas informiert über möglichen künftigen Klimawandel. – *DMG Mitteilungen* 3-2009: 17.
- QUANTE, M.; ZAKRZEWSKI, R. (2009): Entwicklung der Temperatur und Niederschlagszeitreihen in der Region Lüneburg. – *Jb. Naturw. Verein Fstm. Lbg.* **44**: 77-82.

ROCKEL, B.; WILL, A.; HENSE, A. (2008): The Regionale Climate Model COSMO-CLM. –  
Meteorologische Zeitschrift 17. Jg., Heft 4: 347-348.  
WA WINSENER ANZEIGER (2003): Juni bis August 2003. – Winsen.

**Manuskript** eingegangen am 06.04.2013

**Anschrift** der Verfasser:

Dr. Insa Meinke  
Moritz Maneke  
Jessica Klepgen  
Prof. Dr. Markus Quante

Institut für Küstenforschung  
Helmholtz-Zentrum Geesthacht  
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
21502 Geesthacht