



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt, Natur
und Digitalisierung

Anpassung an den Klimawandel **Fahrplan für Schleswig-Holstein**



Schleswig-Holstein. Der echte Norden.

Inhalt

Vorwort	- 3
Klimaänderungen in Schleswig-Holstein	- 4
Bisherige Klimaentwicklungen	- 4
Immer in Bewegung: Wetter und Klima	- 5
Klima, Klimavariabilität und Extreme	- 6
Klimamodelle	- 7
Klimawandel und Klimaprojektionen	- 8
Temperatur	- 10
Niederschlag	- 12
Sonnenschein	- 14
Wind	- 15
Prozess und Handlungsfelder zur Anpassung in Schleswig-Holstein	- 16
Handlungsfeld Boden	- 17
Handlungsfeld Wasser	- 20
Siedlungsentwässerung	- 20
Grundwasser	- 21
Meeresökologie	- 22
Küsten- und Binnenhochwasserschutz	- 24
Handlungsfeld Landwirtschaft	- 28
Handlungsfeld Biologische Vielfalt	- 30
Handlungsfeld Forstwirtschaft	- 34
Handlungsfeld Gesundheit	- 36
Handlungsfeld Wirtschaft	- 40
Handlungsfeld Raumordnung	- 42
Zukünftige Arbeitsschritte auf dem Weg zu Landes-Anpassungsstrategien	- 44
Klimaanpassung auf Ebene der Europäischen Union, des Bundes und der Bundesländer	- 47
Kommunale Anpassungsstrategien und -projekte	- 49
Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein (POSIMA)	- 50
Stadtgrün 2025 - Klimawandel und Baumsortimente der Zukunft	- 51
RainAhead	- 55
Klimabündnis Kieler Bucht	- 56
„Klimaanpassung leicht gemacht!“ für Kommunen	- 58
Anhang	- 59
Glossar	- 59
Abkürzungen	- 62
Bildverzeichnis und -nachweise	- 63
Impressum	- 64



© Frank Peter

Vorwort

Wir alle sind Zeugen einer dramatischen Veränderung in unserer Atmosphäre. Seit Millionen von Jahren gab es in der Luft unserer Erde keine vergleichbar hohen Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Konzentrationen wie heute: 2016 hat der CO₂-Gehalt der Luft zum ersten Mal seit dem Beginn der fortlaufenden Messungen im Jahr 1958 die Marke von 400 ppm¹ merklich überschritten. Die Erde wird wärmer. Der Klimawandel ist Fakt, nicht Fake.

Umso dramatischer ist es daher, dass auf der politischen Ebene der Klimaschutz stark in Bedrängnis gerät. Die USA wollen aus dem Weltklimavertrag aussteigen und setzen auf den Ausbau von Kohle, Gas und Atomkraft. Ein fataler Schritt – ist doch inzwischen anerkannt, dass der Klimawandel Bedrohungen vervielfacht: Die Weltbank rechnet damit, dass bis 2030 allein wegen des Klimawandels 100 Millionen Menschen zusätzlich von Armut bedroht sind. Durst und Hunger werden durch Dürren und extreme Wetterlagen zunehmen: alle Faktoren, die Instabilität produzieren – in oft schon instabilen Regionen. Auch an Europa wird das nicht spurlos vorbeigehen.

Wenn jetzt die US-Bundesregierung klimapolitisch das Rad zurückdreht, gilt für Deutschland und Europa umso mehr: Wir müssen das Heft des Handelns in die Hand nehmen und Klimaschutz Wirklichkeit werden lassen. Jetzt erst recht. Dabei müssen wir uns klar darüber sein, dass es schon ein enormer Erfolg ist, wenn es gelingt, den Anstieg der Temperaturen auf unter zwei Grad zu begrenzen. Darauf müssen unsere gebündelten Anstrengungen zielen.

Aber genauso müssen wir uns schon jetzt schrittweise dem Klimawandel anpassen. Das gilt für Schleswig-Holstein als Land zwischen den Meeren allemal.

Auf welche Veränderungen werden wir uns hier also einstellen müssen und wo wird das Land durch die Folgen des Klimawandels am empfindlichsten getroffen? Ziel muss sein, schrittweise eine möglichst flexible Strategie zu entwickeln, die es erlaubt, sich effektiv an die nicht mehr vermeidbaren Auswirkungen des veränderten Klimageschehens anzupassen.

Der hier vorgelegte neue „Fahrplan Anpassung an den Klimawandel“ ist eine Fortsetzung der ersten Veröffentlichung aus dem Jahr 2011 und soll einzelne Wege aufzeigen, wie die Anpassung an den Klimawandel in den für das Land erkennbaren und besonders relevanten Handlungsfeldern bewältigt werden kann. Das betrifft unter anderem den Küsten- und den Hochwasserschutz, die Landwirtschaft, die Wälder und Forsten, den Verkehr und die Energiewirtschaft, die Raumplanung und die Kommunen. Die Broschüre gibt Anregungen und Ideen, worauf zu achten ist und was zu tun ist, damit das Land trotz Klimawandel Heimat bleiben kann.

Dr. Robert Habeck
Minister für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,
Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein

¹400 ppm (parts per million) oder 0,04 %, gemessen durch das Mauna Loa Observatory auf Hawaii.



Klimaänderungen in Schleswig-Holstein

Bisherige Klimaentwicklungen²

Schleswig-Holstein hat sich während der letzten Jahrzehnte bereits deutlich erwärmt. Ein Vergleich des aktuellen Klimazustandes (1986–2015) mit dem Vergleichszeitraum 1961–1990 zeigt in Schleswig-Holstein eine Erwärmung von etwa 0,7 °C und liegt damit über dem weltweiten Durchschnitt. Dies belegen sowohl die langjährigen Messungen an Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Schleswig-Holstein (Schleswig, Helgoland und List auf Sylt) als auch modell- und messbasierte Flächendaten.

Mit der Erwärmung haben sich auch die thermischen Vegetationsperioden in Schleswig-Holstein verlängert, was vor allem auf einen früheren Beginn zurückzuführen ist. Da sich die thermische Vegetationsperiode in den letzten Jahrzehnten stärker verfrüht hat (um etwa 3 Wochen seit 1960) als der letzte Frosttag im Jahr (um etwa 1 Woche seit 1960), hat sich das Spätfrostisiko in Schleswig-Holstein innerhalb dieses Zeitraumes erhöht.

Mit der Erwärmung hat sich auch das Auftreten bestimmter Temperaturkennstage in Schleswig-Holstein verändert. So hat die Anzahl von Sommertagen (max. Tagestemperatur >25 °C), heißen Tagen (max. Tagestemperatur >30 °C) und tropischen Nächten (min. Nachttemperatur >20 °C) zugenommen, während sich die Anzahl der Frost- und Eistage (min. bzw. max. Tagestemperatur <0 °C) in

Schleswig-Holstein deutlich reduziert hat. Im jahreszeitlichen Vergleich vollzieht sich die Häufigkeitszunahme der Sommertage, der heißen Tage und der tropischen Nächte hauptsächlich im Sommer und nur unwesentlich im Frühjahr und Herbst. Die Häufigkeitsabnahme der Frost- und Eistage fällt größtenteils auf die Wintermonate, wobei jedoch auch im Frühjahr eine deutliche Abnahme zu verzeichnen ist.

Die jährliche Niederschlagsmenge und -häufigkeit in Schleswig-Holstein unterlagen in den letzten Jahrzehnten starken Schwankungen. So lässt sich innerhalb Schleswig-Holsteins kein räumlich einheitlicher Trend feststellen und die Vorzeichen der Trends ändern sich bei geringfügigen Veränderungen des Beobachtungszeitraumes. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch im Frühjahr, Sommer und im Herbst. Im Winter hingegen hat der Niederschlag in Schleswig-Holstein in den letzten Jahrzehnten in Menge und Häufigkeit zugenommen, wobei sich jedoch die Anzahl der Schneetage reduziert hat. Die Anzahl der Trockenperioden hat sich weder im Jahresmittel noch innerhalb einzelner Jahreszeiten nennenswert verändert.

Sowohl die mittleren als auch die maximalen jährlichen Windgeschwindigkeiten unterliegen in Schleswig-Holstein starken jährlichen und dekadischen Schwankungen, wobei

sich jedoch innerhalb der letzten Jahrzehnte keine systematischen Änderungen zeigen. Dies ist auch in einzelnen Jahreszeiten nicht der Fall. In den Wintermonaten hat sich die Sturmintensität in Schleswig-Holstein in den letzten Jahrzehnten zwar verstärkt, jedoch ist zu berücksichtigen, dass eine langfristige Zunahme bei Auswertung längerer Zeitreihen nicht bestätigt werden kann. Gleiches gilt auch für die Entwicklung der Sturmhäufigkeit während der Wintermonate. Auch hier lässt sich innerhalb der letzten fünfzig Jahre zwar eine Zunahme erkennen, die jedoch bei Zugrundelegung eines längeren Zeitraumes (noch) nicht bestätigt wird.

Neben den oben beschriebenen Wetterelementen und daraus abgeleiteten Größen haben sich auch die Wasserstände an der deutschen Nord- und Ostseeküste in der Vergangenheit verändert. So ist der mittlere Meeresspiegel an der deutschen Ostseeküste im letzten Jahrhundert um etwa 15 cm und an der deutschen Nordseeküste um etwa 20 cm angestiegen. Während der letzten Jahrzehnte ist der Meeresspiegel an den deutschen Küsten etwas schneller angestiegen. Die derzeitigen Anstiegsraten sind jedoch mit denen des beginnenden letzten Jahrhunderts vergleichbar. Aufgrund des Meeresspiegelanstieges ist inzwischen weniger Energie durch den Wind als früher nötig, um Wasserstände auf Sturmflutniveau anzuheben, so dass die Häufigkeit leichter Sturmfluten in den letzten Jahrzehnten leicht zugenommen hat.

Immer in Bewegung: Wetter und Klima³

Das Wetter mit all seinen Erscheinungen prägt unser Leben. Es bestimmt unsere tägliche Auswahl der Kleidung, aber auch die von uns erschaffene Infrastruktur. Mit der durch den Menschen verursachten Erhöhung der Treibhausgaskonzentrationen und den Änderungen der Landnutzung ändert sich unser Wetter und Klima.

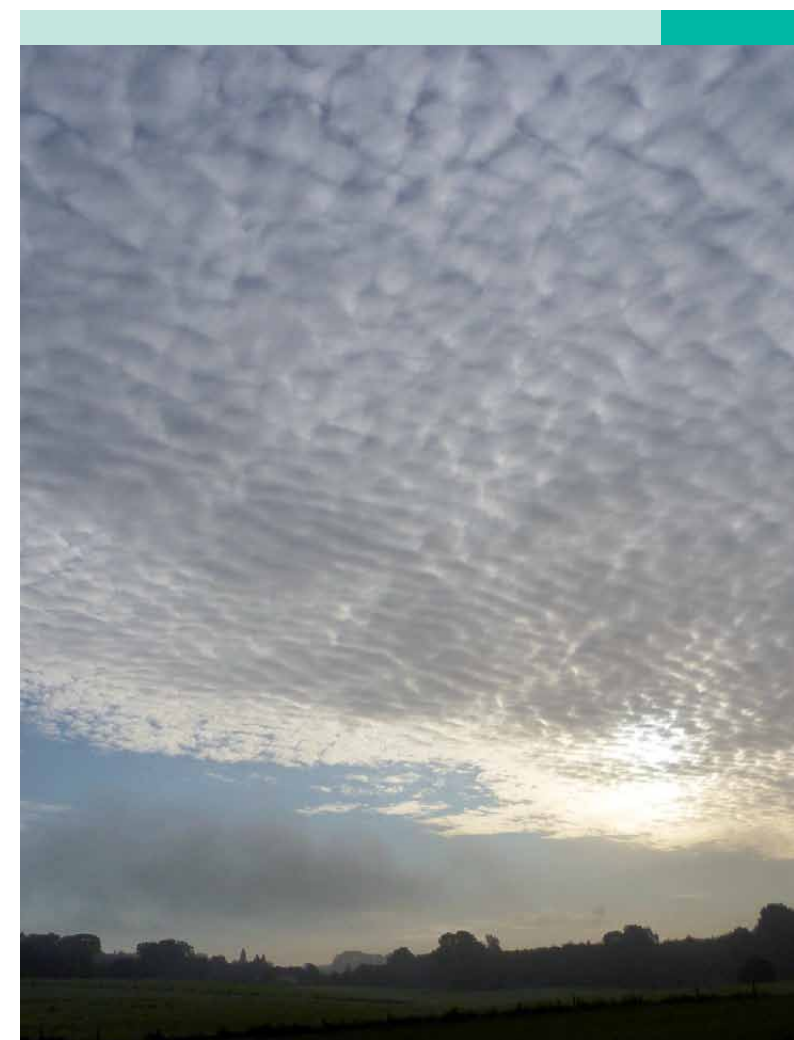
Vom kurzfristigen Wechsel zur langfristigen Änderung – Wetter und Klima im Wandel

Der DWD beobachtet in Schleswig-Holstein an vielen Orten das Wetter, teilweise seit mehr als 100 Jahren. Registriert werden die Temperatur, der Niederschlag, der Sonnenschein, der Wind und vieles mehr. Die Beobachtungswerte variieren von Tag zu Tag und von Jahr zu Jahr. Es gibt warme und kalte Winter, trockene und feuchte Sommer. Neben den beobachteten Variationen von Jahr zu Jahr zeichnen die Messsysteme des DWD auch langfristige Änderungen auf.

Ist der Einfluss des Menschen berechenbar?

Mit dem Ausstoß von Treibhausgasen und der großflächigen Änderung der Landnutzung greift der Mensch in das natürliche Klimasystem der Erde ein. Ein Schwerpunktthema der weltweiten Wissenschaft ist daher die Analyse der Folgen dieses Eingriffes in das natürliche Klimasystem der Erde. Hierzu nutzen die Wissenschaftler beispielsweise Annahmen über die mögliche Entwicklung der Erdbevölkerung, der wirtschaftlichen Produktionsbedingungen und der Landnutzung. Diese Annahmen werden mit dem Begriff Szenarien zusammengefasst. Es gibt beispielsweise ein Szenario, das ein Wirtschaftswachstum verbunden mit einem deutlichen Anstieg des Ausstoßes der Treibhausgase beschreibt (Szenario RCP8.5). Ein anderes Szenario berücksichtigt deutliche politische Eingriffe zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen (Szenario RCP2.6).

Mit Hilfe von Klimamodellen hat die weltweite Wissenschaftsgemeinschaft die Auswirkungen auf das globale und regionale Klima auf der Basis der genannten Szenarien berechnet.



² Autorin: Dr. Insa Meinke, Norddeutsches Klimabüro, Institut für Küstenforschung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht. Quelle für das Kapitel:

<http://www.norddeutscher-klimamonitor.de/>

³ Autorin und Autor der Kapitel „Immer in Bewegung: Wetter und Klima“ bis „Wind“: Elke Isokeit und Wolfgang Riecke, DWD, Regionale Klima- und Umweltberatung Hamburg.



Klima, Klimavariabilität und Extreme

Wetter, Witterung, Klima: Mit diesen drei Begriffen beschreibt die Meteorologie und Klimatologie Vorgänge, die in der Atmosphäre in verschiedenen langen Zeiträumen ablaufen. Das Wetter umfasst wenige Tage, die Witterung den Zeitraum von Wochen bis mehrere Monate und das Klima Jahre bis hin zu geologischen Zeitaltern.

Was ist Klima?

Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definiert „Klima“ wissenschaftlich präzise als „Synthese des Wetters über einen Zeitraum, der lange genug ist, um dessen statistische Eigenschaften bestimmen zu können“.

„Klima“, vom altgriechischen Wort *klīma* für „ich neige“ stammend, spielt auf die Konstellation der Erde im Sonnensystem an, auf die Neigung der Erdachse und dem variierenden Abstand unseres Planeten zur Sonne und den damit verbundenen markanten Witterungsschwankungen. Das Klima der Vergangenheit war nie konstant. Aus der Erdgeschichte sind Eiszeiten und Warmzeiten bekannt.

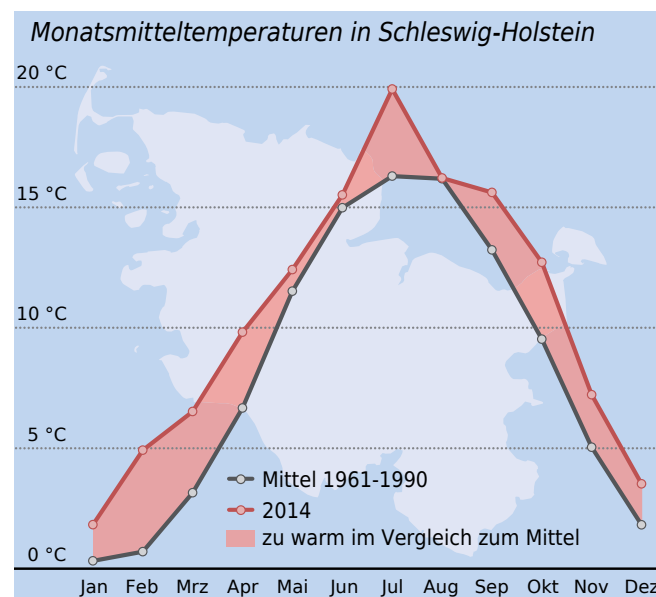
Das Klima ist auch immer auf einen Ort bezogen. Das Klima von Helgoland ist beispielsweise ein anderes, als das von Kiel. Um das Klima einer Region zu beschreiben werden, entsprechend den Vorgaben der WMO, Zeiträume von mindestens 30 Jahren analysiert.

Klimavariabilität

Die Notwendigkeit, das Klima über einen Mittelwert zu beschreiben, zeigt, dass das Klima als Summe von Wetter und Witterung etwas Variables ist. Dass Wetter und Witterung variabel sind, beobachten wir tagtäglich. Gleiches

gilt für die längeren Zeitskalen. So sind im Winter die Temperaturen im Mittel geringer als im Sommer. Aber auch einzelne Jahreszeiten unterscheiden sich. Es gibt warme oder kalte Winter sowie trockene oder feuchte Sommer.

Die beschriebene Variabilität ist nicht auf die Temperatur allein festgelegt. Sie gilt für alle meteorologischen Elemente (z. B. Niederschlag und Sonnenscheindauer). Auch ein sich durch den Klimawandel erwärmendes Klima weist diese Variabilität auf: Es wird nicht jedes Jahr etwas wärmer sein als das vorhergehende. Einzelne Jahre können wärmer aber auch kälter sein als der mittlere Verlauf.



2014 war global das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Auch in Schleswig-Holstein wiesen bis auf den August alle Monate zum Teil deutlich höhere Mitteltemperaturen auf als in der international gültigen Referenzperiode 1961-1990.

Klimatrend

Ist in Folge von Jahren oder Jahrzehnten verstärkt eine Veränderung, z. B. zu häufigeren positiven Temperaturabweichungen, festzustellen oder sind vermehrt bisher beobachtete Schwankungsbreiten betragsmäßig zunehmend überschritten worden, wird von einem Klimatrend gesprochen. Die Änderungsrichtung kann durchaus vergleichsweise kurzzeitig unterbrochen oder abgemildert sein. Entscheidend ist, dass die zu beobachtende Änderungsrichtung über einen langen Zeitraum anhält. Solche langfristigen Änderungen können natürliche Ursachen haben, wie z. B. Veränderungen der Erdbahnparameter oder der Sonnenaktivität. Aber auch der Mensch greift mit seinen Aktivitäten in das Klimasystem ein. Eng verknüpft mit dem Begriff des Klimatrends ist der Klimawandel.

Extremereignisse

Extremereignisse sind sehr seltene Ereignisse, die stark von den mittleren Bedingungen abweichen. Ein Ereignis kann aus vielfältigen Gründen zu einem Extremereignis werden. Es kann ein auf einen Tag bezogenes Ereignis sein, wie eine Orkanböe, ein längerfristiges Ereignis, wie eine langanhaltende Trockenheit oder ein für den Zeitpunkt im Jahr sehr untypisches Ereignis.

Extreme gehören zum Wetter und Klima. So wie sie zum Klima der Vergangenheit gehört haben, so werden sie auch zum Klima der Zukunft gehören.

Klimamodelle

Die beobachteten Klimaschwankungen und -trends der Vergangenheit einfach für die Zukunft hoch zu rechnen ist unter dem Aspekt des Klimawandels nicht sinnvoll. Daher werden Klimamodelle für die Abschätzung der zukünftigen Klimaentwicklungen genutzt.

Die Welt in Boxen

In einem Klimamodell wird eine Vielzahl an (Teil-) Modellen zu einem großen Modell zusammengefasst. Diese Modelle sind in der Lage, alle wesentlichen Prozesse der Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und Biosphäre unseres Planeten Erde zu beschreiben. Eine Eins-zu-eins-Umsetzung dieser Abläufe in Klimamodellen ist jedoch nicht möglich. Zum einen sind nicht alle Prozesse in der Natur hinreichend bekannt, zum anderen erfordert dies einen extrem hohen Aufwand an Computerrechenzeit. Für die Beschreibung der Prozesse müssen eine Vielzahl von mathematisch-physikalischen Gleichungen gelöst werden. Diese werden häufig mit sogenannten Gitterboxmodellen beschrieben. Dafür werden die Atmosphäre und die Ozeane unseres Planeten in Gitterboxen eingeteilt.

Für Deutschland liegen aktuell regionale Simulationen mit einer räumlichen Gitterweite von 50 und 12,5 km vor. Das bedeutet zum Beispiel, dass die simulierte Temperatur nur alle 12,5 km einen anderen Wert annehmen kann. Eine belastbare Aussage ist für einen einzelnen Gitterpunkt nicht möglich. Es müssen immer mehrere Gitterpunkte zusammengefasst werden. Üblicherweise wird dafür eine Matrix von drei mal drei Gitterpunkten genutzt.

Viele Modelle, viele Ergebnisse

Weltweit werden von einer Vielzahl Forschungsgruppen Klimamodelle mehr oder weniger unabhängig entwickelt. Einzelne Modellkomponenten werden dadurch unterschiedlich beschrieben, was wiederum zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Ursache hierfür sind die notwendigen Vereinfachungen, die für die Entwicklung eines Modells gegenüber den in der Natur ablaufenden Prozessen notwendig sind.

Die vorhandene Bandbreite der Ergebnisse ist ein wichtiger Hinweis auf die Güte des Verständnisses der in der Natur ablaufenden Prozesse. Je höher die Bandbreite, umso vorsichtiger sollten Aussagen über zum Beispiel beschriebene Änderungssignale formuliert werden.

Klimawandel und Klimaprojektionen

Der Begriff Klimawandel beschreibt eine Änderung der vorhandenen klimatischen Verhältnisse an einem Ort oder auch auf der gesamten Erde. Hinsichtlich des Parameters Temperatur kann diese Änderung grundsätzlich eine Erwärmung oder auch eine Abkühlung sein. Der in den letzten Jahren viel diskutierte Klimawandel wird nicht durch natürliche Einflüsse (Erdbahnparameter oder Variationen der Solarstrahlung) hervorgerufen. Die Aktivitäten des Menschen haben einen signifikanten Einfluss auf das globale und regionale Klima.

Klimafaktor Mensch

Der Mensch wirkt auf vielfältige Weise auf das Klima ein. Wesentlich sind zwei Bereiche:

- Durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen unter anderem große Mengen an CO₂, das direkt in die Atmosphäre entweicht.
- Durch Abholzung, Aufforstungen, Moorentwässerung und Bodenversiegelung verändert der Mensch die Landnutzung auf der regionalen und auf der globalen Skala.

Nur auf der gemeinsamen Basis der natürlichen Einflüsse sowie derjenigen, die auf den Menschen zurückzuführen sind, können die beobachteten Änderungen des globalen Klimas erklärt werden.

Es ist nicht möglich, den Einfluss des Menschen für die nächsten Jahre und Jahrzehnte genau zu beschreiben. Möglich sind aber Annahmen über den wahrscheinlichen Verlauf. Diese Annahmen werden in der Wissenschaft Szenarien genannt.

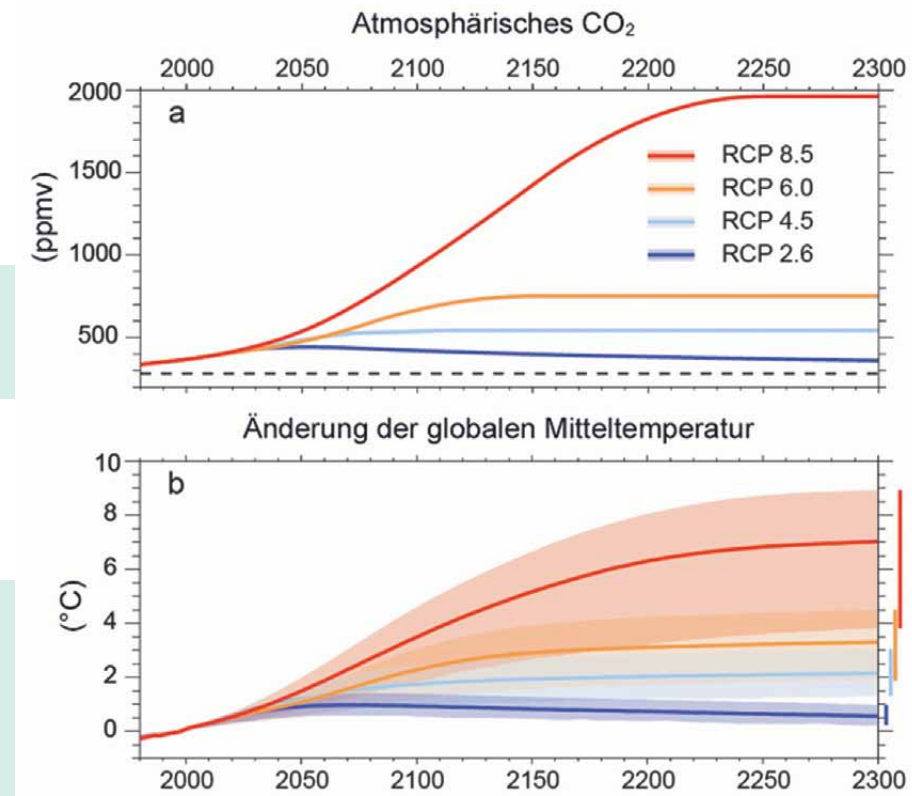
In der Wissenschaft wurde in den letzten Jahren eine Vielzahl denkbarer Szenarien entwickelt, die einen starken Einfluss der Menschen auf das Klima beschreiben. In Vorbereitung auf den 5. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wurden vier repräsentative Szenarien, sogenannte repräsentative Konzentrationspfade (RCP) ausgewählt. Hierbei handelt es sich um Szenarien, die den Verlauf von Treibhausgaskonzentrationen und den Einfluss von Aerosol (kleine Partikel in der Atmosphäre wie z. B. Rußflocken) gemeinsam als Strahlungsantrieb beschreiben. Der Begriff Strahlungsantrieb ist vereinfacht als zusätzliche/erhöhte Energiezufuhr für die Erde zu erklären.

Die Szenarien werden RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5 genannt. Hierbei steht die jeweilige Zahl (z. B. 8.5) für die zusätzliche der Erde zur Verfügung stehende Energie von 8,5 W/m² im Jahr 2100 gegenüber der solaren Einstrahlung im Jahr 1860.

Das Szenario RCP2.6 basiert auf Annahmen, die dem politischen „2-Grad-Ziel“ entsprechen. Ziel ist eine Welt, in der im Jahr 2100 die globale Erwärmung nicht mehr als 2 °C im Vergleich zum Jahr 1860 beträgt. Für das 2-Grad-Ziel wird ein Szenarienverlauf angenommen, der mit einer sehr starken und sehr schnellen Reduktion der Emission von Treibhausgasen gegenüber dem heutigen Zustand verbunden ist. Der Höchstwert des Strahlungsantriebes wird vor dem Jahr 2050 (3,0 W/m²) erreicht. Von da an reduziert er sich kontinuierlich auf den Wert 2,6 W/m² im Jahr 2100. Hierzu ist ein Wandel hin zu einer Welt notwendig, deren Energieversorgung nicht mehr auf der Verbrennung von fossilen Kohlenstoffvorräten basiert. Das Maximum weltweiter Emissionen von Treibhausgasen muss dafür vor dem Jahr 2020 liegen. Noch vor dem Jahr 2080 dürfen keinen wesentlichen Emissionen von Treibhausgasen mehr vorhanden sein.

Das Szenario RCP4.5 beschreibt eine zukünftige Entwicklung, in der das Maximum der Emissionen von Treibhausgasen vor dem Jahr 2050 liegt. Danach nehmen die Emissionen ab und liegen im Jahr 2100 unterhalb von denen im Jahr 2000. Der resultierende Strahlungsantrieb steigt mit der Zeit zunehmend langsamer bis zum Jahr 2100 kontinuierlich an.

Das Szenario RCP 6.0 beschreibt einen Zustand mit einem vergleichsweise hohen Strahlungsantrieb von 6,0 W/m² im Jahre 2100 gegenüber 1850, bei dem dann eine Stabilisierung erreicht wird, danach wird ein abnehmender Strahlungsantrieb bis zum Jahr 2300 angenommen.



Änderung der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100 für die verschiedenen Emissions-Szenarien.

Bandbreite möglicher Temperaturänderungen im Zeitraum 2081-2100 gegenüber dem vorindustriellen Niveau innerhalb des RCP8.5-Szenarios (hohe Emissionen) und des RCP2.6-Szenarios (niedrige Emissionen).

Das Szenario RCP8.5 beschreibt eine Welt, bei der die Energieversorgung im Wesentlichen auf der Verbrennung fossiler Kohlenstoffvorräte beruht. Der Ausstoß von Treibhausgasen wird sich gegenüber heute mit einem stetigen Anstieg des Strahlungsantriebes bis hin zum Jahr 2100 erhöhen.

Was wäre wenn? - Klimaprojektionsrechnungen

Wird ein globales Klimamodell dazu genutzt, den möglichen Klimawandel auf der Basis eines Szenarios zu berechnen, so erfolgt das im Rahmen einer Klimaprojektionsrechnung. Eine Klimaprojektionsrechnung darf nicht mit einer Vorhersage verwechselt werden. Sie ist eine „Was-wäre-wenn-Rechnung“ auf der Basis des gewählten Szenarios.

Die Klimaprojektionsrechnungen für die verschiedenen Szenarien helfen dann, die zu erwartenden Klimaveränderungen in eine Bandbreite einzuordnen. Zum Beispiel, welches sind die minimal zu erwartenden Änderungen, welches die maximalen? Letztendlich werden die realen Veränderungen wahrscheinlich innerhalb dieser Bandbreite liegen.

Nachfolgend werden Ergebnisse von Klimaprojektionsrechnungen genutzt, die den Zeitraum 1971 bis 2100 umfassen. Die Ergebnisse der Klimaprojektionen für Deutschland wurden für zwölf klimatisch unterschiedliche

Modellregionen bestimmt⁴, eine davon ist das Nordwestdeutsche Tiefland. Schleswig-Holstein ist Teil dieser Region. Die Unterschiede in den Flächenmitteln wesentlicher Klimaparameter zwischen der Modellregion Nordwestdeutsches Tiefland und Schleswig-Holstein sind nur gering, so dass die Ergebnisse der Klimaprojektionen für das Nordwestdeutsche Tiefland auch für Schleswig-Holstein als hinreichend repräsentativ angesehen werden können. Als Bezugszeitraum für das beobachtete Klima werden die Jahre 1971 bis 2000 genutzt.

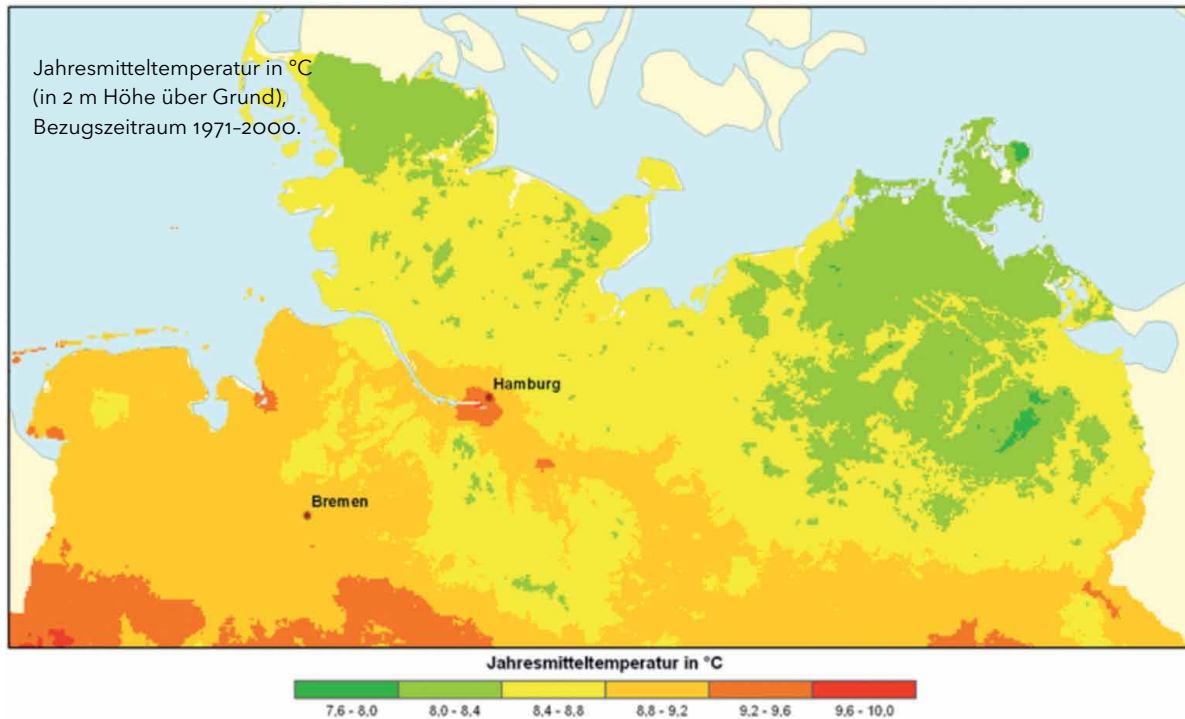
Für die Zukunft werden zwei Zeiträume analysiert. Sie werden im Weiteren „kurzfristiger“ und „langfristiger Planungshorizont“ genannt. Der kurzfristige Planungshorizont beschreibt den mittleren Zustand der Jahre 2021 bis 2050. Die Jahre 2071 bis 2100 werden als Grundlage für den langfristigen Planungshorizont genutzt.

Die Angaben der Änderungen werden als ein mittlerer Wert und als Spannweite angegeben. Beschrieben wird die Bandbreite über den geringsten und den höchsten Änderungswert aus den vorhandenen Datensätzen.

Die Attribute „geringes“ bis „sehr hohes“ Vertrauen beschreiben die wissenschaftliche Plausibilität und die einheitliche Tendenz der Modellergebnisse.

⁴ Vgl. DWD: Nationaler Klimareport 2016.



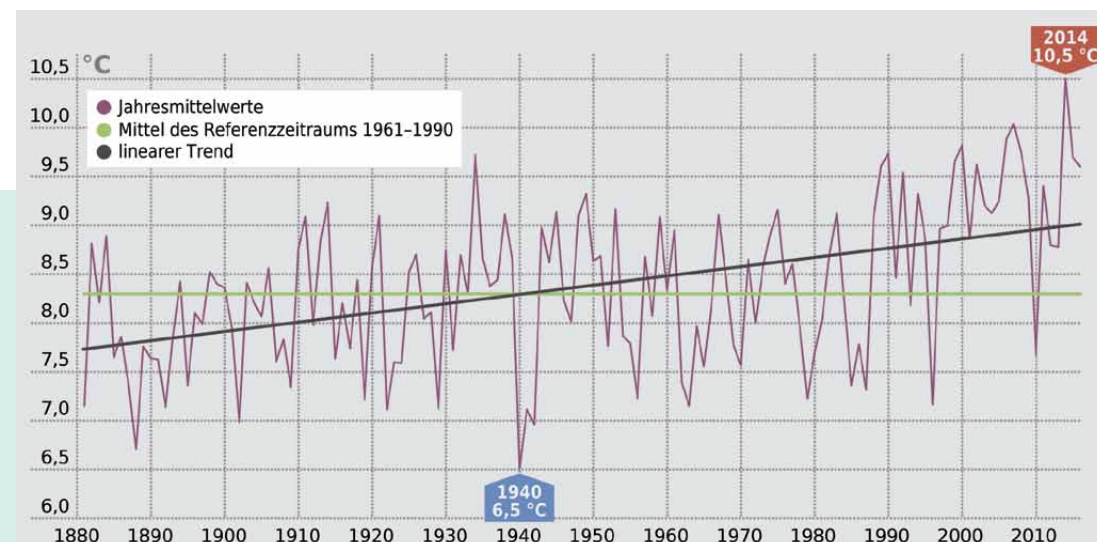


Temperatur

Vergangenheit und Gegenwart

In Schleswig-Holstein ist die Temperatur in den letzten 100 Jahren um 1,3 °C gestiegen. Seit Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts ist ein verstärkter Anstieg zu beobachten. Unabhängig davon schwankt das Flächenmittel der Temperatur in Schleswig-Holstein von Jahr zu Jahr zum Teil kräftig. Ermittelt wird dieses aus 1 x 1 km großen Rasterwerten, denen die punktuellen Bodenmessungen zugrunde liegen. Für den Zeitraum 1881 bis 2016 betrug die höchste Jahrestemperatur in Schleswig-Holstein

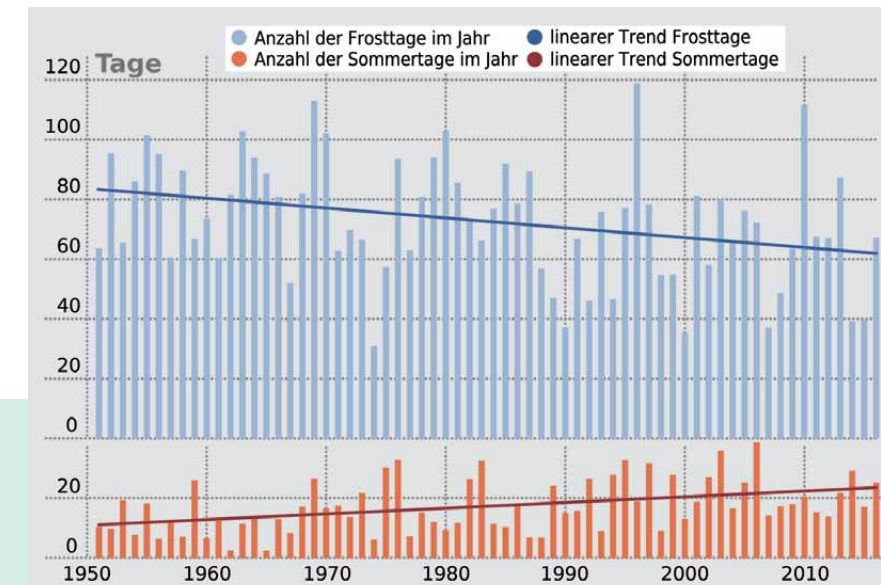
10,5 °C (gemessen 2014), die niedrigste 6,5 °C (gemessen im Jahr 1940). Für den international in Bezug auf Aspekte des Klimawandels maßgeblichen Vergleichszeitraum 1961-1990 ergibt sich ein landesweiter Mittelwert von 8,3 °C. Höhere Jahresmitteltemperaturen sind entlang der Westküste und der Elbe anzutreffen, kühlere Bedingungen herrschen im Norden des Bundeslandes.



Es wird wärmer in Schleswig-Holstein: Jahresmittel der Temperatur (Flächenmittel aus Stationsmessungen in 2 Meter Höhe) von 1881-2016 sowie Mittelwerte verschiedener 30-jähriger Bezugszeiträume (waagerechte Linien).

Kenntage wie Sommer- oder Frosttage vermitteln Temperaturverhältnisse oftmals anschaulicher. Ein Sommertag liegt dann vor, wenn die höchste Temperatur des Tages 25 °C erreicht bzw. überschreitet. Ein Tag wird zu einem Frosttag, wenn die tägliche Tiefsttemperatur 0 °C unterschreitet. Die Lage Schleswig-Holsteins zwischen Nord- und Ostsee wirkt auf die Temperaturen ausgleichend. Die Anzahl der Sommertage als 30-jähriges Flächenmittel stieg in Schleswig-Holstein von 15 Tagen in der Normal-

periode 1961-1990 auf 20 im Zeitraum 1981-2010, also um fünf Tage. Die höchste Anzahl wurde 2006 mit 39 Tagen registriert. Der lineare Trend 1951-2016 zeigt für das Gebiet Schleswig-Holstein ein Plus von 13 zusätzlichen Sommertagen auf. Schleswig-Holstein weist für die Vergleichsperiode 1961-1990 im Mittel 76 Frosttage im Jahr auf, mit einer Minderung im Zeitraum 1981-2010 um acht Tage. Im Zeitraum 1951-2016 ist im Trend eine Abnahme von 22 Frosttagen für Schleswig-Holstein festzustellen.



Die Zahl der Sommertage nimmt in Schleswig-Holstein zu, Frosttage werden seltener. Die Darstellung zeigt die Anzahl der jährlichen Sommer- und Frosttage von 1951-2016 sowie den entsprechenden linearen Trend.

Zukunft

Ein weiterer Anstieg der Temperatur in Schleswig-Holstein ist zu erwarten (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Für den kurzfristigen Planungshorizont (2021-2050) beträgt dieser Anstieg etwa 1,0 bis 1,3 °C (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen). Der Unterschied zwischen den durch die Klimaprojektionen (Klimaschutz-Szenario und Weiterwiebisher-Szenario) projizierten Änderungen ist gering. Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen 0,7 und 2,1 °C.

Jahreszeitliche Mittelwerte der Temperatur und erwartete Änderungen

	1961-1990	1971-2000	2021-2050 (RCP2.6)	2021-2050 (RCP8.5)	2071-2100 (RCP2.6)	2071-2100 (RCP8.5)
Frühjahr	7,1 °C	7,5 °C	+0,9 °C	+1,1 °C	+1,0 °C	+2,9 °C
Sommer	15,8 °C	16,1 °C	+1,0 °C	+1,3 °C	+1,0 °C	+3,6 °C
Herbst	9,3 °C	9,1 °C	+1,1 °C	+1,5 °C	+1,2 °C	+4,0 °C
Winter	0,9 °C	1,5 °C	+0,9 °C	+1,3 °C	+1,1 °C	+3,9 °C
Jahr	8,3 °C	8,6 °C	+1,0 °C	+1,3 °C	+1,1 °C	+3,6 °C

Niederschlag

Die Temperaturentwicklung für den langfristigen Planungshorizont wird stark vom gewählten Szenario bestimmt.

Basierend auf dem Klimaschutz-Szenario (RCP 2.6) ist eine Erhöhung um 1,1 °C zu erwarten (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen). Erreicht wird die Stabilisierung auf dem Niveau des kurzfristigen Planungshorizontes durch die sehr starke Reduktion der Treibhausgasemissionen innerhalb der Szenariendefinition. Die Änderung im Vergleich zum vorindustriellen Zustand beträgt 2,4 °C. Unter den Bedingungen des Weiter-wie-bisher-Szenarios beträgt die Erwärmung etwa 3,6 °C (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen). Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen 2,5 und 4,9 °C.

Die vorliegenden Ergebnisse des Weiter-wie-bisher-Szenarios entsprechen in etwa den Ergebnissen der vorhandenen Klimaprojektionen auf der Basis des SRES-Szenarios⁵ A1B.

Jahreszeitliche Unterschiede

Die Erwärmung ist in den verschiedenen Jahreszeiten mit Ausnahme des Frühjahrs ähnlich ausgeprägt: Hier fällt sie geringer aus. Mit der Temperaturzunahme geht eine markante Zunahme der Temperaturextreme einher. Mit tiefen Temperaturen verbundene Extreme nehmen stark ab und mit Wärme verbundene Extreme nehmen stark zu (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Dadurch steigt die Häufigkeit von Hitzewellen.

Vergangenheit und Gegenwart

Das Gebietsmittel Schleswig-Holstein zeigt in den letzten Jahren für die Jahressummen des Niederschlages einen ansteigenden Trend. Das höchste Flächenmittel wurde für Schleswig-Holstein 1998 mit 1.041 mm ($\hat{=}$ Liter/m²) ermittelt, während im Jahr 1959 mit 478 mm der niedrigste Wert auftrat. Das 30-jährige Mittel 1961–1990 beträgt 788 mm. Im Bezugszeitraum 1981–2010 errechnet sich für Schleswig-Holstein ein Mittel von 823 mm. Vor allem an der südöstlichen Ostseeküste Schleswig-Holsteins sind vergleichsweise geringere Jahresniederschlagssummen zu verzeichnen. Ein Band höherer Niederschläge zieht sich durch das mittlere Schleswig-Holstein.

Im Trend gibt es für das nördlichste Bundesland im Zeitraum 1881 bis 2016 einen Zuwachs in der Jahressumme von gut 130 mm. Auf die Jahreszeiten bezogen, tragen insbesondere der Winter und der Herbst zu dieser Zunahme bei, im Einzelnen etwa +64 mm im Winter, +33 mm im Herbst, +21 mm im Sommer und +14 mm im Frühjahr.

Von besonderer Bedeutung ist die Betrachtung der Entwicklung von Starkniederschlägen. Zu einer diesbezüglichen Abschätzung kann der Kenntag mit einer Tagessumme des Niederschlages \geq 20 mm herangezogen werden. Die größte Zahl derartiger Starkregen-Ereignisse in einem Jahr trat 1965 mit sieben Tagen auf (Flächenmittel im Zeitraum von 1951 bis heute).

Einen Tag mit \geq 20 mm Niederschlagsmenge gab es in Schleswig-Holstein bisher nicht. Der lineare Trend seit 1951 bis 2014 von einem zusätzlichen Starkregentag im landesweiten Mittel Schleswig-Holsteins ist nur begrenzt aussagefähig. Für die Bezugsperiode 1961–1990 betrug der Erwartungswert für Schleswig-Holstein 3,6 Tage und liegt damit um 0,5 Tage unter dem von 1981–2010. Generell ist bei diesen geringen Änderungsraten Vorsicht bei der Interpretation geboten.

Eine Auswertung für Starkniederschlagshöhen bei einer Niederschlagsdauer von 15 Minuten und einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren deutet statistisch für Schleswig-Holstein bei einem Vergleich der Zeiträume 1951–1980 gegen 1981–2010 ebenfalls eher auf eine leichte Zunahme hin.

Allgemein ist zum Auftreten von Starkniederschlägen zu bemerken, dass der Niederschlag, insbesondere in Form von kurzzeitigen sommerlichen Schauern und Gewittern, nur ein recht kleinräumiges Intensitätsmaximum aufweist. Dies führt dazu, dass das bestehende Messnetz sie nur unzureichend erfasst. Hier werden zukünftig die Auswertungen des Niederschlagsradars zu einer deutlichen Informationsverbesserung führen.

Zukunft

Eine deutliche Änderung der mittleren Jahressumme des Niederschlages im kurzfristigen Planungshorizont (2021–2050) ist für Schleswig-Holstein nicht zu erwarten (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Berechnet wird eine Zunahme des mittleren Jahresniederschlags von 2 bis 5 % (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen). Der Unterschied zwischen den Szenarien ist gering. Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen -3 % und +11 % Änderung. Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass eine modellierte Änderung unterhalb von 10 % nicht von der natürlichen Klimavariabilität unterschieden werden kann. Diese Schwelle gilt auch für alle nachfolgenden Werte.

Für den langfristigen Planungshorizont (2071–2100) ist für Schleswig-Holstein mit einer Zunahme des Jahresniederschlags um +10 % zu rechnen (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Die Änderung ist in allen Teilen des Landes in etwa gleich stark ausgeprägt.

Bezüglich der Änderung der Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10 mm pro Tag ist sowohl für den kurzfristigen Planungshorizont als auch für den langfristigen Planungshorizont mit einer Zunahme zu rechnen. Ein weniger ausgeprägter Anstieg wird für die Tage mit Niederschlag von 20 mm und mehr projiziert. Jedoch ist bei Starkniederschlägen die Spannweite innerhalb des Ensembles teilweise sehr groß, so dass die Resultate nur wenig belastbar sind.

Jahreszeitliche Unterschiede

Für den kurzfristigen Planungshorizont 2021–2050 werden unter Verwendung aller RCP-Szenarien für den Winter Zunahmen der Niederschlagsmenge um +5 bis +7 % berechnet (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen). Für den Sommer ist eine Richtungsangabe nicht möglich. Die Spannweite der Ergebnisse liegt im Bereich von geringen Zunahmen bis hin zu einem leichten Rückgang. In den Übergangsjahreszeiten zeigen sich für diesen Planungshorizont Zunahmen der mittleren Niederschlagssumme von bis zu +3 % (Herbst) bzw. bis zu +7 % (Frühjahr) (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen).

Im Frühjahr und im Herbst kann die Änderung für den langfristigen Planungshorizont (2071–2100) \pm 0 bis +14 % betragen (praktisch sicher, sehr hohes Vertrauen), wohingegen die Änderung im Winter bis zu +18 % betragen kann (wahrscheinlich, mittleres Vertrauen).

Für den Sommer werden in diesem Planungshorizont im Mittel über alle Szenarien Abnahmen der Niederschlagsmenge berechnet. Die Abnahme ist beim Weiter-wie-bisher-Szenario (-4 %) stärker ausgeprägt als beim Klimaschutz-Szenario (-1 %). Die Spannweite liegt im Weiter-wie-bisher-Szenario zwischen einer Zunahme um +27 % (unwahrscheinlich, sehr geringes Vertrauen) und einer Abnahme um -43 % (unwahrscheinlich, sehr geringes Vertrauen).

Die vorliegenden Ergebnisse des Weiter-wie-bisher-Szenarios unterscheiden sich von denen der bisher genutzten Klimaprojektionen auf der Basis des SRES-Szenarios A1B. Das Weiter-wie-bisher-Szenario zeigt nicht mehr die im SRES-Szenario A1B beschriebenen hohen Rückgänge der Sommerniederschläge beim langfristigen Planungshorizont.

Jahreszeitliche Mittelwerte der Niederschlagshöhe und erwartete Änderungen

	1961–1990	1971–2000	2021–2050 (RCP2.6)	2021–2050 (RCP8.5)	2071–2100 (RCP2.6)	2071–2100 (RCP8.5)
Frühjahr	155 mm	152 mm	+6 %	+7 %	+4 %	+14 %
Sommer	222 mm	215 mm	-5 %	+2 %	-1 %	-4 %
Herbst	232 mm	229 mm	+3 %	+2 %	\pm 0 %	+9 %
Winter	180 mm	188 mm	+5 %	+7 %	+6 %	+18 %
Jahr	789 mm	784 mm	+2 %	+5 %	+2 %	+10 %

⁵ SRES (Special Report on Emissions Scenarios) fußen auf dem 4. Sachstandsberichts des IPCC (2007).

Sonnenschein

Vergangenheit und Gegenwart

Die Zeitreihe der Gebietsmittel für den meteorologischen Parameter Sonnenscheindauer reicht nur bis ins Jahr 1951 zurück. Grund hierfür ist eine frühere unzureichende Dichte an Sonnenscheindauer-Messstationen, um eine fundierte flächendeckende Interpolation auf Rasterfelder durchzuführen. Aus der Zeitreihe bis 2016 lassen sich grob drei Zeitabschnitte unterschiedlicher Sonnenscheindauer für Schleswig-Holstein identifizieren: Von 1951 bis 1976 eine Phase höherer Jahreswerte, dann anschließend bis etwa zu der Jahrtausendwende vermehrt geringere Jahressummen und dann wieder ansteigende Jahreswerte. Zwischen etwa 1950 und 1980 gab es weltweit eine Phase zurückgehender Sonneneinstrahlung, die u. a. einer verstärkten Luftverschmutzung zugeschrieben wird. Dieser folgte eine Periode mit wieder ansteigenden Bedingungen.

Die bisherigen jährlichen Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Schleswig-Holstein variierten zwischen 1.329 Stunden (1987) und 2.085 Stunden (1959). In dieser Zeitreihe gibt es kein weiteres Jahr, in dem nochmals 2.000 Stunden Sonne überschritten wurden. Auch das „Hitzejahr“ 2003 blieb mit 1.948 Stunden darunter.

Der vieljährige Mittelwert 1961–1990 des Flächenmittels für die Sonnenscheindauer beträgt 1.567 Stunden und liegt damit um rund 36 Stunden niedriger als der entsprechende Wert 1981–2010. Bei einer jahreszeitlichen Betrachtung zeigt vor allem das Frühjahr eine Zunahme, während die Sommermonate kaum eine Änderung aufweisen.

Zukunft

Die Sonnenscheindauer wird in den Klimamodellen nicht direkt berechnet, sondern indirekt aus der kurzwelligen Strahlung abgeleitet. Die Strahlung ist verbunden mit den Bewölkungsverhältnissen, eine der großen Herausforderungen der Klimamodellierung. Die Bandbreite der modellierten Werte ist daher zwischen den Modellen sehr hoch. Dies führt dazu, dass die Ergebnisse weniger aussagekräftig sind als beispielsweise die Ergebnisse der Temperaturänderungen.

Für den kurzfristigen Planungshorizont 2021–2050 wird für Schleswig-Holstein ein Rückgang der Tagessonnenscheindauer um 6 Minuten projiziert (ebenso wahrscheinlich wie nicht, mittleres Vertrauen). Dieser Rückgang macht sich beim Weiter-wie-bisher-Szenario besonders im Winter und Frühjahr bemerkbar (wahrscheinlich, hohes Vertrauen), wohingegen im Sommer und im Herbst mit keinen Änderungen zu rechnen ist (wahrscheinlich, hohes Vertrauen).

Für den langfristigen Planungshorizont 2071–2100 wird eine Verstärkung dieser Änderungen erwartet. Im Jahresmittel ist mit einer Abnahme der mittleren Tagessonnenscheindauer zwischen 6 Minuten und 12 Minuten zu rechnen (ebenso wahrscheinlich wie nicht, mittleres Vertrauen). Dieser Rückgang macht sich besonders im Frühjahr und im Winter bemerkbar, hier kann mit einer Abnahme von bis zu 24 Minuten pro Tag gerechnet werden (ebenso wahrscheinlich wie nicht, geringes Vertrauen). Im Sommer und Herbst treten wahrscheinlich keine Änderungen der Sonnenscheindauer auf, wobei im Weiter-wie-bisher-Szenario im Sommer durch einzelne Projektionen auch Zunahmen der mittleren Tagessonnenscheindauer von bis zu einer Stunde projiziert werden (sehr unwahrscheinlich, sehr geringes Vertrauen).

Jahreszeitliche Mittelwerte der tägl. Sonnenscheindauer und erwartete Änderungen

	1961–1990	1971–2000	2021–2050 (RCP2.6)	2021–2050 (RCP8.5)	2071–2100 (RCP2.6)	2071–2100 (RCP8.5)
Frühjahr	321 Min.	328 Min.	-6 Min.	-12 Min.	-6 Min.	-24 Min.
Sommer	421 Min.	421 Min.	±0 Min.	-6 Min.	±0 Min.	±0 Min.
Herbst	192 Min.	190 Min.	±0 Min.	±0 Min.	-6 Min.	-6 Min.
Winter	92 Min.	93 Min.	-6 Min.	-12 Min.	-12 Min.	-24 Min.
Jahr	257 Min.	259 Min.	-6 Min.	-6 Min.	-6 Min.	-12 Min.



Wind

Vergangenheit und Gegenwart

Standardmäßig wird der Wind in 10 m Höhe über Grund gemessen, um den Einfluss des Untergrundes möglichst gering zu halten. Trotzdem reagiert der gemessene Wind, insbesondere die Windgeschwindigkeit, empfindlich auf Veränderungen im Umfeld der Messstation (z. B. wachsende Bäume) oder auf Änderungen des Messortes. Fast alle Windzeitreihen weisen Inhomogenitäten auf. Die zur Verfügung stehenden Zeitreihen umfassen nur einige Jahrzehnte.

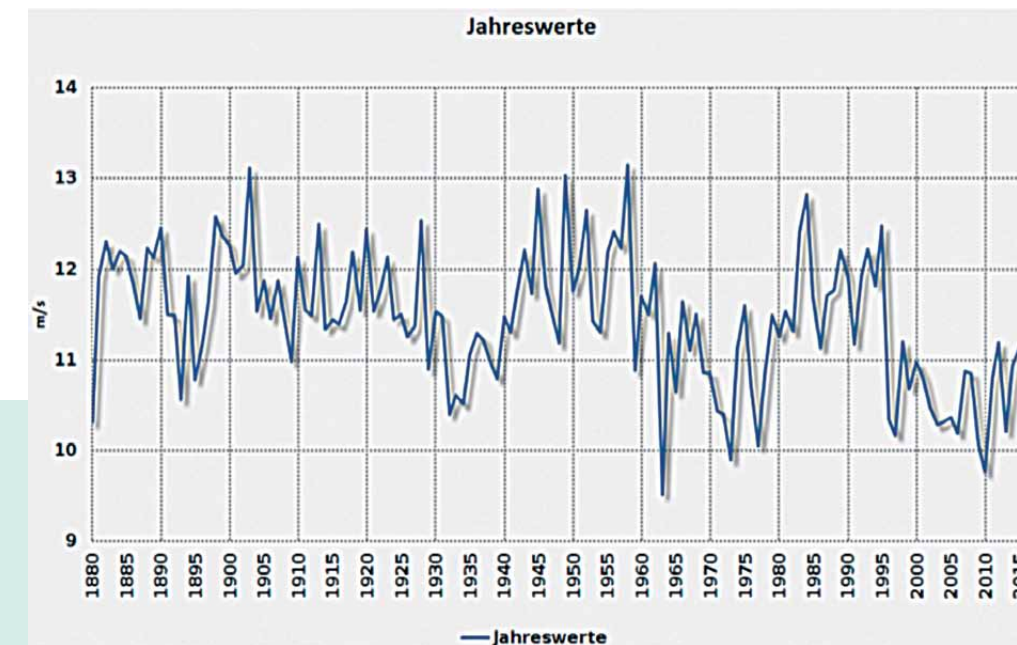
Eine Möglichkeit, trotzdem Aussagen über die Entwicklung der Windgeschwindigkeit über einen längeren Zeitraum zu machen, ist die Betrachtung des geostrophischen Windes. Dieser beruht auf Luftdruckdifferenzen und ist eng mit dem „wahren“ Wind gekoppelt. Die Messung des Luftdrucks ist bereits seit dem Ende des 18. Jahrhunderts mit hoher Qualität möglich. Betrachtet man den geostrophischen Wind, der aus den Luftdruckdaten von Hamburg, Emden und List auf Sylt für die Deutsche Bucht berechnet wurde, zeigen sich Abschnitte mit Längen von zehn Jahren bis wenigen Jahrzehnten mit höherer oder niedrigerer Windgeschwindigkeit (sogenannte multidekadische Schwankung). Für die gesamte Zeitreihe ist nur ein schwacher, abfallender Trend erkennbar, der jedoch deutlich kleiner als die Schwankungen von Jahr zu Jahr ist und damit statistisch nicht signifikant ist. Deutlich erkennbar ist die windreiche Zeit der 1990er Jahre, die sich aber unauffällig in die Maxima der Gesamtreihe einfügt.

Sturmtage

Sturmtage sind Tage mit Spitzen-Windgeschwindigkeiten von mindestens 8 Beaufort-Stärke (entsprechend 62 km/h). Deutliche Unterschiede in der Anzahl der Sturmtage ergeben sich zwischen der Küste und dem schleswig-holsteinischen Binnenland. So weist z. B. die DWD-Station List in der Periode 1961–1990 eine mittlere jährliche Anzahl von 128 Sturmtagen auf, während Schleswig nur 49 Tage zeigt. Von 1981–2010 traten dann an den beiden Stationen 114 bzw. 47 jährliche Sturmtage auf.

Zukunft

Die Berechnungen der Klimaprojektionen deuten darauf hin, dass sich die Windverhältnisse in der Zukunft wenig ändern bzw. eine Änderung aus den Modellen nicht ableisbar ist.



Jahresmittel des geostrophischen Windes, berechnet aus den bodennahen Luftdruckwerten der Stationen Hamburg, Emden und List, Zeitraum 1890 bis 2016



Prozess und Handlungsfelder zur Anpassung in Schleswig-Holstein

Im Jahr 2011 hat das Land Schleswig-Holstein mit dem „Fahrplan Anpassung an den Klimawandel“ den Prozess dargestellt, wie eine Strategie für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Schleswig-Holstein erarbeitet werden kann. Als besonders klimasensitive Handlungsfelder wurden dabei für das Land Schleswig-Holstein die Bereiche Boden, Wasserhaushalt, Meeresökologie, Küstenschutz, Landwirtschaft, biologische Vielfalt und Forstwirtschaft identifiziert.

Zum Schutz des Klimas und im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel sind in Schleswig-Holstein eine Reihe wesentlicher Maßnahmen eingeleitet oder auf den Weg gebracht worden. Im neu gefassten Landesplanungsgesetz Schleswig-Holstein (GVOBl. Schl.-H. Nr. 2 vom 27.2.2014) wurde in § 5 (3) erstmals festgeschrieben, dass „die raumrelevanten Inhalte der regionalen und überregionalen Landschaftsplanung sowie die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen zu berücksichtigen“ sind. Auch das neue Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (GVOBl. Schl.-H. Nr.4 vom 30.3.2017) und das in Aufstellung befindliche neue Landschaftsprogramm werden Regelungen bzw. Vorgaben zur Anpassung an den Klimawandel enthalten.

Um eine Anpassungsstrategie für Schleswig-Holstein entwickeln zu können, ist es eine zwingende Voraussetzung, auf gesicherte Daten und Erkenntnisse zurückgreifen zu können. Dafür ist es notwendig, ein systematisches Klimafolgenmonitoring aufzubauen, das sich auf die für das Land am besten geeigneten Indikatoren stützen kann. Um dafür die fachlichen Grundlagen zu entwickeln, wurde eine zweiteilige Studie beim Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegeben, mit dem Ziel, Vorschläge von geeigneten Indikatoren zusammen zu stellen, deren Datenquellen zugänglich und ohne zusätzlichen Aufwand genutzt werden können. Ein erstes Ergebnis konnte 2011 vorgelegt werden.

Eine darauf aufbauende Studie hat anschließend die Eignung dieser nach Aussagekraft und möglichst geringem Erhebungsaufwand ausgewählten Indikatoren geprüft und für sie beispielhaft Arbeitsblätter („Fact Sheets“) erstellt. Darin werden nach definierten Vorgaben für die Dokumentation der Indikatoren alle wesentlichen Informationen (wie wissenschaftliche Grundlagen, Berechnungsformeln, Datenquellen, Einordnungs- und Interpretationshilfen, Entwicklungsbedarf etc.) zusammengestellt. Die Verwendung dieser Indikatoren-Fact-Sheets ermöglicht die methodisch einheitliche Erhebung und Interpretation der vorgeschlagenen Indikatoren.

Die Ergebnisse dieses UBA/KomPass (Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung-) Gutachtens wurden in einer internen Arbeitsgruppe des Ministeriums für Energie- wende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (MELUND) bewertet. Es wurden erste Indikatoren festgelegt, die am besten geeignet scheinen, langfristige Trends abzubilden, und die sehr wahrscheinlich durch den Klimawandel verursacht sind. Die dabei verwendeten Daten sollen an einer Stelle zusammengefasst und für verschiedene Zwecke genutzt werden können. Dazu arbeitet das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) zurzeit im Rahmen des MELUND-Projektes „ZeBIS“ (Zentraler Betrieb der Informationssysteme) an dem Projekt „Data-Warehouse“.

Ziel ist es, mit Hilfe eines auf aussagekräftige Indikatoren gestützten Systems für das Land bedeutende Veränderungen abzubilden, für die der Klimawandel eine maßgebliche Ursache ist. Damit können den Entscheidungsträgern langfristig Daten zur Verfügung gestellt werden, die entsprechende Anpassungsschritte ermöglichen und die auch eine Grundlage für künftige Anpassungsstrategien bilden können.

Handlungsfeld Boden

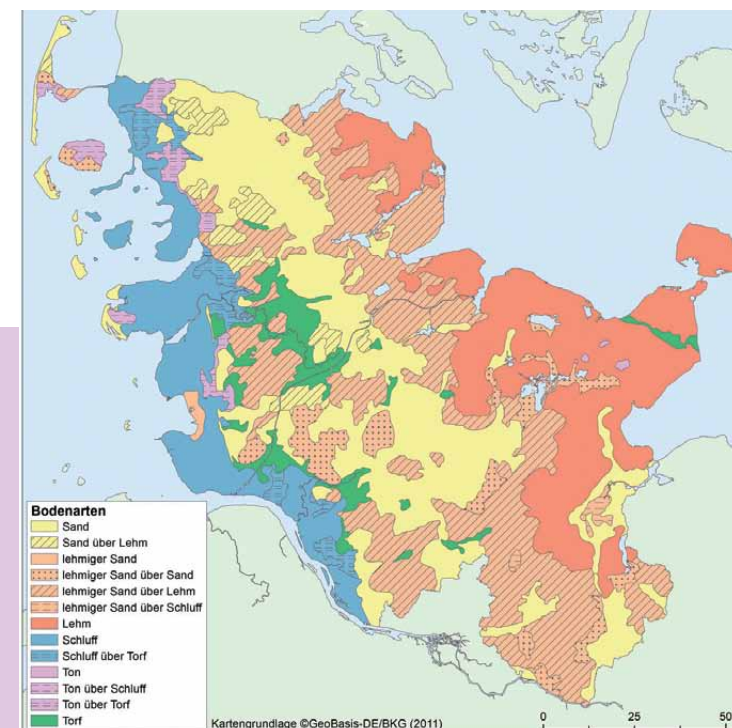
Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Boden und Klima beeinflussen sich gegenseitig. Bodenveränderungen, die insbesondere durch die Bewirtschaftung entstehen, tragen zum Klimawandel bei, der Klimawandel wiederum beeinflusst auch den Boden. Auf der Grundlage der regionalen Projektionen des Klimamodells WETTREG⁶ für Schleswig-Holstein zeichnen sich unter ausschließlicher Betrachtung von Temperatur und Niederschlag folgende möglichen Entwicklungstendenzen für die drei Hauptnaturräume Schleswig-Holsteins ab:

Geänderte Niederschlags- und Verdunstungsraten wirken sich unmittelbar auf den Bodenwasserhaushalt aus. Geringere Bodenwassergehalte im Sommer führen besonders auf den sandigen Geeststandorten zu einer Einschränkung der pflanzenverfügbaren Wassermenge und so zu einer Zunahme von Trockenstress-Situationen. Die bindigeren Böden der Marschen und des Östlichen Hügellandes können eher längere Trockenperioden überbrücken. Andererseits werden diese Böden von der projizierten Niederschlagszunahme im Winter vermutlich stärker beeinträchtigt als jene der Geestlandschaften, da sie nicht so wasserdurchlässig sind. Sie befinden sich dann länger im wassergesättigten Zustand und sind stärker durch Schadverdichtungen gefährdet. Längere Phasen mit wassergesättigten Bodenverhältnissen sowie zunehmende Winterniederschläge können, insbesondere an unbedeckten, geneigten Standorten, eine Zunahme des Oberflächenabflusses und damit der Bodenerosion zur Folge haben.

Die sandigen Böden der Geestlandschaften bieten ein besonders hohes Potential für Nitratausträge durch Sickerwasser. Da zudem in der Geest sehr hohe Niederschlagszunahmen für den Winter erwartet werden, kann gerade hier die Gefährdung von Grund- und Oberflächengewässern durch Stoffeinträge deutlich zunehmen.

Bodenarten in Schleswig-Holstein (LLUR 2016)



Erwartbare Klimafolgen in Böden

- Trockenstress im Sommer auf der Geest
- Schadverdichtungen und Bodenerosion in Marsch und östlichem Hügelland
- erhöhte Schadstoffausträge auf der Geest
- Rückgang von organischer Substanz in Mooren und Feuchtgebieten
- weitere Erwärmung der städtischen Bereiche durch Bodenversiegelung

⁶WETTREG: Statistisches Verfahren zur Errechnung von Klimavariablen, das von der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH im Auftrag von 15 Landesbehörden entwickelt worden ist. Vgl. <http://www.cec-potsdam.de/wettreg.html>

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Humusvorrat der Böden werden von teilweise gegenläufigen Prozessen bestimmt. Einerseits wird der Abbau von Humus sowohl bei starker Trockenheit als auch bei starker Nässe gehemmt. Andererseits wird aufgrund höherer Temperaturen und Niederschläge im Winter voraussichtlich mehr Biomasse infolge des Klimawandels gebildet werden. Aufgrund der Unsicherheiten, die mit möglichen Veränderungen der biologischen Aktivität und der Humusgehalte verbunden sind, ist eine regionale Einschätzung sehr schwierig. Bei zunehmender Trockenheit im Sommer, verbunden mit sinkenden Grundwasserständen, kann jedoch eine erhöhte Gefahr des Abbaus organischer Substanz in hydromorphen Böden, besonders in Mooren, als sehr wahrscheinlich erachtet werden.

Versiegelung des Bodens in Städten führt zu höheren Lufttemperaturen und zur Unterbindung der Verdunstung aus dem Boden. Damit entsteht ein belastendes Stadtklima, das durch zukünftig zunehmende Temperaturen noch verstärkt werden wird.

Seit 1989 wird das Programm Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein durchgeführt. Die Erfassung der Veränderungen der Gehalte und Vorräte an organischer Substanz im Boden und des Bodenwasserhaushalts sind hierbei zentrale Größen in der Betrachtung der Klimafolgen für den Boden. Zukünftig werden diese beiden Parameter als Indikatoren für das Klimafolgenmonitoring herangezogen werden. Konkrete Aussagen zu Veränderungen sind aufgrund der dafür noch zu kurzen Laufzeiten derzeit nicht möglich. Eine monokausale Zuweisung von Ursachen für Veränderungen des Bodens aufgrund des Klimawandels wird jedoch praktisch nicht möglich sein.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz hat ein Positionspapier „Boden und Klimawandel. Klimawandel – Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“ vorgelegt.⁷ Dieses skizziert bereits einige Herausforderungen und Handlungsoptionen. Eine Schlüsselfunktion kommt den Böden bei der Speicherung von Kohlenstoff zu, wobei die von Böden gespeicherten Kohlenstoffmengen je Flächeneinheit in Abhängigkeit vom Bodenwasserhaushalt in der Reihenfolge Moore >> semiterrestrische Böden (Gleye, Marschen, Auenböden) >> terrestrische Böden abnehmen. Wesentlich für den Erhalt der Kohlenstoffspeicher, insbesondere der Moore und semiterrestrischen Böden, ist ein naturnaher Bodenwasserhaushalt, da Entwässerungen zu einem erheblichen Abbau organischer Substanz und damit CO₂-Freisetzung führen.

Von der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz empfohlene Bodenschutzmaßnahmen:

- Schutz von Böden, insbesondere solchen mit sehr hohem Kohlenstoffspeichervermögen bzw. hohem Kohlenstoffvorrat vor Überbauung im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren (Freiflächenschutz)
- Reduzierung des Flächenverbrauchs bisher unversiegelter Böden durch verstärkte Innenentwicklung und Brachflächenrecycling
- Rekultivierung und Renaturierung devastierter Flächen
- Erhalt, ggf. Mehrung von Wald und Grünland, insbesondere Vermeidung von Grünlandumbruch
- Schutz hydromorpher Böden, insbesondere Erhalt und Regeneration von Mooren
- nachhaltige Nutzung von Ackerflächen, insbesondere durch:
 - Sicherstellung einer ausgeglichenen Humusbilanz
 - Vermeidung des Verlustes organischer Substanz infolge von Wasser- und Winderosion
 - Vermeidung von Bodenverdichtungen

Sehr großen Einfluss auf die Kohlenstoffvorräte der Böden hat auch die Landnutzung. Wald und Grünland haben höhere Kohlenstoffvorräte gespeichert als Ackerböden. Daher sind die Verluste an Kohlenstoff bei Änderung der Nutzung (z. B. Grünlandumbruch) entsprechend hoch. Es gilt, die vorhandene organische Bodensubstanz zu erhalten und ggf. zu erhöhen. Allerdings werden die Gehalte an organischer Substanz in Böden im Wesentlichen von den standorttypischen Gegebenheiten bestimmt und lassen sich daher nicht einfach durch Zugabe von organischen Materialien erhöhen.

Durch eine humusschonende Bewirtschaftungsweise kann somit einerseits ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden, andererseits tragen der Humuserhalt und die Förderung von Humusaufbau zu dem Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und auch der Artenvielfalt im Boden unter sich ändernden Klimabedingungen bei.



Gley aus Sand über Lehm, Standort: Owschlager Moor (Foto: S. Polte 2015)

Welche Aktivitäten auf Landesebene sind bereits konzipiert oder ergriffen worden?

Auf der Maßnahmenebene ist in Schleswig-Holstein insbesondere der enge Zusammenhang von Bodenqualität und Landbewirtschaftung zu berücksichtigen. Grundlagen für eine standortangepasste Landbewirtschaftung sind Informationen über Aufbau, Verbreitung, Beschaffenheit, Zustand, Entwicklung und Veränderungen des Bodens. Diese Daten werden vom LLUR ermittelt und u. a. auch hinsichtlich klimarelevanter Aussagen bewertet.

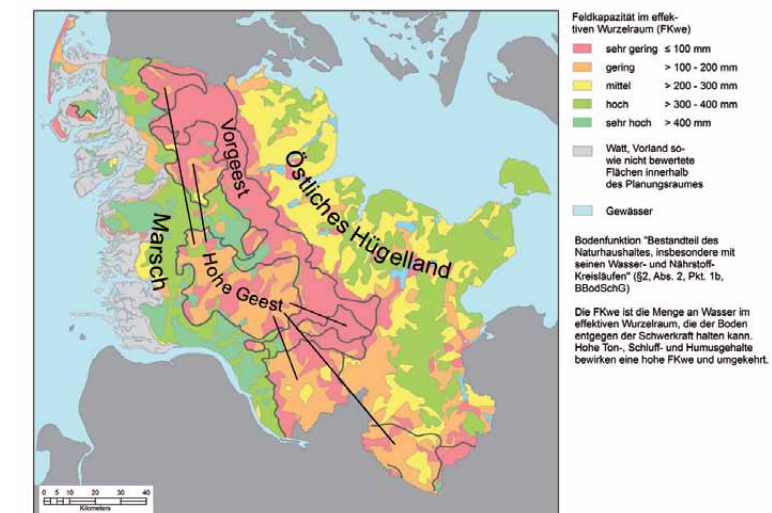
Bundesweit führt das Thünen-Institut seit 2010 das Projekt „Bodenzustandserhebung Landwirtschaft“ durch. Dabei werden die Kohlenstoffvorräte landwirtschaftlich genutzter Böden und der Einfluss von Klima, Nutzung und Management auf Bodeneigenschaften ermittelt sowie die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vorräte an organischem Kohlenstoff im Boden prognostiziert.⁸ 2015/2016 sind durch das Thünen-Institut Bodenproben in Schleswig-Holstein entnommen und auf ihre Kohlenstoffvorräte untersucht worden.

Anhand von Bewertungskarten, wie sie u. a. hinsichtlich Wasserhaushalt, Nährstoffhaushalt und natürlicher Ertragsfähigkeit bereits vorliegen⁹, können für Schleswig-Holstein regionale Aussagen zu Böden mit geringer und hoher

Wasserspeicherfähigkeit und deren Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel abgeleitet und auch das Nährstoffrückhaltevermögen mit erwarteten Niederschlagsänderungen verknüpft werden.⁹ Ebenso sind Karten der Gefährdungen des Bodens durch Erosion durch Wasser und Wind sowie durch Verdichtung verfügbar. Sie können Auskunft über die regionale Betroffenheit des Bodens in Schleswig-Holstein unter Einfluss sich ändernder Klimabedingungen geben und bilden insbesondere diejenigen Gebiete ab, deren Boden bei zunehmenden Winterniederschlägen stärker durch Wassererosion und Bodenverdichtung gefährdet sein werden.

Fachliche und rechtliche Grundlagen für Maßnahmen zum Schutz des Bodens, die zum Teil große Klimarelevanz aufweisen und in Schleswig-Holstein umgesetzt werden, sind die Standards zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in „gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“ nach Cross Compliance und § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz.

Weiterhin regelt in Schleswig-Holstein das Dauergrünland-erhaltungsgesetz (GVOBl. Nr. 14 vom 31.10.2013) den Grünlandumbruch und wirkt damit positiv auf Humus- und Wasserhaushalt des Bodens. Das Moorschutzprogramm hat den Erhalt der schleswig-holsteinischen Moore zum Ziel und trägt damit zur Verminderung des Torfabbaus und der Freisetzung klima-relevanter Gase bei. Förderprogramme zum Schutz des Grundwassers beinhalten boden- und Klimaschutzrelevante Komponenten, beispielsweise durch die Förderung bodennaher Ausbringungsverfahren für Gülle. Emissionen klimarelevanter Gase werden dadurch vermindert. Humusschonende Bodenbearbeitungsmaßnahmen, wie u. a. konservierende Bodenbearbeitung, sind heute schon in gewissem Umfang praxisüblich und tragen zu Energieeinsparungen bei.



Bodenfunktionskarte: Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (LLUR 2017)

⁷ Vgl. Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz: Boden und Klimawandel. Klimawandel – Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes. LABO-Positionspapier. Stand 9. Juni 2010.

⁸ Vgl. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Boden/_Texte/Boden.html?docId=8719618

⁹ Vgl. <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas> ==> Boden ==> Bodenbewertung.

Handlungsfeld Wasser

Siedlungsentwässerung

Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Der Klimawandel beeinflusst Wasserhaushalt und Wasserkreislauf und verändert damit die natürlichen Randbedingungen, für die die Entwässerungssysteme von Städten und Gemeinden bisher ausgelegt wurden. In der Siedlungsentwässerung spielen dabei die vermehrt auftretenden Starkregenereignisse eine entscheidende Rolle. Es ist davon auszugehen, dass die sommerlichen Starkregen regional an Intensität und Häufigkeit zunehmen. Diese kurzen, aber heftigen Niederschlagsereignisse führen schon jetzt in urbanen Gebieten häufig zu einer zeitweiligen Überlastung der Regenwasserkanalisation, da diese nicht für extreme Ereignisse dimensioniert wurde. Überlastete Regenwasserkanäle können das Wasser nicht mehr vollständig abführen. Es kommt zu Überflutungen und das Regenwasser fließt über die Straßen und Gräben in tiefer gelegene Gebiete. Es kann zu Überflutungen von Kellern, Tiefgaragen oder Unterführungen und zu erheblichen Sachschäden kommen.

Der gegenwärtige Trend zur Nachverdichtung der Bebauung von bestehenden Bau- und Gewerbegebieten und die allgemein zu beobachtende schleichende Zunahme von befestigten, d. h. wasserundurchlässigen Flächen verschärfen die Auswirkungen der Klimafolgen.

Von Bedeutung für die Siedlungsentwässerung sind aber auch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Einleitgewässer. Hier wird die erwartete Tendenz zu wärmeren und trockeneren Sommermonaten zu immer häufigeren und extremeren Niedrigwasserständen führen. Geringe natürliche Abflussmengen bei gleichbleibenden Einleitmengen von gereinigtem Schmutzwasser und gleichzeitig hohen Wassertemperaturen können die Wasserqualität zeitweilig deutlich verschlechtern.

Aus den beschriebenen Klimafolgen lässt sich lediglich eine Tendenz zu möglichen Folgen aufzeigen – quantitative Aussagen über Art, Umfang oder Häufigkeit sind nicht möglich.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Die erwarteten Starkregenereignisse stellen neue Anforderungen an die Siedlungsentwässerung, die ein Umdenken im Umgang mit Regenwasser erfordern.

Ziel muss es sein,

- mehr Regenwasser vor Ort versickern zu lassen und nicht mehr über die Kanalisation abzuleiten,
- die Eigenverantwortlichkeit der Grundstücksbesitzer für den Schutz ihrer Gebäude und Sachwerte klarzustellen und mehr Eigenvorsorge, z. B. bauliche Anpassungen der Grundentwässerungseinrichtungen oder der entwässerten Flächen, einzufordern und
- die vorhandenen Entwässerungsanlagen nach Möglichkeit zu optimieren.

Erforderlich ist ein ganzes Bündel an verschiedenen Maßnahmen, die in der Summe Schäden durch Überflutungen verhindern.

Mögliche Maßnahmen sind z. B.:

- die Information der Öffentlichkeit über die erwarteten Folgen des Klimawandels, das Erfordernis der Anpassung und die Notwendigkeit der Eigenvorsorge
- städteplanerische Maßnahmen wie z. B. die Entsiegelung befestigter Flächen, die Schaffung von Gründächern und anderen Grünflächen mit erhöhtem Regenwasserrückhalt und einer höheren Verdunstung
- die Abkopplung von Einzelgrundstücken von der zentralen Regenwasserkanalisation und dezentraler Versickerung vor Ort
- Änderung der Entwässerung von öffentlichen Plätzen und Verkehrsflächen mit dem Ziel der ortsnahen Versickerung oder Zwischenspeicherung des Regenwassers
- Schutzmaßnahmen an Gebäuden, z. B. Rückschlagklappen in Regenwasserleitungen, Dammbalkenverschlüsse vor Kellerfenstern
- Veränderungen auf den Grundstücken zur anderen Ableitung des Regenwassers

An dem Prozess sind alle zu beteiligen, die in irgendeiner Weise an der Planung und Weiterentwicklung sowie der Verwirklichung von Siedlungsstruktur und städtischer Infrastruktur Verantwortung tragen oder diese nutzen. Dies reicht von den Städten und Gemeinden, den Straßenbaulastträgern bis hin zu den Grundstückseigentümern.

Welche Aktivitäten auf Landesebene sind bereits konzipiert oder ergriffen worden?

Angesichts der Notwendigkeit, sich auf häufigere Starkregenereignisse und überlastete Kanalisationen einzustellen, wird das Land die breite Öffentlichkeit für ein Umdenken beim Umgang mit Regenwasser sensibilisieren. Ziel ist es, z. B. in Form von Flyern und Infobriefen, über Beratungsangebote und technische Handlungsempfehlungen zu informieren und privaten Grundstückseigentümern, verantwortlichen Städten und Gemeinden, Straßenbaulastträgern und Fachplanern Handlungsoptionen aufzuzeigen.

Grundwasser

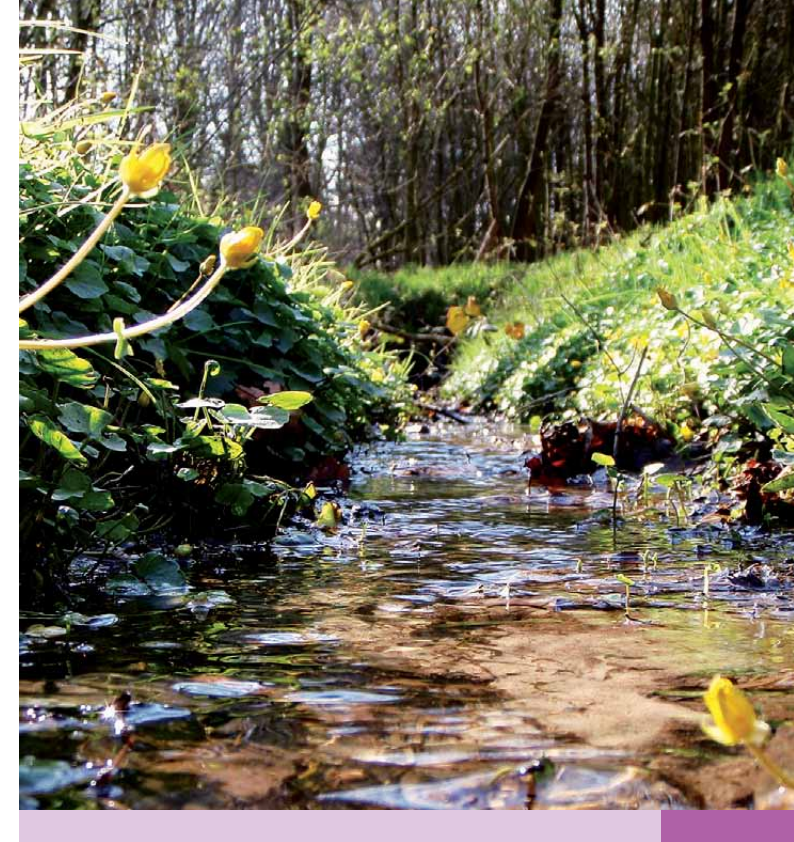
Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Der Klimawandel kann durch Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperaturen, Veränderungen der Niederschlagsverteilung (Zunahme der Winterniederschläge, Abnahme der Sommerniederschläge bei gleichzeitig stärkerer Neigung zu Extremereignissen) oder durch den Anstieg des Meeresspiegels (Verlagerung der Süß-/Salzwassergrenze) Einfluss auf Menge und chemischen Zustand des Grundwassers haben.

Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser sind derzeit noch nicht zweifelsfrei nachweisbar, da das Grundwasser vielfältigen, sich überlagernden Einflüssen unterliegt. Es gibt derzeit keine eindeutigen Hinweise auf klimabedingte Veränderungen von Grundwasserständen an Landesmessstellen. Auch ergeben sich aus den hydrochemischen Untersuchungen des Grundwassers bislang keine Hinweise auf klimabedingte Veränderungen. Um solche langfristigen Änderungen feststellen zu können, wird der mengenmäßige Zustand der Grundwasserkörper überwacht und bewertet.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Die derzeitige geologisch/hydrogeologische Grundlagenermittlung muss fortgesetzt werden, um zunächst das grundsätzliche Systemverständnis (Status quo) zu verbessern. Das landesweite Monitoring der chemischen und mengenmäßigen Entwicklung des Grundwassers stellt



dabei eine wichtige Datengrundlage dar. Die Messnetze werden turnusmäßig überprüft und an neue Erkenntnisse angepasst. Es wird davon ausgegangen, dass langfristige klimatische Veränderungen des Grundwassers mit diesem Instrumentarium hinreichend erfasst werden können.

Für die Einschätzung der Klimaauswirkungen auf das Grundwasser ist die kontinuierliche Erarbeitung hydrogeologischer Fachgrundlagen fortzusetzen. Dabei bildet auch die Erarbeitung hydrogeologischer (3-D) Modelle sowie numerischer Grundwassermodelle einen wichtigen Arbeitsschwerpunkt. Die Ergebnisse dienen einem besseren Verständnis der Systemzusammenhänge und sind Fachgrundlagen für Prognose- und Szenarienmodelle. Derzeit konzentrieren sich die Modellbetrachtungen auf wasserwirtschaftlich stark beanspruchte Modellregionen.

Ein verstärkter Eintrag von Schadstoffen aus dem Bodenbereich in das Grundwasser durch eine erhöhte Grundwasserneubildung könnte Umstellungen landwirtschaftlicher Flächennutzungen auf Fruchtfolgen mit Winterdeckung oder eine konsequente Winterbegrünung erforderlich machen.

Die Verminderung der Niederschlagshöhe im Sommerhalbjahr könnte einen erhöhten Wasserbedarf, z. B. zur Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen zur Folge haben. Inwiefern die im Winterhalbjahr erhöhte Niederschlagsmenge ausreicht, um den höheren Sommerbedarf auszugleichen, ist derzeit nicht bekannt. Wasserrechtliche Erlaubnisse und Bewilligungen für Grundwasserentnahmen sind Grundlage einer Steuerung der Grundwasserbewirtschaftung. Somit kann über diese Instrumente auch auf klimatisch bedingte Veränderungen reagiert werden.



Sich ändernde bzw. stärker schwankende Grundwasserstände könnten Auswirkungen auf grundwassernah errichtete Bauwerke haben, so dass ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden. Die im Landesvergleich größte Bedeutung könnten Änderungen der Grundwasserhältnisse in küstennahen Bereichen haben, insbesondere für die Süßwasserlinsen der Nordseeinseln.

Welche Aktivitäten auf Landesebene sind bereits konzipiert oder ergriffen worden?

Im Hinblick auf die potenzielle Zunahme der Grundwasserneubildung und den damit verbundenen verstärkten Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser werden im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Möglichkeiten zur Minderung flächenhafter Nährstoffeinträge bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung entwickelt und erprobt.

Ein erhöhter „Konkurrenzdruck“ für das Grundwasser ist zu vermeiden. Dieser tritt, z. B. in Folge einer Intensivierung des landwirtschaftlichen Produktionsniveaus in Addition mit klimabedingten hydraulischen und hydro-chemischen Veränderungen der Grundwassersituation auf.

Neben der kontinuierlichen Überwachung und Bewertung der Grundwasserstände und der Grundwasserbeschaffenheit erfolgt eine systematische Ermittlung der hydrogeologischen Zusammenhänge in Schleswig-Holstein. Diese bildet die Fachgrundlage für landesweite Anpassungsstrategien der Grundwasserbewirtschaftung an den Klimawandel. Der Arbeitsbereich Hydrogeologie des Geologischen Dienstes führt darüber hinaus im Rahmen von Einzelprojekten gezielte Kartierungen und Untersuchungen zur Dynamik der Süß-/Salzwassergrenze im Grundwasser durch. Diese konzentrieren sich derzeit schwerpunktmäßig auf die Insel Föhr. In einem von der Europäischen Union geförderten Projekt¹⁰ wurden umfangreiche land- und luftgestützte geophysikalische Messungen durchgeführt. Ergänzende Untersuchungen galten der exemplarischen Aufnahme der Süß-/Salzwassergrenze.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen können die Folgen möglicher Klimaveränderungen im Grundwasserbereich, wie z. B. Grundwasserversalzungen, sicherer bewertet werden. Danach muss beispielsweise für die Insel Föhr bis zum Jahre 2100 mit einem Anstieg des Grundwasserspiegels gerechnet werden. Für die Marsch ergibt sich die Notwendigkeit verstärkter Entwässerungsmaßnahmen und die Gefahr eines Zustroms von Salzwasser in diesen Bereich nimmt zu.

Meeresökologie

Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Ostsee

Mithilfe von 3-D Ökosystemmodellen und regionalen Datensätzen modellieren Wissenschaftler aus dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) Klimaszenarien für die Ostsee. Die Projektionen wurden für verschiedene Klimagasemissionsszenarien (SRES: A1B und B1) für den Zeitraum von 2000 bis 2100 erstellt. Die Ergebnisse zeigen eine erwartete Erwärmung des Oberflächenwassers um 0,5 bis 2,5 °C mit einer Abnahme des Salzgehaltes um 1,5 bis 2 g pro kg und einer stark reduzierten Seeeisbedeckung im Winter.¹¹ Die Saison, in der Cyanobakterienblüten vorherrschen, verlängert sich und die Sauerstoffmangelsituationen im Tiefenwasser der zentralen Ostsee könnten sich etwas weniger stark ausbilden.¹²

Eine umfassende Darstellung der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse in der regionalen Klimaforschung im Bereich der Ostsee findet sich im Buch „Assessment of Change for the Baltic Sea Basin“ des Autorenteam von 2008. Nach den Ergebnissen verschiedener Modellläufe erhöht sich die durchschnittliche Jahreslufttemperatur im gesamten Ostseebereich um 3-5 °C. So verlängert sich die Dauer der Vegetationsperiode (>5 °C) im südlichen Bereich der Ostsee um 30-90 Tage. Außer in den südlichsten Regionen der Ostsee nimmt mit der Erwärmung im Sommer auch der Niederschlag zu. Die meisten regionalen Modelle projizieren trockenere Sommer und feuchtere Winter in den südlichen Ostseeregionen.¹³



Rippenqualle

Nordsee

Seit 1998 beschäftigt sich eine wattenmeerweite (trilaterale) Arbeitsgruppe (CPSL) mit dem Meeresspiegelanstieg und anderen Folgen der Klimaveränderung. Die Arbeitsgruppe hat Szenarien für den Meeresspiegelanstieg erarbeitet und die Folgen abgeschätzt.

Für das realistischste Szenario (25 cm Meeresspiegelanstieg bis zum Jahre 2050) gilt, dass signifikante Änderungen im Ökosystem Wattenmeer (Geomorphologie und Biologie) nicht erwartet werden.

Für das sogenannte Worst-Case Szenario (50 cm Meeresspiegelanstieg bis zum Jahre 2050) gilt,

- die Kapazität des Wattenmeeres, Änderungen im System durch Materialumlagerungen auszugleichen, könnte überschritten werden,
- die durch die Tiden geprägten Einzugsgebiete könnten dadurch anfangen, sich in Richtung von Küstenlagunen (mit mehr ständigen Wasserflächen) zu entwickeln,
- diese geomorphologische Entwicklung würde die Lebensbedingungen der Flora und Fauna beeinflussen.

Die Arbeitsgruppe erwartet, dass sich zwischen dem realistischsten und dem Worst-Case Szenario eine Grenze der Belastbarkeit befindet, deren Überschreitung zu erheblichen Schäden am Ökosystem Wattenmeer führt.

Eine Reihe von Auswirkungen der Erwärmung des Nordseewassers und der Klimaveränderung sind bereits zu beobachten wie z. B. eine frühere Setzzeit bei Seehunden, früherer Brutbeginn bei Vögeln, verstärkte Ausbreitung der Pazifischen Auster und anderer wärmeliebender Arten, Rückgang der heimischen Miesmuschelbestände.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Ostsee

Der Klimawandel kann die Auswirkungen des Nährstoffüberangebotes weiter verschärfen, da es durch Zunahme des Niederschlags insbesondere im Winter zu pulsartigen Belastungsspitzen in der Ostsee kommen kann. Um die Eutrophierung mit ihren Auswirkungen zu reduzieren, laufen derzeit mehrere Forschungsvorhaben und Anwendungsprojekte. Vorrangiges Ziel ist es, die Nährstoffe zu reduzieren bzw. zurückzuhalten, bevor sie in die Ostsee gelangen (Dränagemanagement). Dazu werden effiziente Maßnahmen zur Stickstoffminderung und zur Nutzung aquatischer Biomasse entwickelt und getestet.

Mögliche Folgen für Nord- und Ostsee

- höhere und pulsartige Nährstoffeinträge (besonders im Winter)
- vermehrte Algen- und Cyanobakterienblüten
- verminderte Badewasserqualität (pathogene Keime, Quallen, Algenblüten, Trübstoffe)
- dauerhafte Überflutung und Vernässung von Strandabschnitten
- Schäden an Schutzdeichen, Hafen- und Verkehrsinfrastruktur, Küstenbauwerken, Warften, Uferpromenaden, Wanderwegen, Strandzugängen und Treppen
- Sand- bzw. Uferabtrag an Badestränden und Campingplätzen
- Beeinträchtigung von Fischlaichplätzen, Miesmuschelbänken, Seegras- und Blasentangbeständen
- Verlängerung der Tourismussaison mit neuen touristischen Angeboten im Bereich Sport und Freizeit
- hohe Kosten für Küstenschutzmaßnahmen (Sturmfluten, Hochwasser, Überschwemmungen)
- Abnahme der Salinität (Salzgehalt im Meerwasser) kann
 - zu horizontalen und vertikalen Änderungen der Artenverteilung,
 - letztendlich zur Abnahme der Artenanzahl und
 - so auch zu einer Störung im Nahrungsnetz (Verhungern von Fischlarven, reduzierte Reproduktion, geringere Fangerträge) führen.

¹⁰ Das Projekt nennt sich „EU-INTERREG IV-Projekt CLIWAT“, vgl. <http://www.cliwat.eu/> ¹¹ Vgl. Gräwe und Burchard 2010.



Küsten- und Binnenhochwasserschutz

Die 2007 in Kraft getretene Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRL) der EU behandelt die aus Flusshochwasser und die aus eindringendem Meerwasser in den Küstengebieten resultierenden nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftlichen Tätigkeiten gemeinsam. Die HWRL verfolgt damit den Zweck, durch einen grenzübergreifend abgestimmten Hochwasserschutz in den hydrologisch abgegrenzten Flussgebietseinheiten, einschließlich der hier vorhandenen Küstengebiete, Hochwasserrisiken im gebotenen Umfang zu verringern und die verbleibenden Restrisiken durch Vorsorge und ein angemessenes Risikomanagement zu beherrschen. Vor diesem Hintergrund werden vorliegende Erkenntnisse zum Küsten- und Binnenhochwasserschutz in diesem Kapitel gemeinsamen abgehandelt, diese aber gleichwohl für sich beschrieben.

Küstenschutz

Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Aussagen zum künftigen mittleren Meeresspiegelanstieg finden sich im 5. Sachstandsbericht des IPCC (2013). In dem Bericht werden Werte zwischen etwa 0,2 m und 0,8 m für den zu erwartenden globalen mittleren Meeresspiegelanstieg zwischen 2000 und 2100 angegeben. Es existieren jedoch auch Veröffentlichungen, unter anderem des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung, wonach der Meeresspiegelanstieg deutlich höher ausfallen könnte.

Hinsichtlich künftiger Sturmflutwasserstände ist festzuhalten, dass der sturmbedingte Windstau auf den jeweiligen mittleren Wasserspiegel aufsetzt. Nach Untersuchungen des Institutes für Küstenforschung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) und des IOW könnte der Windstau zum Ende dieses Jahrhunderts zwischen 0,1 und maximal 0,4 m höher liegen als zum Jahrhundertanfang. Der Generalplan Küstenschutz Schleswig-Holstein berücksichtigt daher für die Bemessung von Deichverstärkungen eine Bandbreite in den bis 2100 zu erwartenden Sturmflutwasserständen

zwischen 0,4 und 1,4 m. Die mittleren und maximalen Seegangsverhältnisse sind wie der Windstau von den Windverhältnissen und der Küstentopographie geprägt. Modelluntersuchungen des HZG und der Universität Rostock deuten auf eine leichte Zunahme des Seeganges an der Nord- und Ostseeküste zum Ende dieses Jahrhunderts hin, wobei die Änderungen jedoch innerhalb der natürlichen Streubreite des 20. Jahrhunderts liegen.

Infolge des beschleunigten Meeresspiegelanstieges und der erhöhten Sturmflutwasserstände wird der Küstenabbruch an den insgesamt etwa 1.100 km langen sandigen Küsten generell zunehmen. In der Konsequenz muss spätestens in einigen Jahrzehnten mit verstärktem Küstenrückgang gerechnet werden – dann auch an Stellen, die heute stabil sind.

Auch für das Wattenmeer stellt ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg eine besondere Herausforderung dar. Wenn der Meeresspiegel stärker ansteigt, braucht das Wattenmeer nämlich mehr Sediment zum Mitwachsen. Kann durch natürliche Prozesse nicht genügend Sediment importiert werden, entsteht ein Sedimentdefizit und die Wattflächen und Salzwiesen tauchen langsam aber sicher unter dem Meeresspiegel ab. Die am 30. Juni 2015 per Kabinettsbeschluss verabschiedete Strategie für das Wattenmeer 2100 geht davon aus, dass diese Entwicklung spätestens in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ohne Gegenmaßnahmen eintreten kann.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Der Küstenschutz muss sich langfristig auf stark zunehmende hydrologische Belastungen einstellen. Auch die Unsicherheit darüber, was genau auf uns zukommt, ist größer geworden. Zunehmende Belastungen und Unsicherheiten bedingen flexible und sogenannte no-regret-Lösungen. Neben technischen Maßnahmen sind explizit auch nichtstrukturelle Maßnahmen, zum Beispiel in der Raumordnung und Bauleitplanung, im Sinne eines inte-

grierten Küstenrisikomanagements erforderlich. Für das Wattenmeer stellt ein Sediment-Management die wichtigste Anpassungsoption zur Behebung der erwarteten Sedimentdefizite dar. Diese werden nachfolgend beschrieben.

Welche Aktivitäten auf Landesebene sind bereits konzipiert oder ergriffen worden?

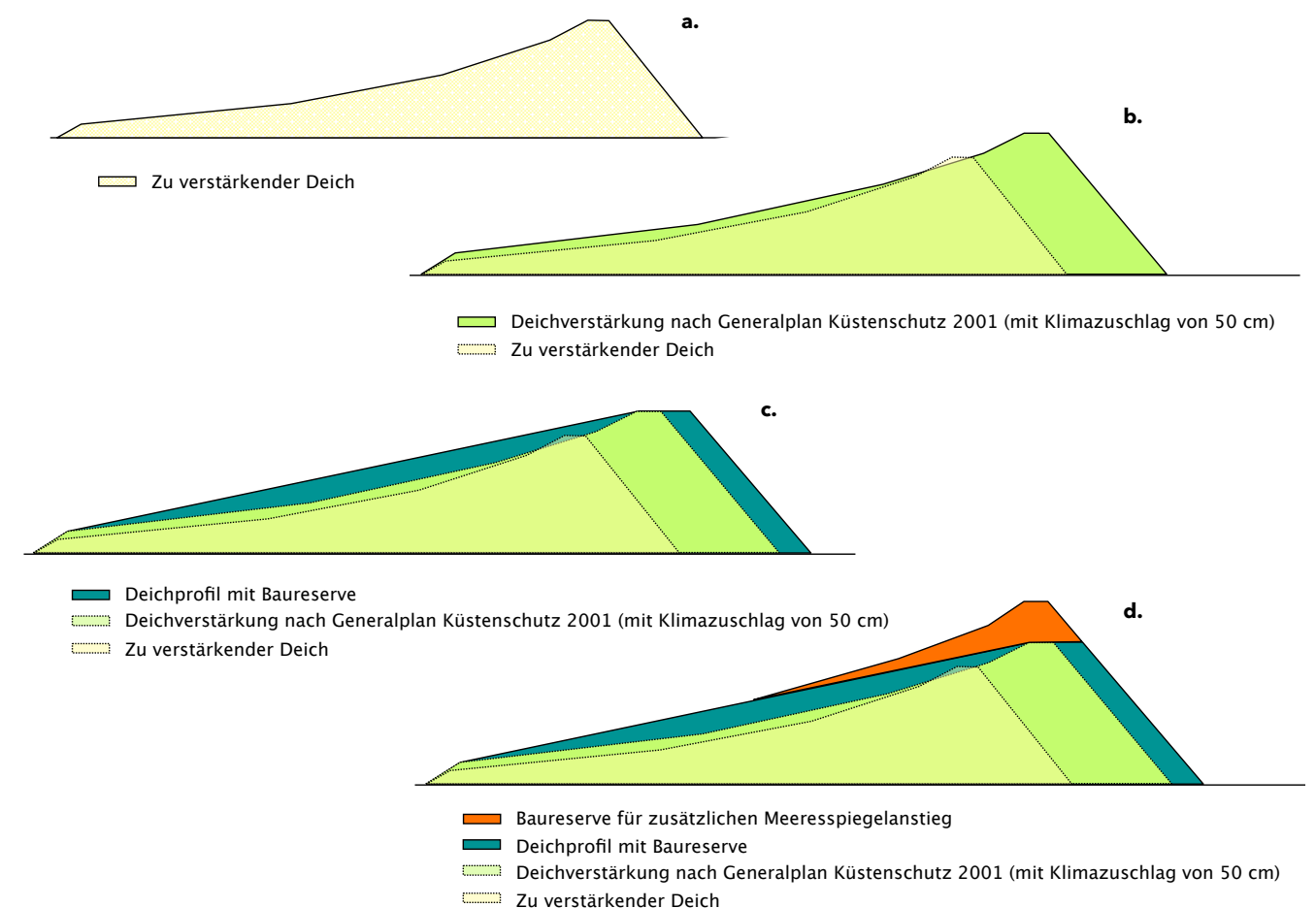
Generell leisten alle Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements auch einen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel, da sie dazu dienen, neue Risiken zu vermeiden, bestehende Risiken zu verringern sowie die nachteiligen Folgen während und nach einem Hochwasser abzumildern. Damit tragen die Maßnahmen dazu bei, die Folgen der durch den Klimawandel möglichen Hochwasserereignisse und insbesondere in Kombination mit Sturmfluten bzw. hohen Kettentiden zu begrenzen.

In Anerkennung der übergeordneten Bedeutung eines funktionierenden Küstenschutzes, auch in Zeiten des Klimawandels, haben der Bund und die Küstenländer im Jahre 2009 einen Sonderrahmenplan „Maßnahmen des Küstenschutzes infolge des Klimawandels“ aufgelegt. Bis 2025 stellen Bund und Länder fast 500 Millionen Euro zusätzlich für den Küstenschutz bereit, damit die Küstenländer ihre Küstenschutz-Anpassungsstrategien für den Klimawandel umsetzen können.

In Schleswig-Holstein werden die zusätzlichen Mittel auch dazu genutzt, ein neues Konzept für Deichverstärkungen – wie in der Abbildung dargestellt – umzusetzen:

- Bei festgestellter Unterbemessung eines Landeschutzdeiches (Abb. a) wird zunächst eine Neubemessung nach dem bisherigen Verfahren (einschl. Klimazuschlag von 0,5 m) und für das Regelprofil mit variabler Neigung der Deichaußenböschung durchgeführt (Abb. b).
- Das somit ermittelte Deichbestick (Höhe, Breite und Böschungsneigung) wird in einem zusätzlichen Schritt angepasst, in dem die Breite der Deichkrone von 2,5 auf 5 m verbreitert wird und die Außenböschung eine einheitlich flache Neigung erhält (Abb. c).

Der große Vorteil ist, dass eine sogenannte Baureserve für spätere Nachverstärkungen geschaffen wird. Falls der Meeresspiegel stärker als bisher angenommen ansteigt, haben nachfolgende Generationen die Möglichkeit, mit relativ geringem Aufwand dem Deich eine sogenannte Deichkappe aufzusetzen (Abb. d). Das alte Regelprofil mit unterschiedlichen Deichaußenböschungen würde dadurch wiederhergestellt. Mit dieser Maßnahme kann – zusätzlich zum bisherigen Klimazuschlag von 0,5 m – einem Meeresspiegelanstieg von bis zu einem Meter begegnet werden.



Am 30. Juni 2015 wurde durch Kabinettsbeschluss eine Strategie für das Wattenmeer 2100 verabschiedet, in der Anpassungsoptionen zur Begegnung des Klimawandels und seiner Folgen dargestellt sind. Mit einem Sediment-Management sollen entstehende Sedimentdefizite im Wattenmeer ausgeglichen werden. Das Einbringen von Sand aus der vorgelagerten Nordsee und ggf. aus weiteren geeigneten externen Quellen ist nach heutigen Erkenntnissen die wichtigste Anpassungsoption. Bei Küstenschutzmaßnahmen ist bereits heute darauf zu achten, dass sie einem Sedimentmangel im Wattenmeer keinen Vorschub leisten. Darüber hinaus bleibt es als weitere Option erforderlich, Anpassungen und Verbesserungen im technischen Küstenhochwasserschutz, insbesondere an den Deichen, vorzunehmen. Schließlich müssen bei notwendigen Baumaßnahmen die Belange von Raumplanung und Denkmalschutz zur Bewusstseinsbildung in eine Kommunikationsstrategie eingebunden werden, die die Umsetzung als Querschnittsaufgabe von Beginn an begleiten sollte.

Binnenhochwasserschutz

Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Die bisherigen Untersuchungen des Langzeitverhaltens von meteorologischen und hydrologischen Zeitreihen belegen, dass die Trends von Kenngrößen des Niederschlags und des Abflusses in einzelnen Einzugsgebieten sehr unterschiedlich sein können. Regionale Detailuntersuchungen auf Flussgebietsebene sind daher notwendig. Auch in Zukunft wird die Änderung des Klimas mit Folgen für die Wasserwirtschaft weitergehen, da sich nach den Erkenntnissen der bisherigen Klimaforschungsergebnisse der Temperaturanstieg fortsetzen wird. Insgesamt wird tendenziell von der Erhöhung der Niederschläge im Winter, dem Anstieg der Häufigkeit und Intensität von Hochwasserabflüssen in oberirdischen Gewässern, einhergehend mit einem Meeresspiegelanstieg und höheren Sturmflutwasserständen ausgegangen. Dies wird sich insbesondere in den Niederungen der West- und Ostküste und der Tideelbe durch eine generelle Verschlechterung der Entwässerungsverhältnisse und einer Zunahme der Hochwasserereignisse auswirken. Dem ist beim Hochwasserrisikomanagement Rechnung zu tragen.

Angesichts der bestehenden Unsicherheiten der Klimamodelle können Aussagen für die mögliche zukünftige Entwicklung von Extremwerten des Niederschlags und davon abhängig der Hochwassersituationen bislang nur mit erheblichen Bandbreiten getroffen werden. Grund hierfür ist u. a. die große Variabilität und Komplexität des Niederschlags. Die Ergebnisbandbreite wird umso größer, je kleiner die betrachtete Region ist und je seltener das jeweils betrachtete Ereignis auftritt.



Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Trotz großer Unsicherheiten über das Ausmaß und die Auswirkungen des Klimawandels gibt es viele Maßnahmen und Handlungsoptionen, die für das Hochwasserrisikomanagement und für die Verbesserung des Hochwasserschutzes nützlich sind, unabhängig davon, wie das Klima in der Zukunft aussehen wird. Dies sind insbesondere wasserwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen, die

- die Bandbreiten tolerieren und außerdem
- flexibel und nachsteuerbar sind, d. h. die Hochwasserschutzmaßnahmen werden schon heute so konzipiert, dass eine kostengünstige Anpassung möglich ist, wenn zukünftig die Effekte des Klimawandels genauer bekannt sein werden. Die Passgenauigkeit einer Anpassungsmaßnahme sollte regelmäßig überprüft werden.
- robust und effizient sind, d. h. die gewählte Anpassungsmaßnahme ist in einem weiten Spektrum von Klimafolgen wirksam. Maßnahmen mit Synergieeffekten für unterschiedliche Klimafolgen sollten bevorzugt werden.

Welche Aktivitäten auf Landesebene sind bereits konzipiert oder ergriffen worden?

In den Hochwasserrisikogebieten der Gewässersysteme Schleswig-Holsteins liegen die für ein angemessenes Hochwasserrisikomanagement benötigten organisatorischen Strukturen grundsätzlich vor, so dass die Aufgaben generell erfüllt werden können. Zur Reduzierung der Hochwasserrisiken an Binnengewässern ist vorrangig auf flächige Maßnahmen im Interesse eines verbesserten Wasserrückhaltes abzustellen, die Bestandteil der Maßnahmenprogramme nach der WRRL sind. Ergänzt wird dies insbesondere durch die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für den Binnenhochwasserschutz im Rahmen der Neuaufstellung der Regionalpläne.

Außerdem werden die Überschwemmungsgebiete als Kernbereiche der Hochwasserrisikogebiete festgelegt bzw. aktualisiert, sowie die kommunale Bauleitplanung an das objektiv vorhandene Hochwasserrisiko angepasst.

Zum Schutz der in den urbanen Bereichen vorhandenen Siedlungsbereiche, Gewerbe- und Industrieflächen sind die vorhandenen Schutzanlagen auf ihren Unterhaltungszustand und das Ausbauerfordernis zu prüfen und an neue Anforderungen aus möglichen Klimaänderungen anzupassen. Dies ist durch hochwasserangepasstes Planen und Bauen, in sensiblen Bereichen durch Objektschutz an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen sowie einen hochwasserangepassten Umgang mit wassergefährdenden Stoffen zu ergänzen. Die vorstehend aufgeführten Maßnahmen bilden den Kern der zum 22. Dezember 2015 veröffentlichten Hochwasserrisikomanagement-Pläne für die schleswig-holsteinischen Flussgebietseinheiten Eider und Schlei, Trave sowie des Anteils der Elbe. Die Hochwasserrisikomanagement-Pläne sind bis zum 22. Dezember 2021 zu überprüfen und gegebenenfalls an neuere Erkenntnisse aus zwischenzeitlich eingetretenen Hochwasser- und Sturmflutereignissen sowie den Klimawandel anzupassen.

Die prognostizierten klimatischen Veränderungen in Schleswig-Holstein werden insbesondere die rund 315.000 ha Niederungen treffen. In den Schöpfgebieten werden zunehmende Wassermengen und damit steigenden Kosten zu erheblichen zusätzlichen Belastungen der Grundstückseigentümer führen. Seitens des Marschenverbandes Schleswig-Holstein wurde eine Arbeitsgruppe „Niederungen 2050“ mit dem Ziel ins Leben gerufen, Konzepte für eine zukunftsfähige Wasserbewirtschaftung in den Niederungen zu entwickeln. Ausgehend von einer Analyse sowohl wasserwirtschaftlicher als auch ökonomischer Aspekte wurden Anpassungsstrategien für die Wasserwirtschaft in Niederungsgebieten an die Folgen des Klimawandels abgeleitet. Neben dem Ziel, für die Siedlungsstrukturen und die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen auch in Zukunft vertretbare Wasserstände einzuhalten, sind gleichermaßen gewässerökologische und naturschutzfachliche Zielsetzungen zu berücksichtigen. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht steht dabei die Optimierung der Wasserstände durch eine Anpassung der Flächennutzung, der Leistungs- und Speicherfähigkeit der Entwässerungssysteme sowie des Sied- und Schöpfwerksbetriebs im Fokus. Die Arbeitsgruppe hat ihre Erkenntnisse 2014 in einem Abschlussbericht zusammengefasst und dokumentiert.¹⁴

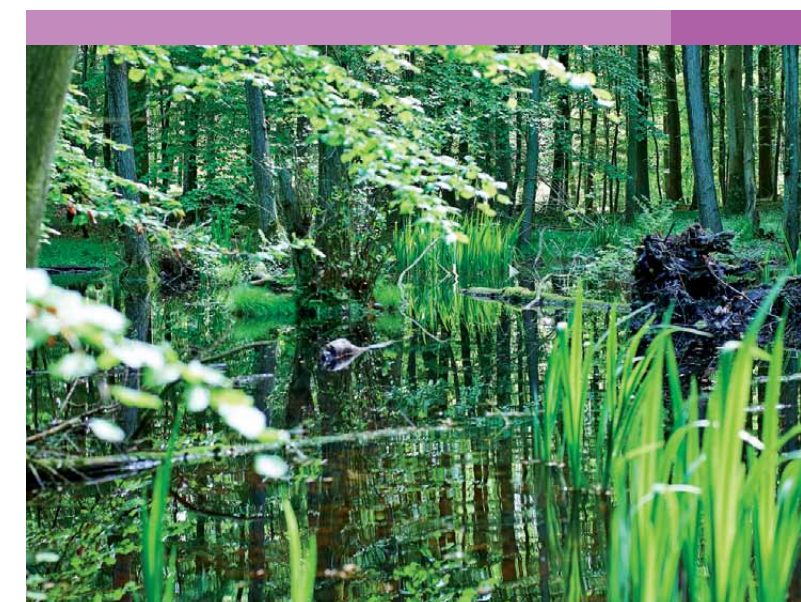
In Folge des Hochwassers 2013 an Elbe und Donau wurde von der Umweltministerkonferenz im Oktober 2014 das Nationale Hochwasserschutzprogramm beschlossen, in dem insbesondere überregional wirkende Maßnahmen

zur Verbesserung des Wasserrückhalts erstmals für das gesamte Bundesgebiet zusammengestellt wurden. Von den insgesamt 102 Maßnahmen beziehen sich 30 Maßnahmen auf Deichrückverlegungen und die Wiedergewinnung von natürlichen Rückhalteräumen, mit denen auf 21.276 ha die natürliche Überflutungsdynamik wiederhergestellt werden kann. In diesem Umfang wird den Flüssen wieder Raum zur Ausuferung gegeben.

Hierzu hat das Land Schleswig-Holstein 2016 außerdem das Auenprogramm aufgelegt.¹⁵ Mit dem gemeinsam von Wasserwirtschaft und Naturschutz entwickelten Programm werden die bisherigen Aktivitäten zum Gewässerschutz und zum Schutz der Auen stärker gebündelt und auf einen umfassenden Auenschutz fokussiert. Damit sollen die Ziele des Natur- und des Gewässerschutzes gemeinsam in enger Kooperation verfolgt werden. Das stärker koordinierte Vorgehen mit den frühzeitig abgestimmten, gebietsbezogenen Zielen soll die Erreichbarkeit der Ziele deutlich verbessern.

In dem Nationalen Hochwasserschutzprogramm zielen insgesamt 56 Maßnahmen auf die gesteuerte Rückhaltung durch die Herstellung von Poldern und Speichern ab. Hierdurch sollen Speicherkapazitäten in einem Umfang von ca. 1.200 Millionen m³ geschaffen werden, mit denen die Höchstwasserstände reduziert werden können. Über den 2015 aufgelegten Sonderrahmenplan „Präventiver Hochwasserschutz“ in der Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes fördert der Bund die Umsetzung der Maßnahmen.

Die zügige Umsetzung dieser Maßnahmen hat für Schleswig-Holstein als Unterlieger an der Elbe, insbesondere vor dem Hintergrund der zu erwartenden Folgen des Klimawandels, eine herausragende Bedeutung.



¹⁴ Vgl. <http://www.marschenverband.de/pdf/abschlussbericht.pdf>

¹⁵ Vgl. <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/W/wasserrahmenrichtlinie/auenprogramm.html>



Handlungsfeld Landwirtschaft

Welche Erkenntnisse liegen zu den erwartbaren Klimafolgen vor?

Die Landwirtschaft emittiert einerseits produktionsbedingt erhebliche Mengen klimarelevanter Treibhausgase, u. a. Methanemissionen aus der Tierhaltung und der Lagerung von Wirtschaftsdüngern, Lachgasemissionen aus der Anwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln sowie Kohlendioxidemissionen aus der Landnutzung bzw. deren Änderungen, z. B. auf organischen Böden durch Entwässerung bzw. Umwandlung von Dauergrünland in Acker.

Andererseits ist die Landwirtschaft einer der Hauptbetroffenen des Klimawandels. Dabei ist die Vulnerabilität einzelner Produktionsbereiche und einzelner Regionen unterschiedlich. Je nach Nutzungsdauer sind die landwirtschaftlichen Produktionssysteme unterschiedlich betroffen:

- Der Anbau einjähriger Kulturpflanzen (z. B. Weizen, Raps) erlaubt kurzfristige Anpassungsstrategien.
- Der Anbau mehr- bzw. langjähriger Kulturpflanzen (z. B. Obstgehölze, Baumschulpflanzen) und Adaptionen bei den Tierhaltungsverfahren benötigen mittel- bis langfristige Strategien.

Durch den Klimawandel werden sich vor allem die pflanzenbaulichen Produktionssysteme verändern, u. a. durch die Modifikationen bei der Anbauwürdigkeit von Kulturarten und Sorten. Neben den damit einhergehenden Risiken sind auch mögliche Chancen näher zu beleuchten. Insgesamt kann es auch zu einer Veränderung im Anbauspektrum einjähriger Kulturpflanzen kommen, da die Konkurrenzfähigkeit wärmeliebender Kulturen zunehmen dürfte.

Die Änderung der klimatischen Parameter, vor allem Temperatur und Niederschlag, beeinflusst die Prozesse

der Ertragsbildung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und mithin die Ertragshöhe, -qualität und -stabilität. Beispielsweise ist bei Getreide ein Anstieg der Erträge aufgrund höherer Temperaturen und höherer CO₂-Konzentration bei ausreichendem Wasserangebot möglich, ebenso kann aber auch eine mit zunehmender Temperatur verkürzte Kornfüllungsphase zu Ertragseinbußen führen. Auch bei den für Grünland typischen Mischbeständen kann sich, je nach Standort und Nutzungsintensität, durch Klimaveränderungen eine Veränderung der botanischen Zusammensetzung und der Futterqualität ergeben. Durch zunehmende Frühjahrs- und Sommertrockenheit nimmt die Ertragssicherheit in der Grünlandwirtschaft und im Futterbau ab. Des Weiteren kann durch die Erwärmung auch mit einer Verlängerung der Weideperiode gerechnet werden, welche Futterkosten einsparen würde.

Die Auswirkungen des Klimawandels werden nach heutigem Kenntnisstand mit Verschiebungen in den Artenspektren von Wildkräutern, Krankheitserregern und Schädlingen einhergehen, u. a.:

- Auftreten neuer Krankheiten und Schädlinge, z. B. Zunahme der wärmeliebenden Insekten, wie Maiszünsler, Kartoffelkäfer und Blattläuse (tierische Schad-erreger)
- Zunahme schwer bekämpfbarer Wurzelunkräuter und -ungräser sowie Herbstkeimer und invasiver Pflanzen

Bei den Wachstumsphasen von Wildpflanzen und landwirtschaftlichen Kulturen kann seit 1951, nach den Auswertungen des DWD, eine deutliche Verschiebung der Wachstumsphasen, sog. Verfrühung, beobachtet werden, z. B. beim Ährenschieben von Wintergerste und Winterweizen.

Im Obstbau wird ebenfalls als Folge des früher einsetzenden Blühtermins eine höhere Empfindlichkeit bei Spätfrösten erwartet. Des Weiteren kann durch eine schnellere Abreife der Früchte eine Veränderung der Qualitäten der Ernteprodukte eintreten.

Durch zunehmend extreme Witterungsereignisse (z. B. Hagel, Vorsommer- bzw. Frühjahrstrockenheit, Starkregen und Sturm) steigt das Ertragsrisiko. Mit steigendem Trockenstress, besonders auf sandigen Standorten mit geringem Wasserspeichervermögen, gewinnen dort wassersparende Bodenbearbeitung und Bestandsführung an Bedeutung. Die genannten Extremereignisse führen zu einer erschwerten Anwendung und Bemessung von Betriebsmitteln (z. B. Dünge- und Pflanzenschutzmitteln), deren Wirksamkeit sich, z. B. durch stärkeren Abbau infolge zunehmender UV-Strahlung, deutlich verändern könnte. Durch das Auftreten von Extremwetterereignissen können nicht nur ganze Ernten zerstört werden, sondern durch Überflutungen ist eine Kontamination von Böden mit Umweltgiften (z. B. Dioxin) nicht auszuschließen, sodass in der Folge eine Beweidung mit Tieren erschwert wird.

Aufgrund der zu erwartenden Klimaänderungen sind bezüglich der Tiergesundheit negative Effekte vor allem durch Hitzestress und eine Veränderung der Übertragungsdynamik von Infektionskrankheiten zu erwarten, sowohl bei Nutz- als auch bei Wildtieren.

Die Leistungsfähigkeit der Nutztiere wird sich bei höheren Temperaturen ändern, was sich auf den Stoffwechsel und letztlich auf die Futter- und Wasseraufnahme auswirkt und z. B. bei Rindern zu sinkenden Milch- und Mastleistungen sowie einer herabgesetzten Fruchtbarkeit führt.

Zudem ist in der Tierhaltung mit einer Zunahme vektorenübertragener Erkrankungen zu rechnen. Die Verbreitung von Krankheiten aus tropischen und subtropischen Gebieten nach Europa dürfte zunehmen, da sich krankheitsübertragende Insekten wie die Culicoides-Mücke auch in Deutschland ansiedeln und hier ihren Entwicklungszyklus vollziehen können. Die Veränderungen des Klimas erleichtern den Erregern das Überleben und die Anpassung an neue Umweltbedingungen. Es ist davon auszugehen, dass die Bekämpfung von Tierkrankheiten aufgrund des Klimawandels schwerer wird.

Dabei muss der Klimawandel nicht ausschließlich für das Einwandern unbekannter Erregerpopulationen die Hauptursache darstellen; auch auf Wechselwirkungen zur Globalisierung des (Tier-) Handels ist hinzuweisen. Es ist ebenfalls zu vermuten, dass die Populationen von schon vorhandenen Parasiten, z. B. Bandwürmern und Kriebelmücken, ansteigen werden, da sich deren Umweltbedingungen optimieren. Das hat vor allem für die Weidehaltung

von Rindern und Schafen eine erhebliche Bedeutung. Generell ist jedoch festzuhalten, dass die Tierarten von den Effekten des Klimawandels unterschiedlich betroffen sind.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Es gilt, neue Prognose- und Steuerungsmodelle sowie Bewertungsverfahren zu etablieren. Dies ist sowohl für das landwirtschaftliche Versuchswesen als auch die Pflanzenschutzstrategien und die Züchtungsziele im Pflanzenbau (inkl. Obstbau) von Relevanz, die an die neuen Herausforderungen anzupassen sind.

Andererseits wird die Weiterentwicklung standortangepasster regionaler Bodennutzungssysteme zunehmen, wobei die Produktionsmöglichkeiten auch von Verbrauchernachfrage, Produkt- und Betriebsmittelpreisen sowie politischen Vorgaben beeinflusst wird.

Landwirtschaftliche Beratung und Agrar-Umwelt-Klima-Maßnahmen sollten weitergeführt und ggfs. ausgedehnt werden.

Im Ackerbau ergeben sich Anpassungsmöglichkeiten durch Gestaltung der Fruchtfolge sowie der zunehmenden Berücksichtigung der Ansprüche von Kulturarten hinsichtlich Wasser, Temperatur, Photoperiode und Nährstoffversorgung.

Bei den Anpassungsstrategien in der Tierhaltung sind auch die Aspekte von Umwelt- und Tierschutz gebührend zu beachten. Bautechnische Maßnahmen zur Stallklimaregulation (Senkung der Wärmezufuhr bzw. verbesserte Wärmeabfuhr), veränderte Fütterungstechnik und angepasste Fütterungszeiten stellen ebenso wie die Optimierung der Energieverwertung Anpassungspfade dar. Bei geschlossenen Lüftungssystemen in der Schweine- und Geflügelhaltung sind durch Einbau von Kühlvorrichtungen höhere Kosten zu erwarten.





Die zu erwartende Trockenperiode während der Sommermonate wird entscheidenden Einfluss auf die Lebensräume haben. Das Trockenfallen der obersten Bodenschichten wird vor allem in Feuchtökosystemen Auswirkungen haben:

- zeitweiliger Verlust von Lebensräumen, z. B. von kleinen stehenden Gewässern oder Fließgewässern,
- stärkere Mineralisierung des organischen Oberbodens, was Lebensräume beeinträchtigt, daneben aber auch zur Freisetzung von Nährstoffen wie Stickstoff- und Phosphorverbindungen, aber auch zur Emission von CO₂ führt. Für die wassergeprägten Lebensräume auf Moor wurden die Emissionen vom LLUR in 2008 abgeschätzt. Danach emittieren diese Lebensräume in Schleswig-Holstein rd. 2,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr.¹⁶

Die temperaturbedingt verlängerte Vegetationsperiode und die damit verbundene höhere Biomasseproduktion führen zu einem vermehrten Wasserverbrauch und -verlust.

Vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) wurden verschiedene Artengruppen auf ihre Gefährdung hin untersucht und in drei verschiedene Risikogruppen eingeteilt.¹⁷ Dabei sind vor allem die Weichtiere, Schmetterlinge und Libellen mit einem erhöhten Anteil als Hochrisiko-Arten betroffen. Besonders Tagfalter sind sehr gut als Indikatoren für den Klimawandel geeignet, daneben auch Vögel aufgrund ihres gut dokumentierten Brut- und Zugverhaltens. Vögel und Säugetiere sind generell eher weniger durch den Klimawandel betroffen.

Handlungsfeld Biologische Vielfalt

Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Der Klimawandel bildet einen zusätzlichen Stressfaktor für Arten und Lebensräume an Land, in Gewässern und in den Meeresökosystemen. Er wird eher weniger die allein entscheidende Ursache für Veränderungen in der Landschaft sein. Bereits bestehende Probleme, z. B. durch die aktuelle Land-, Gewässer- und Meeresnutzung, werden verstärkt. Die Artenzusammensetzung und die Dominanzverhältnisse innerhalb der Ökosysteme werden sich voraussichtlich wie folgt verändern:

- Der Anteil von Arten mit nördlicher und atlantischer Verbreitung wird potenziell abnehmen.
- Arten des mediterranen Floren- und Faunenkreises breiten sich dagegen aus.
- Spezialisierte Arten in engen ökologischen Nischen werden potenziell benachteiligt.
- Generalisten werden potenziell profitieren.

Arten mit einem hohen Ausbreitungspotenzial aufgrund großer Reproduktionsfähigkeit und Mobilität werden sich besser an Veränderungen anpassen können als Arten, deren Ausbreitungsfähigkeit gering ist.

Potenziell besonders gefährdet sind:

- Arten mit kleinen, verinselten Populationen
- kleine Populationen ohne aktiven Genaustausch mit anderen Populationen

Neben natürlich einwandernden Arten könnten vom Menschen eingeschleppte Arten (Neobiota) profitieren. Arten, deren Lebensräume derzeit noch begrenzt sind, könnten durch die klimatischen Veränderungen neue Standorte besiedeln. Dabei können einheimische Arten verdrängt werden.

Allgemein anerkannte Maßnahmen zur Förderung der biologischen Vielfalt:

- Vernetzung und Zulassung der Dynamik der Biotopverbundsysteme
- Errichtung bzw. Ergänzung und Vergrößerung von Schutzgebietssystemen mit abgestuften Nutzungsintensitäten und Pufferzonen
- Förderung von Landschaftselementen außerhalb von Schutzgebieten als Trittsteine
- Maßnahmen zur Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes
- Integriertes Management von Aktivitäten, die den nicht klimatisch bedingten Stress auf die Ökosysteme und Arten reduzieren und die Systeme damit stabilisieren



¹⁶ Vgl. Jensen et al. (2010): Bilanzierung der Klimawirkung von Moorböden in Schleswig-Holstein. – TELMA Bd. 40, Seite 215-228.

¹⁷ Vgl. Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland, BfN-Heft 98, 2010.

Die Verletzlichkeit ist besonders hoch, wenn es sich um gefährdete Arten handelt (Rote-Liste-Arten). Bei den dazugehörigen Lebensräumen handelt es sich meist um Moore, gefolgt von Wäldern, Trockenrasen, Heidegebieten und Quellen. Auch Gewässerufer und Küstenlebensräume sind stark klimasensibel.

Eine vergleichbare Sensibilitätsanalyse wurde für NATURA 2000-Gebiete bzw. Lebensraumtypen anhand festgelegter Kriterien (siehe folgender Kasten) durchgeführt.¹⁸ Schutzgebiete, einschließlich der NATURA 2000-Gebiete, bedürfen eines besonderen Schutzes, weil sie Zentren der natürlichen Vielfalt sind und von ihnen die Wiederbesiedlung verwaister, aber geeigneter Biotope erfolgt. In Schleswig-Holstein ist bereits in 2007 geprüft worden, ob sich die derzeitigen Schutzziele auch unter den zu erwartenden Klimaänderungen erreichen lassen.¹⁹ Ergebnis ist, dass Maßnahmen zu entwickeln sind, die das natürliche Anpassungspotential schützen oder entwickeln.

Indikatoren

Die Bewertung wurde nach folgenden Kriterien durchgeführt:

- Regenerierbarkeit
- horizontale und vertikale Verbreitung
- Flächenrückgang
- Einfluss von Neophyten
- qualitative Gefährdung
- Abhängigkeit von Grund- oder Oberflächenwasser
- Risiken einer Landnutzungsänderung
- Erhaltungszustand
- artenbezogene Gefährdungs- oder Risikoanalyse

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Eine wesentliche Aufgabe des Gewässer-, Klima-, Boden- und Naturschutzes wird sein, empfindliche Lebensräume zu schützen. Dieses gilt vor allem für feuchtegeprägte Lebensräume wie Moore und Auen sowie mineralische Böden mit hohen Grundwasserständen, v.a. unter Dauergrünland. Sie stellen nicht nur eine wichtige CO₂-Quelle dar, wenn sie entwässert oder umgebrochen werden; sie müssen als Lebensraum für Pflanzen und Tiere vor den negativen Veränderungen durch den Klimawandel geschützt werden.²⁰

Bereits 2007 wurden mögliche Auswirkungen von einer Projektgruppe des MELUND (ehemals MELUR) und des LLUR ausgearbeitet und in einer „Wenn-dann-Liste“ festgehalten.²¹

Diese Empfehlungen wurden auch im Rahmen des „Norddeutschen Fachbündnis“ diskutiert. Inzwischen wurde aus dem Norddeutschen Fachbündnis der „Länderarbeitskreis Moor- und Klimaschutz“, der aus den moorreichen Bundesländern (Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Baden-Württemberg, Bayern) besteht und von weiteren Bundesländern, dem BfN und verschiedenen Wissenschaftlern unterstützt wird. In einer gemeinsamen Erklärung hat der Länderarbeitskreis Moor- und Klimaschutz 2012 eine Broschüre mit dem Titel „Potentiale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz“ herausgebracht.²² Ein wichtiger Bestandteil des Positionspapieres sind unterschiedliche Instrumente und Verfahren, um v.a. den Landschaftswasserhaushalt zu regenerieren, die komplexen Ökosysteme zu stabilisieren und somit eine Anpassung zu erleichtern.

Um eine Anpassung an den Klimawandel zu erleichtern, sind zusätzlich Maßnahmen zum Biotopverbund bzw. Biotopkomplexen mit Ausweich-Lebensräumen, Vertragsnaturschutz, biotopgestaltende Maßnahmen oder spezielle Artenschutzmaßnahmen erforderlich. Dabei hat neben dem Grünlandschutz die naturnahe Waldbildung und Waldflächenarrondierung eine besondere Bedeutung. In den moorreichen Bundesländern wurden inzwischen landesweite Moorschutzprogramme aufgelegt. Auch der Schutz des Dauergrünlandes steht im Fokus des Natur- und Klimaschutzes. Hier ist das schleswig-holsteinische Dauergrünlanderhaltungsgesetz aus dem Jahr 2013 zu nennen (GVOBl. Nr. 14 vom 31.10.2013).

Welche Aktivitäten auf Landesebene sind bereits konzipiert oder ergriffen worden?

Schleswig-Holstein setzt seit 2008 ein Moorschutzprogramm erfolgreich um. Verschiedene Träger, insbesondere die Stiftung Naturschutz, erwerben Moore und beenden die Entwässerung, die zur Moorsackung und hohen CO₂-Emissionen führen.

Seit 2015 bietet die Ausgleichsagentur, eine Tochter der Stiftung Naturschutz, Moorfutures an.²³ Moorfutures sind Kohlenstoffzertifikate, die zur Verbesserung der eigenen Kohlenstoffbilanz erworben werden können. Die Ausgleichsagentur garantiert den Erwerbenden der Moorfutures, dass die gewünschte CO₂-Menge durch Wiedervernäsung eines Moores eingespart wird.

Vom BfN werden diverse Teiluntersuchungen zu Klimawandelfolgen für die biologische Vielfalt finanziert und betreut. Bereits abgeschlossen sind das BfN-Projekt „Schutzgebiete im Klimawandel“²⁴ und das BfN-Projekt zu den „Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes“²⁵, bei dem das LLUR eingebunden war.

Empfehlungen zum Schutz empfindlicher Lebensräume:

- Schutzgebiete erhalten und erweitern
- Biotopverbund ermöglichen
- Gebietsmanagement auf Klimawandel abstellen
- Optimierung des Landschaftswasserhaushaltes
- Förderung von Kohlenstoffsinken
- Schutz der Knicks als Verbundstrukturen und als Erosionsschutzelement
- Artenhilfsprogramme
- Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung



¹⁸ Vgl. Naturschutz und Landschaftspflege, LANU 2007.

¹⁹ Vgl. H.-J. Augst/LANU 32: Flexibilität unserer Schutzgebiete im Klimawandel – eine Strategie für Schleswig-Holstein, Flintbek, 25. Mai 2007.

²⁰ Vgl. Wälter, T.: Klimawandel und Naturschutz – zwischen Aktionismus und Anpassung, LANU Jahresbericht 2006/2007.

²¹ Vgl. Klimawandel in Schleswig-Holstein – Folgen und Handlungsoptionen für den Naturschutz, Bericht der Abteilung.

²² Vgl. Jensen et al. (2012): Potenziale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz. Gemeinsame Erklärung der Naturschutzbehörden, Kiel und <https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/moore/moorresolution.pdf>

²³ Vgl. <http://www.moorfutures.de/> ²⁴ Vgl. <http://www.pik-potsdam.de/infothek/klimawandel-und-schutzgebiete>

²⁵ Vgl. <http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/KLINAT-FFH/>



Handlungsfeld Forstwirtschaft

Welche Erkenntnisse liegen zu erwartbaren Klimafolgen vor?

Wälder sind in Hinblick auf Anpassungsstrategien an den Klimawandel Opfer und Helfer zugleich. Als langlebige und von ihren Standort- und Umweltfaktoren besonders abhängige Ökosysteme leiden sie besonders unter diesen Folgen des Klimawandels:

- Höhere Temperaturen, besonders im Sommer, führen zu Hitze- und Wasserstress.
- Dürreperioden können die Vitalität der Bäume erheblich beeinträchtigen.
- Starkregenfälle, besonders im Winter, stehen nicht als nachhaltig pflanzenverfügbare Wasserreserve zur Verfügung.
- Starke Stürme können die Existenz ganzer Waldgebiete bedrohen.
- Sekundärschädlinge, wie z. B. Borkenkäfer, können sich in durch Klimaänderungen geschwächten Beständen leichter ausbreiten und profitieren u. U. auch direkt von geänderten Klimabedingungen.
- Die Waldbrandgefahr, die in Schleswig-Holstein bisher relativ gering ist, wird zunehmen.

Verschiedene Baumarten reagieren unterschiedlich auf die Folgen des Klimawandels:

- Die Fichte, als an kühlere und feuchtere Standorte angepasste Baumart mit hohen Ansprüchen an die Wasserversorgung in der Vegetationszeit, ist vom Klimawandel am stärksten betroffen.

- Die Buche als häufigster Laubbaum wird voraussichtlich mit höherer Anpassungsfähigkeit reagieren, jedoch vor allem in den trockeneren und wechselfeuchten Randbereichen ihrer Standorte verstärkt an Grenzen stoßen.
- Eichen, Kiefern (besonders im Südosten des Landes) und z. B. auch die Douglasie hingegen kommen mit zunehmender Sommertrockenheit besser zurecht.

In ihrer Funktion als „Helfer“ gegen den Klimawandel binden Wälder bedeutende Mengen CO₂ (rd. 16 t CO₂/ha und Jahr), die damit langfristig der Atmosphäre entzogen werden. Wird Holz genutzt, so wird in langlebigen Holzprodukten CO₂ weiter gebunden. Wird Holz für energetische Zwecke verwendet, so übersteigt die CO₂-Freisetzung nicht die Menge, die während des Wachstums des Baumes gebunden wurde. Unter Klimaschutzgesichtspunkten kommt im walddarmen Schleswig-Holstein damit nicht nur der Walderhaltung, sondern auch der langfristig angestrebten Neuwaldbildung hohe Bedeutung zu.

Welche Herausforderungen bestehen, welche Maßnahmen sind denkbar?

Schleswig-Holstein ist im Jahr 2011 über einen Staatsvertrag der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, die bisher von den Ländern Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt getragen wurde, als Vollmitglied beigetreten. Hierdurch bietet sich zukünftig die Chance, mit dem Klimawandel und Anpassungsstrategien verbundene

forstliche Fragestellungen wissenschaftlich fundiert und praxisbezogen aufzuarbeiten und entsprechende Empfehlungen zu erarbeiten.

Vorläufige Empfehlungen richten sich auf folgende Handlungsfelder:

- Festhalten an der praktizierten naturnahen Forstwirtschaft
- Stabilisierung der vorhandenen Waldbestände (Einzelbaumstabilität, ggf. gestaffelte Durchforstungen, Förderung von Mischbaumarten)
- Senkung und Verteilung von Risiken, d. h. Ausnutzung standortgerechter individuenreicher Naturverjüngungen, ausreichende Zahl von Zukunftsbäumen in den Beständen, differenzierte Nutzung nach Zielstärken (Zieldurchmessern), Waldschutz
- standortgerechter Waldumbau

Für die Erarbeitung und Umsetzung von Anpassungsstrategien der schleswig-holsteinischen Wälder an den Klimawandel werden ausreichende finanzielle Mittel benötigt. Auf Bundesebene sind erste Schritte für die Einrichtung eines Wald-Klima-Fonds erfolgt, der aus Veräußerungserlösen von Emissionshandelszertifikaten gespeist werden soll. Die Bundesländer müssen an diesem Fonds ausreichend partizipieren, um den Folgen des Klimawandels für die Wälder begegnen zu können.



Handlungsfeld Gesundheit

Die in den letzten Jahren verstärkt auftretenden Wetterextreme wie Sturm, Stark- und Dauerregen sowie Hitzewellen können direkte oder indirekte Folgen für die Gesundheit bedeuten.

Direkte Folgen des Klimawandels für die menschliche Gesundheit

Hitze und andere markante Wetterlagen

Ein wesentlicher direkter Einflussfaktor auf die Gesundheit ist die erhöhte Wärmebelastung bei länger anhaltenden Hitzeperioden. Besonders gefährdet sind ältere oder pflegebedürftige Menschen, Kranke und Kleinkinder. Gesundheitliche Folgen durch Hitze können sich als Müdigkeit, Krämpfe, Ohnmacht, Erschöpfung, Hitzschlag und Sonnenstich äußern. Entscheidend ist, durch frühzeitige Vorsorge solche hitzebedingten Erkrankungen zu verhindern. So wird insbesondere empfohlen, stets ausreichend zu trinken, leichte Mahlzeiten einzunehmen, sich nach Möglichkeit in kühleren Räumen beziehungsweise im Schatten aufzuhalten und den Tagesablauf den herrschenden Temperaturverhältnissen anzupassen.



DWD WarnWetterApp

Diese und weitere Empfehlungen werden auf der Internetseite des Gesundheitsministeriums Schleswig-Holstein (MSGJFS) unter dem Stichwort „Hitze“ bekanntgegeben.²⁶ Neben den allgemein gehaltenen Informationen stehen dort auch Informationen für Pflegepersonal und für Ärzte zum Herunterladen zur Verfügung.

Wer wissen möchte, welche Region besonders von einer Hitzewelle betroffen ist, kann direkt zur Internetseite des DWD wechseln. Dort werden auf einer Deutschlandkarte die betroffenen Regionen übersichtlich dargestellt. Klickt man eine Region an, erhält man weitere Informationen zur Warnlage. Neben Hitze können dies auch andere markante Wetterlagen sein, so zum Beispiel Sturm und Orkan, Gewitter, Starkregen, Schneefall und UV-Strahlung.

Darüber hinaus bietet der DWD eine WarnWetterApp zum Herunterladen an.²⁷ Darin können bevorzugte Orte als Favoriten abgespeichert werden, so dass man sich bequem auch unterwegs jederzeit über die Wetterlage in der Region informieren kann. Hierdurch können alle, die über ein mobiles Endgerät verfügen, auch von unterwegs die aktuelle Wettersituation besser einschätzen, um bei extremen Wetterlagen den Tagesablauf zur eigenen Sicherheit entsprechend anzupassen.

Indirekte Folgen des Klimawandels für die menschliche Gesundheit

Der Klimawandel hat auch indirekte Folgen für die menschliche Gesundheit. Durch Veränderung der Umweltbedingungen findet auch eine Änderung der Zusammensetzung der Arten in der belebten Umwelt statt. Einige Pflanzen- und Tierarten sowie Mikroorganismen spielen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle für die Gesundheit. Hierzu zählen beispielsweise Pflanzen wie die Ambrosia und der Riesenbärenklau, Tiere wie die Eichenprozessionsspinnerraupen und Bakterien, z. B. Borreliose und Vibrionen in Küstengewässern. Häufig ist noch unklar, ob die verstärkte Ausbreitung einer Art in den letzten Jahren aufgrund des Klimawandels, der natürlich auftretenden Zyklusschwankungen in der Populationsstärke oder aufgrund anderer Faktoren, wie dem stärker, global verlaufenden Personen- und Warenverkehr erfolgt ist.

Eichenprozessionsspinnerraupen

Der Eichenprozessionsspinner ist eine in Deutschland heimische Falterart, die vorwiegend an Eichen an warmen Standorten vorkommt. Seit 1995 ist neben einer starken Zunahme auch ein weiteres Ausbreiten nach Norden zu verzeichnen. 2011 kam es erstmalig auch zu einzelnen Fällen im südlichen Landesteil Schleswig-Holsteins.

Die Raupen durchlaufen insgesamt sieben Häutungsstadien und haben ab dem dritten Häutungsstadium eine hohe



Raupen des Eichenprozessionsspinners

gesundheitliche Relevanz. Denn ab diesem Stadium bilden sie giftige Brennhaare aus, die leicht abbrechen und Haut oder Schleimhäute durch Kontakt reizen können. Dies äußert sich als lokale Hautausschläge mit starkem Juckreiz (Raupendermatitis), Bindehautentzündungen und Reizungen im Rachen- und Halsbereich.

Von den wärmeliebenden Insekten werden insbesondere vereinzelt stehende, sonnenbeschienene Eichen in Parkanlagen, Alleen, Schwimmbädern, Sportplätzen und vergleichbaren Plätzen befallen. Zum Schutz der Anwohner und der Bevölkerung können im öffentlichen Raum auf die Situation abgestimmte Bekämpfungsmaßnahmen angeordnet und durchgeführt werden. Darüber hinaus wird empfohlen, entsprechende Warntafeln vor Ort zu beachten, Plätze und Wege mit befallenen Bäumen zu meiden und auf keinen Fall Raupen oder deren Gespinste zu berühren.

Das MELUND hat in Abstimmung mit dem für Gesundheitsfragen zuständigen Sozialministerium Schleswig-Holstein ein Faltblatt erstellt, in dem über Vorkommen, Symptome, Risikogruppen und Vorsichtsmaßnahmen informiert wird. Darüber hinaus hat das Sozialministerium einen Steckbrief mit Informationen für Ärzte erstellt. Beide Publikationen können auf der Seite der Landesregierung unter dem Stichwort „Eichenprozessionsspinner“ heruntergeladen werden.²⁸

Ambrosia

Gesundheitsdaten der letzten Jahre zeigen, dass allergische Reaktionen (zum Beispiel Heuschnupfen und Bindehautreizungen) auf luftgetragene Pollen in allen Bevölkerungsgruppen weiter zunehmen. Aufgrund der Klimaerwärmung beginnt die Blühsaison vieler Pflanzen zu einem früheren Zeitpunkt oder endet zu einem späteren Zeitpunkt als noch vor einigen Jahrzehnten. Dies bedeutet für allergieempfindliche Personen, dass sie über einen längeren Zeitraum mit entsprechenden allergischen Reaktionen zu rechnen haben. Zu den bekannten allergenen (also Allergie auslösenden) Pflanzen zählen Haselnuss, Birke und Gräser.

Allerdings wird seit einigen Jahren vor einer weiteren hoch allergenen Pflanze, die sich immer weiter in Süd- und Mitteleuropa und auch in Deutschland ausbreitet, gewarnt: der Beifuß-Ambrosia. Die Ambrosia blüht erst im August und September, wodurch sie im Spätsommer eine hohe Belastung für Pollenallergiker darstellen kann, auch weil hierdurch die Pollensaison zum Herbst hin verlängert wird.

Ursprünglich stammt die Pflanze aus Nordamerika, kommt aber bereits seit etwa 150 Jahren in Deutschland vor. Sie bevorzugt Brachflächen, Kiesgruben, Bahndämme und Schutthalden. In Schleswig-Holstein gibt es bislang nur vereinzelte Meldungen über Standorte, die mit Ambrosia bewachsen sind. Allerdings lässt sie sich auch in Gärten finden, besonders unter Vogelhäuschen, da Vogelfutter oftmals mit Ambrosia-Samen verunreinigt ist.

Im LLUR werden seit 2007 die jährlichen Ambrosia-Vorkommen erfasst und an das Julius-Kühn-Institut, das die bundesweite Erfassung durchführt, gemeldet.

Bislang geht man in Schleswig-Holstein davon aus, dass hier die Herbstmonate zu kühl und zu nass sind, so dass die Samen nicht ausreifen können und dadurch eine selbstständige Ausbreitung nicht stattfindet. Inwieweit der Klimawandel die Ausbreitung begünstigt, ist derzeit ungeklärt.



Ambrosia

²⁶ Vgl. https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/gesundheitschutz/gesundheitschutz_UGS_Umweltmedizin_SommerSonneHitze.htm

²⁷ Vgl. <http://www.dwd.de/DE/leistungen/warnwetterapp/warnwetterapp.html>

²⁸ Vgl. https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/gesundheitschutz/gesundheitschutz_UGS_Umweltmedizin_Eichenprozessionsspinner.html

Riesenbärenklau

Eine weitere Pflanze, deren Ausbreitung bekämpft wird, ist der Riesenbärenklau, beziehungsweise Herkules-Staude. Der Riesenbärenklau gehört zu den Doldenblütlern und kommt ursprünglich aus dem Kaukasus. Im 19. Jahrhundert wurde er nach Mitteleuropa als Zierpflanze eingeführt, wo er in Parks und Gärten angepflanzt wurde. Von dort breitete sich der Riesenbärenklau über seine Samen immer weiter aus und ist daher auch in Schleswig-Holstein in Gärten und Parks, an Straßen- und Wegrändern sowie auf Brachflächen anzutreffen. Der Blütenstand kann über zwei Meter hoch werden. Als anspruchslose Pflanze und aufgrund seiner guten Aussamung kann er in kurzer Zeit große Bestände bilden, die sich nur sehr schwer entfernen lassen. Ob der Klimawandel die Ausbreitung begünstigt, ist ungewiss.

Die im Pflanzensaft vorhandenen Reizgifte, die sogenannten Furocumarine, lösen unter Sonnenlicht schmerzhafte Hautreaktionen wie Juckreiz, Rötungen, Schwellungen und Blasenbildung (phototoxische Reaktion) aus, die schwer heilen und wie Verbrennungen aussehen.



Riesenbärenklau

Vibrio vulnificus

Vibrio vulnificus ist ein salzliebendes Bakterium, das natürlicherweise in Gewässern, wie der Ostsee oder in Übergangsgewässern vorkommt. Bei länger anhaltenden kalten Wassertemperaturen befindet es sich in einem inaktiven Zustand. Steigen im Sommer die Wassertemperaturen auf über ca. 20 °C an, wird Vibrio vulnificus aktiviert und vermehrt sich. Ist das Bakterium einmal durch erhöhte Wassertemperaturen aktiviert, kann es seine Aktivität auch bei sinkenden Wassertemperaturen für mehrere Wochen aufrechterhalten.

Dieser Erreger kann über zwei mögliche Infektionswege auf den Menschen übertragen werden: über eine Infektion einer Wunde oder durch den Verzehr kontaminierter Meerestiere.

Für das Badeland Schleswig-Holstein ist eine Infektion mit diesem Bakterium durch eine Wunde bedeutsam. Über eine vorhandene Wunde (ein kleiner Kratzer ist ausreichend) kann das Bakterium bei empfindlichen Personengruppen beim Baden oder Wasserwaten in Meerwasser in den Körper eindringen und sich dort vermehren. Besonders Personen, die aufgrund von Vorerkrankungen in ihrer Immunabwehr geschwächt sind, können gefährdet sein. Dazu zählen vor allem Menschen mit chronischen Erkrankungen wie Lebererkrankungen, Diabetes mellitus, Alkoholabhängigkeit und sonstigen, die Immunabwehr schwächenden oder unterdrückenden Erkrankungen. Auch ältere Menschen mit einer schwachen Immunabwehr zählen zu dieser empfindlichen Personengruppe.

Infektionen mit Vibrio vulnificus sind zwar selten, kommen aber weltweit vor. In Deutschland sind seit 1993 wiederholt Einzelfälle von Wundinfektionen nach Kontakt mit Ostseewasser bekannt geworden. Im Verhältnis zu der Anzahl der Badegäste an der Ostseeküste ist eine Infektion zwar sehr selten, hat aber nach bisherigen Erfahrungen in mehr als der Hälfte aller Fälle einen sehr ernsthaften Verlauf mit tiefgreifenden Haut- und Gewebeerstörungen. Dies kann wiederum zu einer schweren Blutvergiftung (Sepsis) führen, welche aufgrund ihrer schnellen Lebensgefahr eine rasche Therapie notwendig macht. Zur Vorbeugung einer Infektion wird geraten, dass Personen offene oder schlecht heilende Wunden nicht dem Kontakt mit warmem Meerwasser aussetzen, insbesondere dann nicht, wenn sie an den genannten Vorerkrankungen leiden oder ein geschwächtes Immunsystem besitzen.

In warmen Sommermonaten muss bei einem verdächtigen Krankheitsbild, insbesondere bei Wundinfektionen, nach Kontakt mit warmem Meerwasser, an die Möglichkeit einer Vibrio vulnificus-Infektion gedacht werden. Im Verdachtsfall sollte sofort ein Arzt aufgesucht werden, da bei begründetem Verdacht wegen des raschen und schweren

Krankheitsverlaufes eine frühestmögliche Behandlung zum Beispiel mit Antibiotika erfolgen muss. Die Ärzteschaft in Schleswig-Holstein ist durch die hiesige Ärztekammer über Bedeutung, Diagnose und Therapie von Vibrio vulnificus-Infektionen informiert. Bestätigt sich der Verdacht, sollte dies der behandelnde Arzt entsprechend § 6 Absatz 1 Nr. 5a Infektionsschutzgesetz als „bedrohliche Krankheit“ an das jeweils zuständige Gesundheitsamt melden. Vom zuständigen Gesundheitsamt können dann Ermittlungen zur Quellensuche erfolgen und gegebenenfalls die Einleitung von Schutzmaßnahmen veranlasst werden.

Um das Vorkommen von Vibrio vulnificus in Schleswig-Holsteins Küstengewässern, auch unter Berücksichtigung des Klimawandels, besser abschätzen zu können, werden vom Sozialministerium Schleswig-Holstein seit mehreren Jahren entsprechende Untersuchungsprojekte des Medizinaluntersuchungsamtes am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein in Kiel gefördert.

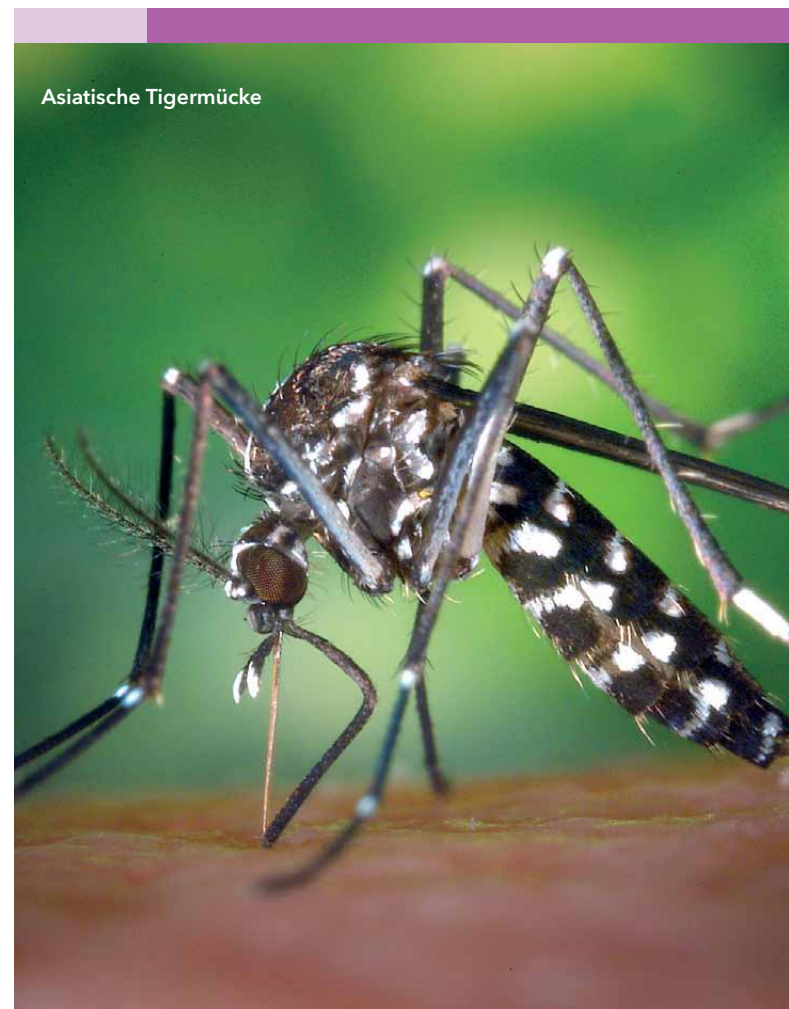
In umfassenden Studien wurde in den Jahren 2011 bis 2015 der Frage nach dem Vorkommen dieses Bakteriums an den Stränden von Nord- und Ostsee nachgegangen. Die Ergebnisse zeigen, dass in der Ostsee und insbesondere an einigen Küstenabschnitten mehr Vibrio vulnificus nachgewiesen wurde als in der Nordsee. Dabei wurde Vibrio vulnificus an Nord- und Ostsee überwiegend in Brackwasserbereichen gefunden, in denen das Meerwasser durch Süßwassereinträge aus dem Binnenland beeinflusst wird. Weiterhin stellte sich heraus, dass die Konzentrationen der Bakterien im Flachwasserbereich teilweise deutlich höher waren als im tieferen Wasser. Weitere Untersuchungen werden folgen.

Mücken und Zecken als Überträger exotischer Krankheitserreger

In Deutschland werden zunehmend neue invasive Stechmückenarten beobachtet. Erste Untersuchungen zeigen, dass auch in heimischen Stechmücken bisher wenig bekannte Krankheitserreger gefunden werden. Sie können als Vektoren Viren, Bakterien, Protozoen (einzellige Parasiten) und Helminthen (Würmer) übertragen. Bis vor wenigen Jahren wurden diese Infektionen fast ausschließlich in Afrika und Asien beobachtet. In den letzten 10 Jahren hat sich die Situation zunehmend verändert. Selbst die Malaria, die in Europa seit den 1960er-Jahren des letzten Jahrhunderts als ausgerottet galt, hat auch in Europa zu zahlreichen Erkrankungen geführt. Ursache dafür ist einerseits der interkontinentale Luftverkehr, der für weitere Übertragungen sorgt. Andererseits werden auch Veränderungen bei der Stechmückenfauna festgestellt. Dabei könnten durch den Klimawandel bedingte Witterungsabläufe wie höhere Temperaturen oder Überflutungen durch Starkregen die Verbreitung stark begünstigen.

Es gibt deutliche Anzeichen, dass auch einheimische Mücken- und Zeckenarten bereits auf die sich ändernden klimatischen Bedingungen reagieren. So verkürzen Zecken, die unter anderem Borreliose sowie Hirnhaut- und Gehirnentzündungen übertragen, regional ihre Winterruhephase und konnten sich infolge milderer Winter stärker ausbreiten.

Bei den Tierkrankheiten gab es in Schleswig-Holstein 2008 bereits erstmals ein größeres Auftreten der Blauzungkrankheit bei Schafen, die durch Gnitzen (Insekten der Gattung Culicoides) übertragen werden. Auch für die Blauzungkrankheit bei Wiederkäuern hat der beobachtete Klimawandel eine wichtige Bedeutung bei der Ausbreitung von Nordafrika nach Süd- und Südwesteuropa. Weiter ist die Schmallenberg-Krankheit bei großen und kleinen Wiederkäuern zu nennen. Ebenfalls durch Stechmücken werden das West-Nil-Fieber und das Dengue-Fieber auf Haustiere aber auch auf den Menschen übertragen; entsprechende Feststellungen liegen bereits für den Mittelmeerraum, z. T. bis nach Österreich vor. Die Temperaturabhängigkeit der Vektoren sowie Verschleppungen, die mit Tiertransporten entstehen, gelten als wesentliche Ursachen dafür, wenn sich die Erreger bis in den Norden verbreiten konnten.



Asiatische Tigermücke



Handlungsfeld Wirtschaft

Verkehr

Der Personen- und Güterverkehr sollte möglichst nicht durch widrige Witterungsbedingungen beeinträchtigt werden. Sollte sich der Trend zu Wetterextremereignissen durch den Klimawandel weiter verstetigen, wird die Entwicklung von Anpassungsstrategien für die einzelnen Verkehrsbereiche immer dringlicher, damit die Verkehrsleistungen auch unter erschwerten Bedingungen aufrecht erhalten werden können. Dabei ist für die überregionalen Verkehrsverbindungen weitgehend der Bund zuständig, mit dem auch die regionalen Anpassungsmaßnahmen bei den verschiedenen Verkehrsträgern abgestimmt werden müssen. Land und Kommunen müssen ihrerseits sicherstellen, dass die Verkehrswege in ihrem Zuständigkeitsbereich den erwarteten klimatischen Belastungen Stand halten und gegebenenfalls Anpassungsmaßnahmen einleiten.

Folgen für den Verkehr

Das verstärkte Auftreten von Starkregen mit Hochwasser, Hagel, Hitzeperioden, Stürmen und Waldbränden kann hohe Schäden an der Verkehrsinfrastruktur verursachen, zu einer Verkürzung der Lebensdauer einzelner Infrastrukturbestandteile führen und den Verkehrsfluss stark beeinträchtigen oder sogar ganz zum Erliegen bringen.

Anpassungsmaßnahmen

- Erhalt und bedarfsgerechter Ausbau von Straßen zur Anpassung an extreme Witterungsbedingungen
- technische Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an geänderte klimatische Bedingungen, z. B. an höhere Temperaturen angepasste Asphaltmischungen
- verkehrslenkende Einrichtungen auf sturmgefährdeten Brücken

Tourismus

Gerade für den Bädertourismus in Schleswig-Holstein spielen die klimatischen Bedingungen eine zentrale Rolle. Infolge des Klimawandels kommen mittel- bis langfristige Risiken, aber auch Chancen auf die Tourismuswirtschaft zu. Sowohl die touristische Infrastruktur als auch die Entwicklung und Vermarktung des touristischen Angebots müssen an die klimatischen Veränderungen angepasst werden, damit der Tourismus im Lande auch in Zukunft sein wirtschaftliches Potential nutzen kann. Besonders wichtig ist dabei, der Tourismuswirtschaft möglichst umfassende Informationen über langfristige Trends zum Klimawandel zur Verfügung zu stellen, damit es den Betrieben möglich ist, rechtzeitig zusätzliche innovative und hochwertige Angebote zu entwickeln sowie bestehende Alternativen qualitativ ausbauen zu können.

Folgen für den Tourismus

- Chancen für Tourismus z. B. durch Saisonverlängerung in Frühjahr und Herbst sowie Verlagerung der Touristenströme aus den zunehmend heißen südlichen Regionen zur Nord- und Ostsee
- Höhere Luft- und Wassertemperaturen und damit größere Attraktivität der norddeutschen Küsten
- Veränderung der Badewasserqualität (Algenwachstum, Krankheitserreger)
- Ausbreitung von Insekten, die Krankheiten übertragen (z. B. Zecken, Tigermücke) oder plagenartiges Auftreten von stechenden Insekten (z. B. Mücken) nach großräumigen Überschwemmungen

Anpassungsmaßnahmen

- Ausbau von wetterunabhängigen Angeboten z. B. in den Bereichen Natur-, Kultur-, Gesundheits- und Wellnesstourismus
- Erhalt bzw. Stabilisierung der Naturräume mit Erholungsfunktion
- Entwicklung/Weiterentwicklung nachhaltiger, regionaler Tourismuskonzepte vor dem Hintergrund des Klimawandels

Industrie und Gewerbe

Industrie und Gewerbe sind auf eine funktionierende Energie- und Verkehrsinfrastruktur angewiesen, die sich auch gegenüber geränderten Klimabedingungen als möglichst wenig störanfällig erweisen sollten. Innovative Investitionen in Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen müssen aber nicht nur mit höheren Aufwendungen verbunden sein, sondern können längerfristig auch zu Wettbewerbsvorteilen führen.

Die Anpassung der Wirtschaft an den Klimawandel erfordert eine intensive Zusammenarbeit ihrer Kammern und Verbände mit Forschungseinrichtungen, dem DWD und Planungsbehörden, um auf die neuen Herausforderungen des Klimawandels im Hinblick auf die Risiken z. B. bei der Energieversorgung, dem Hochwasserschutz oder der Gesundheit reagieren zu können.

Folgen für Industrie und Gewerbe

- potenzielle Produktionsausfälle durch Häufung extremer Wetterlagen am Produktionsstandort (Hochwasser, Stromausfälle)
- mögliche Engpässe bei der Rohstofflieferung und Warenauslieferung
- zeitweilig geringere Verfügbarkeit von Kühlwasser für industrielle Prozessabläufe
- erhöhte Anforderungen bei Herstellung, Verarbeitung, Lagerung und Transport, insbesondere bei leicht verderblichen Lebensmitteln
- Chancen für innovative Unternehmen, die von Investitionen in Umwelttechnologien und Anpassungsmaßnahmen profitieren können

Anpassungsmaßnahmen

- Anpassung an ressourcenschonende Produktionsweisen und Technologien im Hinblick auf die Anforderungen von Klimaschutz und Klimaanpassung
- Ausrichtung der Förderprogramme auf Klimaschutz und Klimaanpassung
- Keine Gewerbegebietsausweisung in Risikogebieten
- Anpassung und Standortüberprüfung bestehender Infrastruktur durch die kommunale Planung
- Anpassen der industriellen Kühlsysteme auf möglichen Wassermangel



Energiewirtschaft

Die zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel führen voraussichtlich zu einem steigenden Energiebedarf (z. B. Kühlsysteme, Wasserschöpfwerke). Darüber hinaus kann eine stärkere Erwärmung einen Mangel an Kühlwasser bei herkömmlichen Kraftwerken verursachen und zu Versorgungsengpässen bei der Energieversorgung führen. Um zukünftig eine zuverlässige, bezahlbare und klimafreundliche Energieversorgung sichern zu können, werden im Rahmen der Energiewende technische und strategische Veränderungen erforderlich sein.

Folgen für die Energiewirtschaft

- Sinkende Wasserstände und eine stärkere Erwärmung von Wasser können einen Mangel an Kühlwasser, insbesondere für thermische Kraftwerke, verursachen.
- Höhere Lufttemperaturen können sich auf den Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung auswirken.
- Extreme Stürme, Gewitter, Eislasten und Hochwasser können die Energieinfrastruktur beeinträchtigen.
- Während Hitzeperioden oder bei Hochwasser kann es bei der Stromnachfrage zu erheblichen Lastspitzen kommen.

Anpassungsmaßnahmen

- Fortschreiben der Wärmelastpläne
- Ausbau von Wärme-/Kälteverbänden
- vielfältige dezentrale Energieerzeugung, um Risiken bei der Verteilung zu vermindern
- ausreichende Redundanzen in der Energieerzeugung (Erzeugung und Netze), um klimabedingte Leistungsausfälle oder Lastspitzen kompensieren zu können
- Netzverbände, um Spitzenlasten auszugleichen
- Anpassung der Kühlsysteme von Energieerzeugungsanlagen an veränderte klimatische Bedingungen
- Investitionen in Energiespeichertechnologien (z. B. Pumpspeicherkraftwerke, Druckluftspeicher, Wärme- und Kältespeichersysteme, Stromspeicher), um Spitzenlasten abzudecken

Handlungsfeld Raumordnung

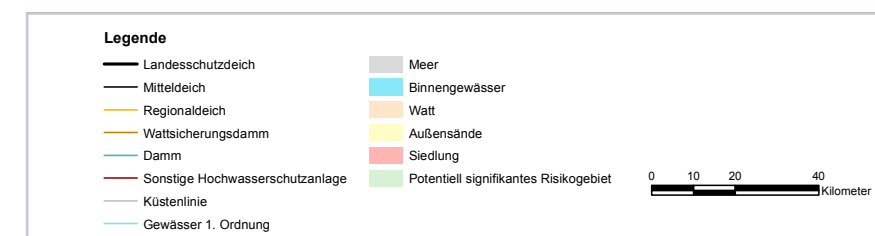
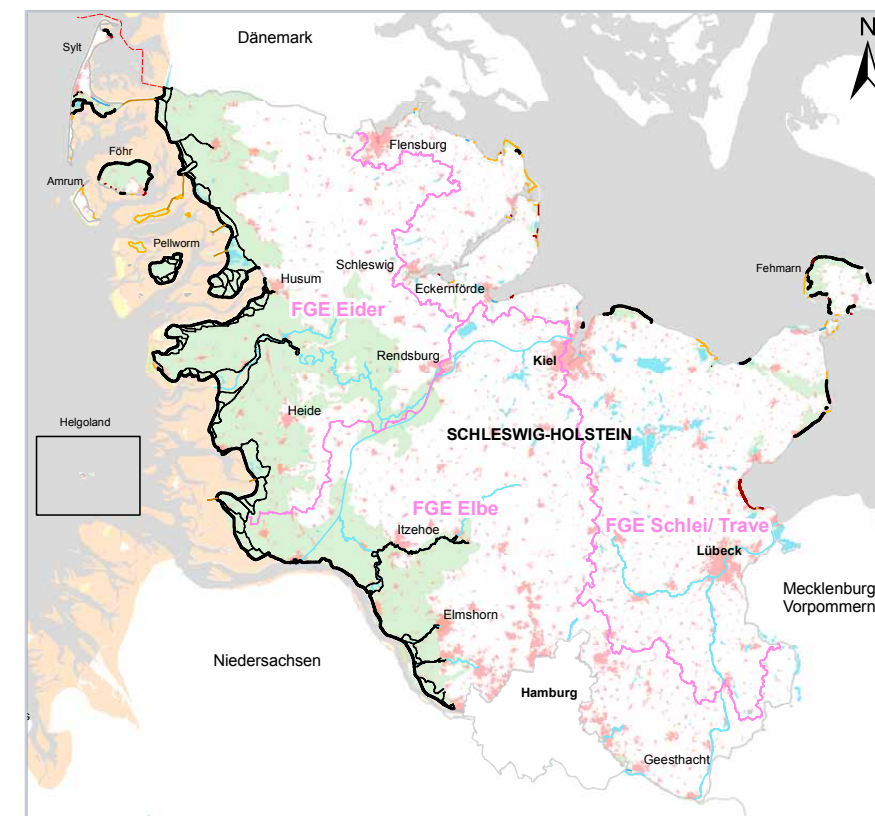
Der Klimawandel wirkt sich auf die verschiedenen Raumnutzungen im Land aus. Daher ist bei der Novellierung des Landesplanungsgesetzes Schleswig-Holstein (GVOBl. Schl.-H. Nr. 2 vom 27.02.2014) 2014 festgelegt worden, dass „die raumrelevanten Inhalte der regionalen und überregionalen Landschaftsplanung sowie die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen zu berücksichtigen sind“.

Als querschnittsorientierte Planungen können die Landes- und Regionalplanung die Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien in vielen Handlungsfeldern unterstützen. In Schleswig-Holstein betreffen die Anpassungsstrategien im Rahmen der Raumentwicklung in erster Linie den Tourismus, die Siedlungsentwicklung, die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur sowie den Binnenhochwasserschutz und den Küstenschutz. Bei der Fortschreibung des Landesentwicklungsplans Schleswig-Holstein 2010 soll den Aspekten der Anpassung an den Klimawandel z. B. durch die Festlegung neuer Raumkategorien im Küstenbereich verstärkt Rechnung getragen werden.

Vor Ort kommt den Kommunen als Trägern der kommunalen Planungshoheit eine große Bedeutung zu, da sie mit der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel die Belastungs- und Gefährdungssituation vor Ort berücksichtigen können bzw. müssen. Mit den Instrumenten der Bauleitplanung und der Landschaftsplanung können sie die Entwicklung lokal steuern und gerade dabei die örtlichen Veränderungen durch den Klimawandel berücksichtigen.

Beispiele für raumplanerische Maßnahmen im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel

- Sicherung von Flächen für den Küstenschutz, um zukünftig den Ausbau der Küstenschutzanlagen wie z. B. Deiche und Warften ermöglichen zu können.
- Festlegung von potenziell von Überflutungen betroffenen Gebieten, in denen angesichts zunehmender Hochwassergefahren eine Bebauung auszuschließen ist oder besondere Anforderungen an die Bebauung gelten; dies schließt touristische Infrastruktur mit ein.
- Hinwirken auf die Planung von Flächennutzungen, die das Retentionsvermögen der Fließgewässer mit ihren Auen erhöhen, um stärkere Niederschläge aufzunehmen.
- Gebietsausweisungen zum Schutz des Grundwassers, die Wasserressourcen schützen, die z. B. bei einer Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter helfen, die Grundwasserneubildung zu verbessern und vor Hochwasser schützen.
- Anpassung der Ver- und Entsorgungsinfrastruktur in den Kommunen z. B. an vermehrte Starkregenereignisse.
- Stärkung des Biotopverbundes, z. B. durch Sicherung von Flächen, um bei einer Verschiebung der Lebensräume dem Verlust von Biodiversität durch eine großräumige Vernetzung begegnen zu können.
- Schutz von Mooren- und Anmoorböden als CO₂-Senken und Retentionsflächen.
- Unterstützung der Neuwaldbildung sowie des im Hinblick auf die Anpassung notwendigen Waldumbaus durch entsprechende Planungen.
- Erarbeitung integrierter regionaler Anpassungskonzepte für den Küstenraum, die die Interessen des Küstenschutzes, des Naturschutzes, des Tourismus und der Siedlungsentwicklung berücksichtigen.



Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein – Fortschreibung 2012





Zukünftige Arbeitsschritte auf dem Weg zu Landes-Anpassungsstrategien

Aufbau eines Monitorings

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist ein kontinuierlicher und langfristiger Prozess, der sich auf laufende Veränderungen einstellen muss. Diese Veränderungen müssen über ein begleitendes Monitoring (systematische Überwachung) erfasst werden. Nur durch eine Verbesserung der Daten- und Kenntnislage können mögliche Folgen des Klimawandels erkannt und daraus Strategien abgeleitet werden, die im besten Fall eine Abmilderung der Folgen des Klimawandels in den verschiedenen Handlungsfeldern ermöglichen.

Die wesentlichen Grundlagen hierfür wurden für das Land Schleswig-Holstein mit Hilfe von zwei aufeinander aufbauenden Studien des Umweltbundesamtes geschaffen.²⁹ Mit diesen Voruntersuchungen konnten Vorschläge für geeignete Indikatoren erarbeitet werden, deren Datenquellen zugänglich und ohne zusätzlichen Aufwand genutzt werden können.

Für das Land sind zunächst aus den Bereichen Forstwirtschaft, Boden, Landwirtschaft, Wasserwirtschaft/Küstenschutz sowie Umwelt/Biodiversität bestimmte Indikatoren ausgewählt worden, die sich überwiegend an den Vorgaben der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) orientieren.

Vorrangiges Ziel ist es, ein standardisiertes Verfahren zu entwickeln, das die vorhandenen Daten für die ausgewählten Indikatoren nutzt, um die durch den Klimawandel induzierten Veränderungen abzubilden und zusätzlich Trendberechnungen für die Zukunft zu ermöglichen. Das System muss im Laufe der Zeit nicht nur regelmäßig

überprüft, sondern auch weiterentwickelt werden. Sehr wahrscheinlich werden neue Handlungsfelder erkannt und entsprechend geeignete Indikatoren hinzukommen.

Ausgewählte Handlungsbereiche und Indikatoren

Zur Beobachtung der Klimafolgen im Lande stehen zunächst die sogenannten Impact-Indikatoren im Vordergrund. Es ist aber zu erwarten, dass in Zukunft weitere Indikatoren aus anderen Bereichen (z. B. Gesundheit oder Verkehr) an Bedeutung gewinnen werden. Darüber hinaus wird zukünftig auch zu beachten sein, ob und wie die dann eingeleiteten Anpassungsmaßnahmen wirken und ob durch ein Monitoring Response-Indikatoren beobachtet werden können. Mit Hilfe dieses auf aussagekräftige Indikatoren gestützten Monitoring-Systems sollen die für das Land bedeutenden Veränderungen als Folge des Klimawandels sichtbar werden. Darüber hinaus sollen langfristig Informationen zur Verfügung gestellt werden, die im Rahmen einer Strategie, wirksame Anpassungsschritte ermöglichen, wie es auch im § 10 des neuen Energiewende- und Klimaschutzgesetz (GVOBL. Schl.-H. Nr.4 vom 30.3.2017) des Landes vorgesehen ist. Die in der Tabelle für ein Monitoring in Schleswig-Holstein dargestellten Indikatoren bilden eine erste Grundlage für die Erfassung und Beschreibung der möglichen Folgen des Klimawandels in Schleswig-Holstein. Ihre Eignung muss im Hinblick auf die langen Beobachtungszeiträume so überprüft werden, dass möglichst frühzeitig methodische Schwächen bei der Datenerhebung und -aufarbeitung ausgeschlossen werden können. Dazu erfolgte eine Auswahl der Handlungsfelder auf der Grundlage von zwei Gutachten des Umweltbundesamtes und in Abstimmung mit den zuständigen Fachabteilungen des MELUND und LLUR.

Ausgewählte Indikatoren für ein Monitoring der Klimafolgen in Schleswig-Holstein

Forstwirtschaft		
DAS ³⁰	Indikatortitel ▼	Datenquelle ▼
FW-I-1	Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten (Fallstudie)	Daten der Länder aus Forschung und Monitoring in Naturwaldreservaten
FW-I-4	Schadholz - Umfang zufälliger Nutzungen	Statistisches Bundesamt
FW-I-7	Waldzustand	Waldzustandserhebung Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft (BMEL)
FW-R-2	Förderung des Waldumbaus	Berichterstattung der Gemeinschaftsaufgabe (GAK) „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ BMEL, Selbstauskünfte Länder, Kosten-/Leistungsrechnung Bundesforst
FW-R-5	Humusversorgung und Wasserrückhaltung forstwirtschaftlicher Böden	Waldzustandserhebung, Bodenzustandserhebung (BZE)
Boden		
BO-I-1	Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden	Deutscher Klimaatlas - Landwirtschaft
BO-R-3	Fläche organischer Böden (Proxy)	Nationale Berichterstattung unter der United Nations Framework Convention on Climate Change (UN-FCCC)
Landwirtschaft		
LW-I-1	Verschiebung agrarphänologischer Phasen	DWD, Phänologisches Beobachtungsnetz
LW-I-2	Ertragsschwankungen	BMEL: Ernte- und Betriebsberichterstattung
LW-R-1	Anpassung von Bewirtschaftungsrhythmen	DWD: Phänologisches Beobachtungsprogramm
Wasserwirtschaft/Küstenschutz		
WW-I-1	Mengenmäßiger Grundwasserzustand	LLUR, Grundwasserhydrologie/Grundwasserschutz / Berichte zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie
WW-I-2	Mittlerer Abfluss	Messstellen der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
WW-I-3 ³¹	Hochwasserabfluss	Messstellen der BfG
WW-I-4	Niedrigwasserabfluss	Messstellen der BfG
WW-I-9	Intensität von Sturmfluten	Messstellen der BfG ³²
Biodiversität		
BD-I-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten	DWD; Phänologische Beobachtungsdaten und Klimadaten
BD-I-2	Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft	Bestandsindizes Brutvogelmonitoring aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990–2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V.

²⁹ Vgl. <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachhalte/K/klimaschutz/Downloads/klimafolgenMonitoring>

³⁰ Kurzbezeichnung der Indikatoren nach der DAS, vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4230.pdf>

³¹ Vgl. Messdaten der Pegel Friedrichstadt im Einzugsgebiet (EZG) der Treene für die FGE Eider, den Pegel Grönhude im EZG der Stör für den schleswig-holsteinischen Teil der FGE Elbe und für den Pegel Sehmsdorf im EZG der Trave in der FGE Schlei/Trave.

³² Der Pegel Dagebüll wird durch den Pegel Wittdün ersetzt; als mögliche zusätzliche Pegel gelten Büsum und Travemünde.

Im **Forstbereich** wurden die DAS-Indikatoren FW-I-1, FW-I-4 und FW-I-7 für ein Monitoring in Schleswig-Holstein ausgewählt. Damit werden die „Veränderung der Baumartenzusammensetzung im Gesamtwald“, der „Schadholz-Anteil“ (Wind, Sturm, Schnee, Insekten, neuartige Waldschäden) und der „Waldzustand“ (Mittlere Kronenverlichtung von Fichte, Kiefer, Buche, Eiche) erfasst. Ein wesentlicher Teil der für das Monitoring notwendigen Daten steht durch die Bundeswaldinventur und die jährliche Waldzustandserhebung zur Verfügung.

Als Klimaindikatoren für den **Boden** sollen insbesondere der „Humusgehalt von Ackerböden“ und der „Bodenwasserhaushalt“ in Anlehnung an die entsprechenden Indikatoren der DAS untersucht werden (BO-R-3, BO-I-1). Die Kohlenstoffgehalte der Böden sind auch deshalb von besonderem Interesse, da sie abhängig vom Bodentyp erhebliche Mengen an Kohlenstoff speichern können und damit unmittelbar für den Klimaschutz von Bedeutung sind.

Für die **Landwirtschaft** sollen als mögliche Indikatoren vor allem die Verschiebung agrarphänologischer Phasen LW-I-1 und die Ertragsschwankungen LW-I-2 zum Tragen kommen. Bei LW-I-1 sollen der mittlere Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps, der mittlere Zeitpunkt des Blühbeginns von Apfelbäumen sowie der Beginn der Vollblüte des Winterrapses beobachtet werden. Bei dem Indikator „Ertragsschwankungen“ LW-I-2 ist die Auswertung ausgewählter Kulturen (z. B. Winterraps, Winterweizen, Kartoffeln) aus den Daten der „Besonderen Erntemittlung“ des Statistikamtes Nord vorgesehen.

Für den Bereich der **Wasserwirtschaft** wurden die „Entwicklung der Grundwasserstände“ analog zum DAS-Indikator WW-I-1, der „Mittlere Abfluss“, der „Hochwasserabfluss“ und der „Niedrigwasserabfluss der Oberflächengewässer“ (WW-I-2 bis WW-I-4) für das Land als Indikatoren ausgewählt. Für den Küstenbereich sind die „Wasserstände“, gemessen an jeweils drei Pegeln von Nord- und Ostsee, sinnvolle Indikatoren (etwa vergleichbar mit DAS: WW-I-9).

Für den Bereich **Naturschutz/Biodiversität** sind die Indikatoren wie „Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften“ unter dem Teilaspekt Wildpflanzenarten BD-I-1 und „Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozönosen“, Teilaspekt Temperaturindex Vogelartengemeinschaft BD-I-2 für Schleswig-Holstein als gut geeignet bewertet worden und für ein Monitoring vorgesehen.

Zukünftige Arbeitsschwerpunkte

Im weiteren Verlauf wird dann zu überprüfen sein, inwieweit sich die erwarteten Empfindlichkeiten und Risiken der ausgewählten Handlungsfelder unter den Bedingungen des Klimawandels bestätigen lassen. Stellt sich dann heraus, dass diese Handlungsfelder durch den Klimawandel betroffen sind, können entsprechende Maßnahmen abgeleitet werden, die dann jeweils Teil einer Anpassungsstrategie werden. Deren Erfolge müssen in einem weiteren Schritt kontrolliert werden.

Nächste Schritte

- Aufbau eines Monitorings zur Abbildung des Klimawandels
- Intensivierung der Zusammenarbeit beim Anpassungsmonitoring mit den norddeutschen Bundesländern
- Überprüfung der bislang ausgewählten Handlungsfelder und Indikatoren
- Kontinuierliche Verfeinerung der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel
- Weiterentwicklung kommunaler Anpassungsstrategien



Klimaanpassung auf Ebene der Europäischen Union, des Bundes und der Bundesländer

Die europäische Anpassungsstrategie

Das allgemeine Ziel der Anpassungsstrategie der EU besteht darin, einen Beitrag zur Stärkung der Klimaresilienz Europas zu leisten. Das bedeutet, die Vorsorge und das Reaktionsvermögen in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels auf lokaler, regionaler, nationaler und EU-Ebene zu verstärken, ein kohärentes Konzept zu entwickeln und die Koordination zu verbessern.

Im Juni 2007 veröffentlichte die Europäische Kommission das Grünbuch „Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU“, das erste Ansatzpunkte vorschlägt, um den Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen.

Nach einer umfassenden öffentlichen Konsultationsphase zum Grünbuch hat die Europäische Kommission Vorschläge für ein gemeinschaftliches Vorgehen in einem Weißbuch zusammengestellt. Das 2009 veröffentlichte Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“ schlägt vor, in einer ersten Phase bis 2012 Grundlagen für eine europaweite Anpassungsstrategie festzulegen und diese dann ab Anfang 2013 umzusetzen. Ziel des Weißbuchs ist die schrittweise Konkretisierung einer Anpassungsstrategie, die es erlaubt, rechtzeitig und europaweit auf die Folgen des Klimawandels zu reagieren und sie damit abzumildern.

Das Weißbuch regt Anstrengungen in vier Bereichen an:

1. Sammlung von Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels, sowie über Kosten und Nutzen möglicher Maßnahmen, einschließlich der Entwicklung von Methoden, Modellen, Datenerhebungen, Prognose-

technologien, sowie Indikatoren zur Überwachung der Auswirkungen des Klimawandels.

2. Einbeziehung des Anpassungsaspektes in wichtige Politikbereiche der EU, zum Beispiel in Form geeigneter Infrastrukturmaßnahmen in Küsten- und Meeresgebieten oder eine Anpassung der Land- und Forstwirtschaft.
3. Einsatz von marktorientierten Instrumenten und öffentlich-privaten Partnerschaften für eine effektive Umsetzung des Anpassungsprozesses.
4. Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit und insbesondere Bereitstellung des erlangten Wissens für Entwicklungsländer.

Die Anpassungsstrategie des Bundes

Um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen, hat das Bundeskabinett unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Dezember 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Dabei war es zunächst das Ziel der DAS, die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) Deutschlands gegenüber den Wirkungen des Klimawandels zu ermitteln und nach Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel zu suchen, um auch für die Politik bestimmte Handlungsfelder aufzuzeigen.

Eine weitere Konkretisierung der DAS folgte mit dem vom Bundeskabinett im August 2011 beschlossenen ersten Aktionsplan Anpassung 1 (APA I). Dieser Plan beschreibt die spezifischen Aktivitäten des Bundes und zeigt Verknüpfungen mit anderen nationalen Strategieprozessen. Er enthält außerdem den Auftrag zur Erstellung eines Fortschrittsbe-

richtes mit konkreten Schritten zur Weiterentwicklung und Umsetzung der DAS mit vier handlungsfeldübergreifenden strategischen Säulen:

- Säule 1: Wissen bereitstellen, informieren, befähigen
- Säule 2: Rahmensetzung durch den Bund
- Säule 3: Aktivitäten in direkter Bundesverantwortung
- Säule 4: Internationale Verantwortung

Ende 2015 hat die Bundesregierung einen Fortschrittsbericht mit konkreten Schritten zur Weiterentwicklung und Umsetzung der DAS vorgelegt. Dazu gehören auch ein Monitoringbericht und eine Analyse der Verwundbarkeit (Vulnerabilitätsanalyse) im Hinblick auf den Klimawandel. Zur Ausarbeitung dieser Vulnerabilitätsanalyse haben sich 16 Bundesbehörden und -institute, unterstützt von einem wissenschaftlichen Konsortium, zusammengeschlossen, um die Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel mit einer neuen sektorenübergreifenden Methodik herauszuarbeiten. Damit konnten zwischen 2011 und 2015 deutschlandweit die Regionen, die besonders durch den Klimawandel gefährdet sind, erkannt und Handlungserfordernisse für die Bundesebene identifiziert werden.

Der Monitoringbericht wurde durch das Umweltbundesamt, unter breiter fachlicher Beteiligung von Behörden, Wissenschaft und Wirtschaft, erstellt. In einem mehrstufigen Prozess wurden zu 15 Handlungsfeldern der DAS Indikatoren entwickelt, die aufzeigen, inwiefern Deutschland vom Klimawandel betroffen ist und wo bereits Maßnahmen zur Anpassung ergriffen werden.

Weitere Elemente des Fortschrittsberichts der Bundesregierung sind eine Analyse der Umsetzung des Aktionsplans Anpassung (2011) sowie ein aktualisierter „Aktionsplan Anpassung II“. Dieser präsentiert künftige Maßnahmen des Bundes, sowie einen konkreten Zeit- und Finanzierungsplan.

Anpassung auf Ebene der Länder

Die Bundesländer haben begonnen, jeweils auf ihre speziellen Gegebenheiten bezogene Anpassungsstrategien zu entwickeln. Ausgehend von den Erkenntnissen des 4. Sachstandsberichtes des Weltklimarates (IPCC) von 2007 zu globalen Klimaänderungen haben sich die Länder zunächst um kleinräumigere Klimaprojektionen bemüht. Erste Bundesländer haben darauf aufbauend Verletzlichkeits-/Anfälligkeitsstudien (Vulnerabilitätsstudien) zur Konkretisierung der Klimafolgen begonnen.

Grundlage für die Erkenntnisse über den Ablauf des Klimawandels auch auf der regionalen Ebene ist die Entwicklung geeigneter Indikatorensysteme. Dabei sind Art und Anzahl der ausgewählten Klimafolgen-Indikatoren in den einzelnen Ländern entsprechend unterschiedlich. Einige Bundesländer haben inzwischen Klimaschutzgesetze verabschiedet, auf deren Grundlage, teils mit breiter Öffentlichkeitsbeteiligung, Klimaschutzpläne erarbeitet werden, die auch Bezüge zur Anpassung enthalten. Darüber hinaus haben einige Bundesländer digitale Informationssysteme zur Abbildung der Klimaentwicklung aufgebaut.³³



Kommunale Anpassungsstrategien und -projekte

Wenn es um die Folgen des Klimawandels geht, sind es die Städte und Gemeinden, die hiervon unmittelbar betroffen sind. Im Vordergrund möglicher Anpassungsmaßnahmen stehen besonders die Auswirkungen durch extremen Niederschlag oder der Schutz vor Hochwasser – auch bedingt durch die Ereignisse in jüngster Vergangenheit. Darüber hinaus sind es in größeren Städten auch die höheren Temperaturen, die zu Problemen führen können. Sie verschärfen sich angesichts einer immer dichteren Wohnbebauung und vielerorts wegen mangelnder Frisch- bzw. Kaltluftschneisen.

Die möglichen Themen und Handlungsfelder sind gerade im kommunalen Bereich vielfältig und reichen von Fragen der Flächenversiegelung, der Bauleitplanung bis hin zur Gesundheitsvorsorge.

Auch wenn einzelne, größere Kommunen, z. B. Kreise oder kreisfreie Städte³⁴, bereits Konzepte zur Klimaanpassung entwickelt haben, besteht hier nach wie vor großer Handlungsbedarf. Diese Notwendigkeit wurde durch den Bund erkannt und es wurden verschiedene Fördermöglichkeiten geschaffen, um diesem Handlungsbedarf gerecht werden zu können. Das BMUB fördert u. a. in der Kommunalrichtlinie Klimaschutzprojekte in Kommunen, worunter auch die kommunale Klimaanpassung fällt.³⁵

Gefördert werden z. B.

- die Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes, in dem optional der Bereich der Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt werden kann,
- die Erstellung eines Klimaschutzteilkonzeptes „Klimagerechtes Flächenmanagement“, das die Anforderungen an die Flächennutzung formuliert, die aufgrund erwarteter Klimaveränderungen erforderlich werden (Klimaanpassung),
- die Erstellung eines Klimaschutzteilkonzeptes „Anpassung an den Klimawandel“ und
- kommunale Leuchtturmvorhaben sowie Aufbau von lokalen und regionalen Kooperationen.

Gerade für den kommunalen Klimaschutz gilt: Je früher mit Maßnahmen zur Klimaanpassung begonnen wird, desto eher können Schäden verhindert werden. Hinzu kommt, dass auf diese Weise durch gleichzeitige, ohnehin notwendige Sanierungs- und Stadtentwicklungsmaßnahmen die anfallenden Kosten reduziert werden können.



³³ Bspw. <http://www.klimaatlas.nrw.de/>

³⁴ Vgl. z. B. Klimaanpassung der Hansestadt Lübeck oder das Klimaschutzteilkonzept „Klimaanpassung“ des Kreises Segeberg.

³⁵ Vgl. <http://www.bmub.bund.de/themen/forschung-foerderung/foerderprogramme/anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels/> und <https://www.ptj.de/folgen-klimawandel>

Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein: Initiierung einer Wertschöpfungskette Treibsel als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel (POSIMA)³⁶

Ein wichtiger Weg für die Küstengemeinden, sich mit dem Klimawandel auseinanderzusetzen und ihre Anpassungskompetenzen zu steigern, führt über ein optimiertes Treibsel-Management (Verbleiben, Entsorgung und/oder Verwertung), das Aspekte des Küstenschutzes mit einschließt.³⁷ An intensiv touristisch genutzten Stränden ist das Material unerwünscht und wird regelmäßig mit erheblichem Kosteneinsatz entsorgt. Dabei haben die Aktivitäten des „Klimabündnis Kieler Bucht“ (KBKB) in den letzten Jahren gezeigt, dass Treibsel als wertvolle biologische Ressource (Seegras, Tang, Algen) vielfältige Verwertungsmöglichkeiten eröffnet. Das POSIMA Vorhaben verfolgt daher das Ziel, eine Wertschöpfungskette für Treibsel zu initiieren und so naturbasierte Klimaanpassung inkl. Küstenschutz entlang der Ostseeküste Schleswig-Holsteins zu fördern.³⁸

Fokus des Projektes sind einerseits die unterschiedlichen Zielgruppen, die mit Treibsel auf der Entsorgungs- und Verwertungsschiene befasst sind sowie andererseits die diversen Nutzungsmöglichkeiten und Produkte, die auf Basis von Treibsel denkbar sind.³⁹ Ziel des Projektes POSIMA ist es, dass Gemeinden, Tourismusmanager, Küstenschützer, Strandbesucher, lokale Unternehmen und die Region als Ganzes von einer intelligenten Wertschöpfungskette profitieren und zwischen Treibsel-Entsorgung und -verwertung vielfältige win-win-Effekte generiert werden.⁴⁰



POSIMA möchte in den kommenden drei Jahren

- Akteure aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Verwaltung zusammenbringen, mit dem Ziel
 - den Wissenstransfer auszubauen,
 - Kooperationen und Ideen zur Realisierungsreife zu bringen und
 - die Klimaanpassungskompetenz zu steigern,
- daran arbeiten, die politischen Rahmenbedingungen zu verbessern (z. B. moderate Anpassungen im Kreislaufwirtschaftsgesetz, Unterstützung bei innovativen Modellvorhaben),
- die Chancen und Herausforderungen bei der Verbesserung des Küstenschutzes durch Nutzung der Treibselressourcen aufzeigen,
- bekannte und zu identifizierende Nutzungsmöglichkeiten des Treibsel, vor allem in der Region, dokumentieren und analysieren sowie ökonomisches Interesse stimulieren und für die Verbreitung als „Good Practice“ aufbereiten,
- interkommunale Kooperation fördern,
- Kooperationen zwischen Kommunen und Wirtschaft fördern,
- Pilotprojekten zur Umsetzung verhelfen (z. B. zentrale Sammelstelle, Treibseldüne, biotische Verwertung);
- die vorhandene Netzwerkstruktur des KBKB nutzen und ausbauen (dabei scheint es sinnvoll, sich räumlich auf die gesamte Ostseeküste Schleswig-Holsteins auszudehnen, da die Ausgangssituation in allen Gemeinden ähnlich und sowohl der Handlungsbedarf wie auch das Interesse an Lösungen groß ist),
- durch Informationsvermittlung zu mehr Klarheit im Umgang mit Treibsel beitragen, um ein aktives Herangehen der Kommunen an Problematik und Lösungsansätze zu stimulieren und zu verstetigen,
- die kommunalen Anpassungskapazitäten an den Klimawandel nachhaltig stärken, indem die Projektergebnisse in die Kommunalpolitik einfließen und erfolgreich getestete Pilotvorhaben auf weitere Kommunen transferiert werden.

Stadtgrün 2025 - Klimawandel und Baumsortimente der Zukunft⁴¹

Der Klimawandel mit seinen Witterungsextremen sowie das dadurch begünstigte Auftreten neuer Krankheitserreger führen dazu, dass die ohnehin schon negativen Standortbedingungen für Bäume im urbanen Raum noch erheblich verschlechtert werden. Das führt bereits heute dazu, dass krankheitsbedingte Ausfälle vieler wirtschaftlich wichtiger Stadtbaumarten deutlich zunehmen. Eine akut schlechte Zukunftsprognose wird deswegen z. B. den Baumarten Ahorn (Berg- und Spitzahorn), Rosskastanie, Linde, Esche und Platane attestiert, die rund 75 % des heutigen Sortiments ausmachen.

Stadtgrün 2025 ist ein Projekt, das im Rahmen der Europäischen Innovations Partnerschaft (EIP) von der Europäischen Union und dem Land Schleswig-Holstein gefördert und im Rahmen des Zukunftsprogramms Ländlicher Raum umgesetzt wird. Die Operationelle Gruppe „Klimawandelbäume“, die, neben Beratern, Mitarbeitern des Gartenbauzentrums der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH) und Vertretern des Berufsverbandes, primär aus zehn Baumschulinhabern besteht, hat das Projekt ange-regt. Den Antrag auf Förderung stellte letztlich die berufsständische Service Grün GmbH, welche die LKSH mit der Projektleitung und -durchführung beauftragt hat.

Das Projekt will klimatolerante Baumarten für städtische Regionen in Norddeutschland identifizieren, damit, trotz des prognostizierten kurzzeitigen Klimawandels, auch norddeutsche Städte zukünftig noch erfolgreich und nachhaltig begrünt werden können. Die Förderung von Stadtgrün 2025 läuft von Januar 2016 bis Juni 2018. Es kann daher nur als erster Schritt zur Beurteilung der häufig besonders problematischen Anwachsphase von Bäumen in der Stadt dienen. Für das Gesamtvorhaben wäre allerdings eine Laufzeit von 10 bis 15 Jahren aus folgenden Gründen sinnvoll: Einerseits aufgrund der Langlebigkeit von Gehölzen und andererseits wegen des schnell voranschreitenden Klimawandels - wengleich es der Menschheit scheint, als würde er nur schleichend voranschreiten. In Zusammenarbeit mit dem bayerischen Projekt „Stadtgrün 2021“ wird an belastbaren Ergebnissen für ganz Deutschland und das angrenzende Ausland gearbeitet.

Das Prüfsortiment umfasst 20 Baumarten und -sorten, die vorwiegend aus Südosteuropa, Asien und Nordamerika stammen, also aus Regionen, in denen das Klima bereits heute so ist, wie es für unsere Breiten prognostiziert wird. Dazu werden jeweils fünf Exemplare in den drei Städten Kiel, Lübeck und Heide zusammen mit Husum aufgepflanzt und beobachtet. Die Reaktion und das Verhalten der neuen Baumarten auf die städtischen Standorte soll genau beschrieben werden. Dabei werden Wachstumsparameter



der Bäume (Baumhöhe, Stammumfang, Kronenhöhe, Kronendurchmesser), phänologische Kenngrößen (Blattaustrieb, Blütezeitpunkt, Fruchtansatz, Blattfall), Krankheits- und Schädlingsbefall sowie Winterhärte erfasst und zu den jeweiligen Klima- bzw. Wetterdaten an den Standorten in Beziehung gesetzt.

Zu den Zielen, die letztlich mit Hilfe von Stadtgrün 2025 erreicht werden sollen, gehört es, den Baumschulen wissenschaftlich fundierte Ergebnisse zur Klimatoleranz neuerer Baumarten im urbanen Raum anbieten zu können. Das ist wichtig, da die Standzeiten von Stadtbäumen 25 bis 50, in Parks sogar bis zu 100 Jahre betragen und heute gepflanzte Bäume den Klimawandel damit voll erleben werden. Kommunen und Planer fragen daher bereits heute nach klimatoleranten Baumarten, um Pflanzvorhaben nachhaltig und zukunftsfähig durchführen zu können. Die Baumschulen können aber bisher auf keine wissenschaftlich fundierten Empfehlungen zurückgreifen, da noch erhebliche Unsicherheiten über die tatsächliche Klimatoleranz von neuen Gehölzsortimenten in unseren Breiten bestehen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass die Kulturzeit in der Baumschule von der Jungpflanze zum fertigen Baum 12 bis 15 Jahre beträgt. Es besteht daher aus Sicht der Baumschulen erhöhter Zeitdruck zur Entwicklung innovativer, klimatoleranter Baumsortimente, weil die Produktion in großem Umfang erst nach der gesicherten Identifikation klimatoleranter Baumarten anlaufen kann. Bei einer Versuchsdauer zur Identifikation klimatoleranter Baumarten von geschätzt 10 bis 15 Jahren und einer Produktionszeit von nochmals 15 Jahren, wird es noch 25 bis 30 Jahre dauern, bis ein Großsortiment von klimatoleranten Baumarten aufgebaut sein kann.

⁴¹ Autoren: Dr. Andreas Wrede, Thorsten Ufer und Hendrik Averdieck, Abteilung Gartenbau der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.

³⁶ Autor: Dr. Kai Ahrendt, Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

³⁷ Vgl. Mossbauer et al., 2012. ³⁸ Vgl. Hanley et al., 2014.

³⁹ Vgl. Burkhard et al. 2009 und Europäische Umweltagentur (EEA) 2015. ⁴⁰ Vgl. Enderwitz et al. 2014 und Görg et al., 2014.

Zum Thema klimatolerante Baumsortimente werden im Rahmen eines engen Netzwerks von vier gartenbaulichen Versuchsstandorten in Deutschland (Humboldt Universität zu Berlin, Zentrum für Gartenbau und Technik in Quedlinburg, Landesanstalt für Wein- und Gartenbau in Veitshöchheim (LWG) und Gartenbauzentrum der LKSH in Ellerhoop) seit längerer Zeit gezielte Sortimentsprüfungen durchgeführt, bei denen wesentlich mehr Baumarten aus Südosteuropa, Asien und Nordamerika hinsichtlich ihrer Klimatoleranz an gartenbaulichen Versuchsstandorten geprüft werden. Aus pflanzenbaulicher Sicht finden diese Prüfungen in den Versuchseinrichtungen jedoch quasi unter Optimalbedingungen für die Vitalität der Gehölze statt und nicht unter den besonderen Stressbedingungen, auf die Bäume an urbanen Standorten treffen.

Langfristige Versuche sind daher unbedingt an städtischen Echtstandorten durchzuführen, was alle Kooperationspartner mittlerweile auch umgesetzt haben. Vorreiter war hier das bayerische Projekt „Stadtgrün 2021“ der LWG, das in drei bayerischen Städten (Hof, Kempten, Würzburg) ein vergleichbares Baum-Sortiment prüft, wie jetzt auch Stadtgrün 2025 in Schleswig-Holstein. Bereits seit Herbst 2014 prüft die LKSH im Bezirk Hamburg-Mitte ein Sortiment aus 48 Baumarten, unter denen sich auch 19 der 20 Baumarten aus dem Projekt Stadtgrün 2025 befinden. Die enge Vernetzung der Projekte schafft Synergien und soll dafür sorgen, dass die Projektziele möglichst schnell erreicht werden, damit Baumschulen und Städte kurzfristig „fit“ für den Klimawandel werden.

Geprüfte Baumarten und -sorten im Projekt Stadtgrün 2025

- **Acer buergerianum (Dreispietz-Ahorn; Japan, Ost-China)**
Der Dreispietz-Ahorn stammt aus den Bergwäldern Japans. Er ist hitzeverträglich, aber nur bedingt frosthart, neigt zu Frostrissen und ist salzempfindlich. Er gilt gemeinhin als stadtklimafest. In seiner Heimat ist er ein beliebter Park- und Straßenbaum, der durch seine gelbrote Herbstfärbung auffällt.
- **Acer monspessulanum (Französischer Ahorn; Südosteuropa)**
Der Französische Ahorn oder Burgen-Ahorn stammt aus dem Mittelmeerraum. Sein Anbau reicht bis zum Kaukasus und Nordpersien. Er gilt als besonders hitze- und trockenheitsverträglich sowie windfest. Ein kleiner bis mittelgroßer Baum mit ledrigen Blättern, die bei längeren Trockenperioden allerdings teilweise abgeworfen werden. Er bevorzugt kalkhaltige Substrate und zeigt sich in Versuchen bisher weitaus frosthärter als erwartet.



Ginkgo biloba

- **Alnus x spaethii (Purpur-Erle; Kreuzung aus zwei Arten)**
Kreuzung aus *A. japonica* x *A. subcordata*. In den Niederlanden ein weitverbreiteter Straßenbaum, in Deutschland dagegen bisher eher selten gepflanzt. Sie wächst auf ärmsten Böden, ist nicht windempfindlich und gut salzverträglich. Sie gilt als robust und wärmeverträglich, neigt bei starken Barfrösten zu Stammaufrissen im Kronenansatzbereich, die jedoch durch ihre enorme Wüchsigkeit gut überwältigt werden.
- **Carpinus betulus 'Lucas' (Säulen-Hainbuche Lucas; Mitteleuropa)**
Die Hainbuche ist eine der wenigen heimischen Baumarten, die auch bei Wärme und Trockenheit sehr gut wächst. Sollten Klimaschäden auftreten, gilt die Hainbuche als äußerst regenerationsfähig. Mit der Sorte 'Lucas' wird eine noch relativ unbekanntes Sorte geprüft, die im Alter deutlich schlanker bleibt, als 'Fastigiata' und in der Jugend nicht so frostempfindlich sein soll, wie 'Frans Fontaine', die gerne Frostrisse am Stamm ausbildet, die schlecht verwachsen.
- **Celtis australis (Südlicher Zürgelbaum; Nordafrika, Südosteuropa, Südwestasien)**
Er ist eine wichtige Straßenbaumart in Südeuropa, strahlungsfest, hitze- und trockenheitstolerant, sehr gesund. Er ist stadtklimafest, hat als Jungbaum allerdings häufiger Probleme mit der Winterhärte, insbesondere an jungen Zweigen. Er bildet eine ausladend unregelmäßige Krone ohne Leittrieb aus.
- **Fraxinus ornus 'Obelisk' (Säulen-Blumenesche; Südosteuropa, Südwestasien)**
Die Blumenesche gilt als äußerst strahlungs-, hitze- und trockenheitstolerant. Sie hat sich bisher als durchaus frosthart erwiesen und gleicht eventuelle Austriebsschäden nach Spätfrösten schnell aus. Sie wächst am Naturstandort auf sonnig-warmen Karsthängen. Für das Eschentriebsterben scheint sie nicht anfällig zu sein. Die schöne weiße Blüte im Mai wird gerne von Bienen besucht. Die Sorte 'Obelisk' stammt aus den Niederlanden und weist einen fast säulenförmigen Habitus auf.

- **Fraxinus pennsylvanica 'Summit' (Nordamerikanische Rotesche; Nordamerika)**
Die Nordamerikanische Rotesche hat mit ihren geringen Ansprüchen und hohem Regenerationsvermögen nahezu Pioniergehölzcharakter. Ihre weitgehende Resistenz gegen das Eschentriebsterben sowie ihre dekorative gelb- bis gelbviolette Herbstfärbung machen sie zu einer echten Alternative zur heimischen Esche. Sie hat eine regelmäßig aufgebaute Krone, anfangs oval, im Alter rundlich, einen durchgehenden Stamm und ist tief wurzelnd. 'Summit' ist die beste Sorte für den Einsatz in der Stadt, da sie sich bereits sehr gut in der Hitze Südfrankreichs bewährt hat.
- **Ginkgo biloba 'Fastigiata' (Säulen-Fächerblattbaum; China)**
Der Ginkgo ist eine langsam wüchsige Art, die durch das ledrige, fächerförmige Laub eine besondere Erscheinung ist. Gegenüber Krankheiten und Schädlingen ist er sehr robust. Er reift schlecht aus und an stark exponierten, kontinental geprägten Orten friert regelmäßig der letztjährige Zuwachs zurück. Da es bei Sorten große Unstimmigkeiten gibt, sollte auf eine männliche Selektion zurückgegriffen werden.
- **Gleditsia triacanthos 'Skyline' (Gleditschie; östliches Nordamerika)**
Die dornenlose Gleditschie oder der Lederhülsenbaum ist eine Selektion der Amfac Cole Baumschule in Ohio (USA) und als Stickstoffsammler ausgesprochen anspruchslos. Durch seine lichte Krone ist er sehr gut für Unterpflanzungen geeignet. Unter den dornelosen Sorten – ein „Muss“ im Stadtbereich – ist 'Skyline' zurzeit die Sorte mit der schönsten Kronenform. Sie setzt im Gegensatz zur reinen Art so gut wie keine Früchte an.
- **Liquidambar styraciflua (Amberbaum; südöstliches Nordamerika)**
Der Amberbaum erinnert in seinem Habitus an einen Ahorn. Auffällig ist seine Rinde mit den luftgefüllten Korkleisten. Seine rote Herbstfärbung ist in Gegenden mit langem Herbst milden Temperaturen spektakulär. Er zeigt in Versuchen bisher eine gute Frosthärte, ist jedoch windbruch- und schneelastgefährdet. Es wird eine Frühjahrspflanzung wegen Frostempfindlichkeit im Jugendstadium empfohlen.
- **Magnolia kobus (Baum-Magnolie; Japan)**
Die Kobushi-Magnolie ist ein kleiner Baum mit guter Kronenausbildung und einer sehr schönen Blüte. Daher eignet sie sich besonders für Wohnbereiche. Sie hat eine hohe Frosthärte, neigt dagegen bei starker Hitze zu Stammschäden, die aber durch den üblichen Stammschutz vermieden werden können.



Platanus orientalis

- **Ostrya carpinifolia (Hopfenbuche; Südosteuropa, Südwestasien)**
Die Hopfen-Buche ist eine nahe Verwandte der Hainbuche, mit der sie leicht zu verwechseln ist. In ihrer Heimat wächst sie auf trockenen und sonnigen Berghängen sowie in lichten Wäldern. Sie bevorzugt mäßig nährstoffreiche, sandig-lehmige, kalkhaltige Bodenmischungen, toleriert aber auch sehr trockene und nährstoffarme Böden. Die Winterhärte, die Gesundheit und ihre allgemeine anspruchslosigkeit lassen sie als besonders aussichtsreichen Zukunftsbauart erscheinen.
- **Parrotia persica (Eisenholzbaum; Südwestasien)**
Der Eisenholzbaum ist außerordentlich anpassungsfähig. Er stammt ursprünglich aus feuchtwarmen Laubwäldern, ist hitzeverträglich und frosttolerant, stadtklimafest, windfest, schattenverträglich und wächst auf nahezu allen Böden. Die breite Alterskrone könnte zu Problemen mit dem Lichtraumprofil führen. Besonders attraktiv ist er im Herbst, wenn sich die Blätter von gelb über orange bis violett verfärben. Die Rinde blättert ab, ähnlich wie bei der Platane.
- **Platanus orientalis (Morgenländische Platane; Südosteuropa, Westasien)**
Die Morgenländische Platane wächst zu einem imposanten Park- und Straßenbaum heran und bevorzugt sonnige bis absonnige Standorte. In der Jugend ist sie als etwas frostempfindlich bekannt. Sie gilt als sehr hitzeverträgliche Baumart und bevorzugt dazu tiefgründiges, ausreichend feuchtes, schwach saures bis alkalisches Substrat. In Sachen Klimawandelbaumart liegen bisher nur wenige Erfahrungen vor, wurde aber nachträglich in das bayerische Projekt Stadtgrün 2021 aufgenommen.

- **Quercus cerris (Zerr-Eiche; Südosteuropa, Westasien)**

Die Zerr-Eiche aus dem Balkan ist am Naturstandort häufig mit Fraxinus ornus und Ostrya carpinifolia vergesellschaftet. Sie bevorzugt nährstoffreiche, schwach saure bis alkalische, unverdichtete Böden. Sie gilt als frosthart, trocken- und hitzeresistent sowie stadtklimafest und sehr windfest. Leider ist auch sie vom Eichenprozessionsspinner bedroht.

- **Quercus frainetto (Ungarische Eiche; Südosteuropa, Westasien)**

Die Ungarische Eiche ist eine weitere, sehr schöne und wüchsige Art. Sie mag trockene bis frische, durchlässige, schwach saure bis stark alkalische Böden, ist kalkliebend, und wächst an sandig-lehmig bis lehmigen Standorten. Da es bei der Sorte 'Trump' aufgrund von Unverträglichkeitsproblemen mit der Unterlage immer wieder zu Ausfällen (Windbruch) kommt, sollte eher die reine Art gewählt werden, die nicht veredelt ist.

- **Sophora japonica 'Regent' (Perlschnurbaum; China, Korea)**

Der Perlschnur- oder Honigbaum zeichnet sich durch eine hohe Hitzebeständigkeit und Trockenstresstoleranz aus. Er ist an kontinental geprägten Standorten zumindest in der Jugend nur bedingt frosthart und neigt zu Stammrissen. Die Sorte 'Regent' hat im Vergleich zur reinen Art eine relativ schmale Krone. Die späte Blüte im Juli kommt den Bienen zugute.

- **Tilia tomentosa 'Brabant' (Silber-Linde; Südosteuropa, Westasien)**

Ihre hohe Trockenstresstoleranz macht sie zur optimalen Linde für den prognostizierten Klimawandel. Sie ist nicht anfällig für die typischen Lindkrankheiten. Dieser Klon verfügt über eine dichte, regelmäßig aufgebaute Krone mit einem durchgehenden Leittrieb. Als kontinentale Art gilt sie als frosthart, es gibt aber auch andere Beobachtungen.

- **Ulmus 'Rebona' (Resista-Ulme Rebona; Züchtung USA)**

Ulmen sind grundsätzlich sehr belastbare Bäume. Dank resistenter Sorten aus den USA ist das Ulmensterben kein Problem mehr. 'Rebona' zählt zu diesen resistenten Sorten. Ihre Vorzüge sind der schlanke Wuchs, die dichte Verzweigung sowie die lang andauernde, dunkelgrüne Belaubung. Ulmen sind besonders windfeste Baumarten und können daher auch in Küstengebieten gut gepflanzt werden.

- **Zelkova serrata 'Green Vase' (Zelkove; China, Japan, Korea)**

Die Zelkove ist in Japan ein wichtiger Straßenbaum. Bei starken Frösten neigt sie zu Stammrissen, die aber im Allgemeinen gut überwält werden. Sie ist gesund und verfügt über eine sehr schöne Orange-Herbstfärbung. Die Sorte 'Green Vase' hat eine etwas weniger ausladende Krone als die reine Art.

RainAhead⁴²

Ziele des Projektes RainAhead

Das Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung eines Planungs- und Warnwerkzeuges für eine vereinfachte Darstellung von Planungsalternativen im Bereich des Überflutungsschutzes sowie eine verbesserte Warnung vor Starkregenereignissen.

Urbane Sturzfluten treten als Folge von Starkregenereignissen auf, wenn die zu bewältigende Wassermenge die Kapazität der städtischen Entwässerungseinrichtungen übersteigt. Sturzfluten sind im Vergleich zu Flusshochwassern schwer vorherzusagen und ihr Auftreten ist nicht an Flusstäler und Flussauen gebunden. Im Zuge des Klimawandels und den damit zunehmenden Intensitäten der Niederschläge ist sehr wahrscheinlich mit einer Häufung dieser Ereignisse zu rechnen, so dass vermehrt auch Schäden auftreten können. Das Projekt RainAhead hatte die Aufgabe, die Verwaltung der Hansestadt Lübeck darin zu unterstützen, dem entgegenzutreten.

Im Rahmen dieser Aufgabe wurde angestrebt,

- den aktuellen Zustand im Entwässerungssystem zu analysieren und potentiell gefährdete Gebiete zu identifizieren,
- nachvollziehbare Handlungsvorschläge für neu geplante bzw. bestehende Gebiete bereitzustellen, um z. B. die Abflusssituation zu verbessern und den Schutz der Bevölkerung zu erhöhen,

- mögliche Veränderungen durch den Klimawandel in Bezug auf Starkregen und dessen Einfluss auf das Entwässerungssystem zu analysieren,
- die Informationen, die für einen guten Überflutungsschutz wichtig sind, innerhalb der Hansestadt Lübeck besser zu koordinieren und
- die Akzeptanz von Maßnahmen und Handlungen in den betroffenen Bevölkerungsgruppen zu untersuchen und zu verbessern.

Für zwei Pilotgebiete, den Hochschulstadtteil (moderner Bestand) und St. Lorenz-Süd (alter Bestand, Teilbereich in der Planung befindlich), wurden die Auswirkungen von Starkregen auf die Kanalisation sowie die oberirdisch abfließenden Regenwassermengen mit Hilfe eines gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Modells berechnet.

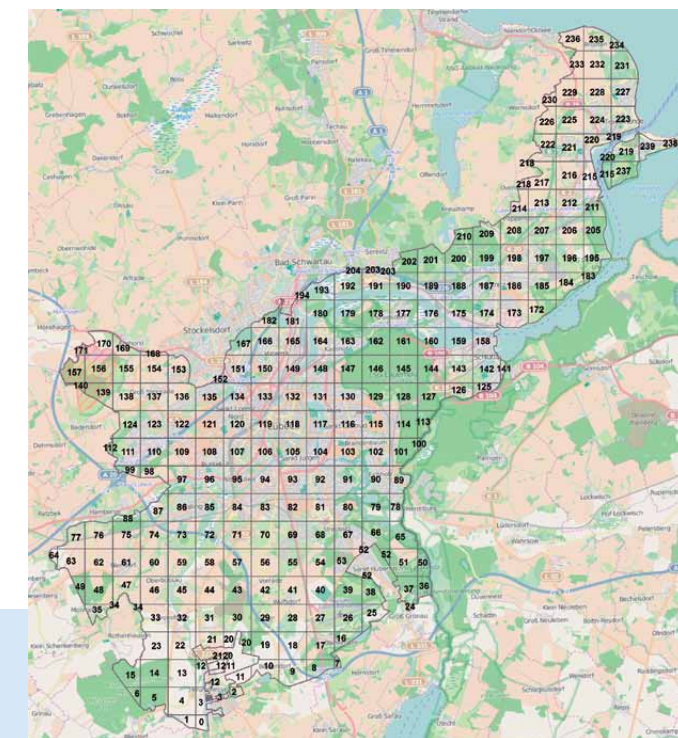
Arbeitspakete von RainAhead

Um die Aufgaben von RainAhead umzusetzen, wurden diese in sechs Arbeitspakete unterteilt:

- Literaturübersicht und Festlegung der zu verwendenden Klimaszenarien
- Vulnerabilitätsübersicht sowie Warn- und Katastrophenmanagement
- Detailuntersuchung: topografische Detailaufnahme und Modellierung der Pilotgebiete/Konkretisierung Gefahrenpotenzial
- Maßnahmenalternativen zur Gefahrenreduzierung
- GIS-gestützter (Geographische Informationssysteme) Werkzeugkasten für Planung und Warnung
- Öffentlichkeitsarbeit, Vernetzung und Übertragbarkeit



Quercus cerris



Aufteilung des Lübecker Stadtgebietes in 1 x 1 km-Niederschlagspixel

⁴² Vgl. <http://www.rainahead.de> und Schlussbericht „RainAhead Integriertes Planungs- und Warnungstool für Starkregen in urbanen Räumen“.

Klimabündnis Kieler Bucht⁴³

Auch an der Ostseeküste von Schleswig-Holstein geht der Klimawandel nicht spurlos vorüber. Dies bringt für Ostseestädte wie Kiel, Lübeck, Flensburg und Eckernförde, aber auch für die kleineren Ostseegemeinden schon jetzt spürbare Folgen mit sich. Stürme und Sturmfluten bergen Überflutungsrisiken für tiefliegende Küstenareale und erodieren an vielen Stellen die Sandstrände, welche das Hauptkapital für den Küstentourismus darstellen. Andererseits kann der Tourismussektor im Norden möglicherweise von wärmeren und länger andauernden Sommern an der Ostsee profitieren. Mit einer Zunahme der Gästezahlen und im günstigen Fall mit einer Saisonverlängerung könnte diese Region klimatische Vorteile gegenüber den im Sommer sehr heißen Destinationen im Mittelmeerraum haben.



Klimaanpassung als kommunale Querschnittsaufgabe „Gemeinsam dem Klimawandel begegnen“ ist das Motto des 2010 ins Leben gerufene Klimabündnisses Kieler Bucht (KBKB). Dabei handelt es sich um einen Interessenverband von derzeit 25 Ostsee-Gemeinden – von Kappeln bis Hohwacht, einschließlich der Landeshauptstadt Kiel – sowie wissenschaftlichen, touristischen und gesellschaftlichen Einrichtungen mit dem Ziel, gemeinsam Klimaanpassungsmaßnahmen zu planen und umzusetzen. Dabei gilt es einerseits, Klimarisiken zu mindern, andererseits, neu entstehende Chancen zu nutzen.

Schwerpunkte sind:

- Unterstützung der Landeshauptstadt bei der Umsetzung einer urbanen Anpassungsstrategie
- Umweltbildung zum Klimawandel
- Anpassungsprozesse im Küstenschutz und im Strandmanagement
- Förderung eines klimabewussten Tourismus in der Region

Einen besonderen Stellenwert innerhalb des Bündnisses haben der Dialog und die intensive Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Gesellschaft, Wirtschaft und Politik, von der gerade auch für kleinere Gemeinden in der Region positive Impulse zu erwarten sind. Mittelfristig soll sich das KBKB zu einer Modellregion für erfolgreiche Klimaanpassung in Deutschland entwickeln.

Das Zusammenwirken der KBKB-Partner in der Praxis veranschaulichen die folgenden Beispiele:

Umsetzung einer urbanen Anpassungsstrategie für Kiel

Das KBKB unterstützt mit fachlicher Expertise, Workshops, studentischen Abschlussarbeiten sowie Praktika die Landeshauptstadt Kiel bei der Entwicklung einer Anpassungsstrategie. Als besonders relevant für die Stadt im Norden wurde der Umgang mit Starkregenereignissen identifiziert. Abschlussarbeiten befassen sich mit potenziellen Retentionsflächen in Kieler Stadtgebieten. Sogenannte „Wasserparkplätze“ könnten Schäden verhindern, indem Wasser bei Bedarf mehr Raum gegeben wird. Die vom KBKB erstellte Broschüre „Schietwetter – Na und?“ weist die Kieler Bürger auf Möglichkeiten privater Risikovorsorge hin, wie beispielsweise die Sicherung einer Immobilie vor einem angekündigten Sturm.

Umweltbildung zum Klimawandel

Informationsangebote wie die erwähnte Schietwetter-Broschüre werden auch genutzt, um gemeinsam mit Gemeinden und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft (z. B. der Versicherungsbranche) bei Veranstaltungen auf

Klimarisiken hinzuweisen. Auf der Kieler Woche präsentiert das KBKB ein sechs Quadratmeter großes Modell der Ostseeküste im Klimawandel. Das im Auftrag des Klimabündnisses vom Miniatur Wunderland in Hamburg gefertigte Modell macht spielerisch auf Klimafolgen wie Küstenerosion aufmerksam und zeigt Möglichkeiten der Anpassung im Küstenschutz, Tourismus- und Energiesektor. Dieses Modell ist im Rahmen einer ständigen Ausstellung im Klimapavillon im Ostseebad Schönberg zu besichtigen.

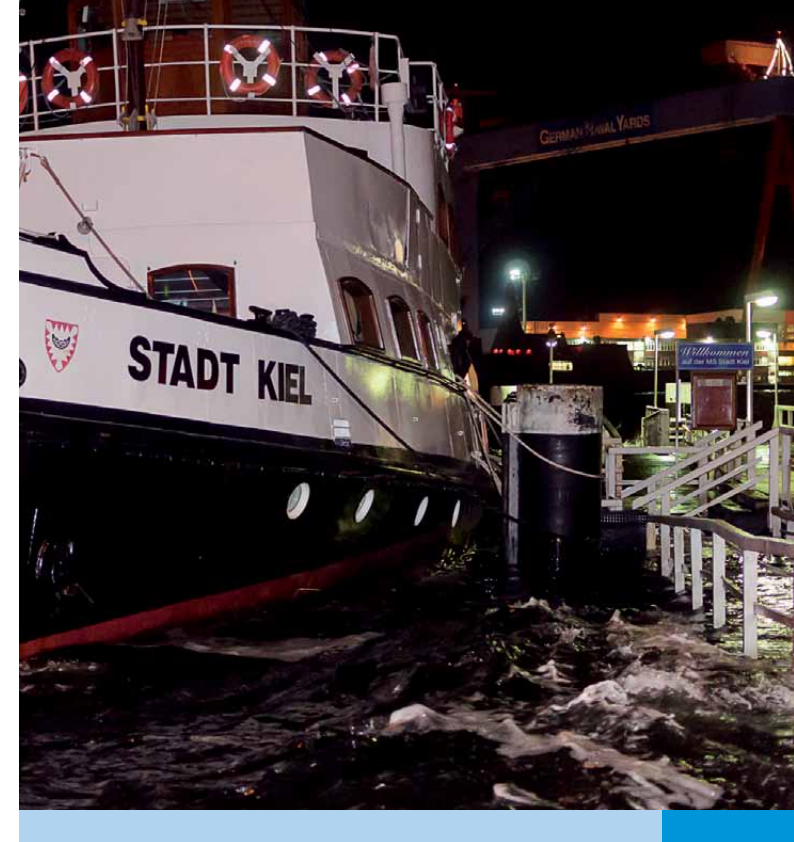
2014 und 2015 veranstaltete das KBKB gemeinsam mit den Partnergemeinden Laboe und Eckernförde die „KLIMALE küste klima kunst“, ein informatives und zugleich unterhaltsames Strandfestival rund um den Klimawandel. Auch der aktuell entstehende Klima- und Küstenerlebnispfad, der alle Gemeinden von Laboe bis Schönberg verbindet und sogar den Sprung ans Westufer nach Strande schafft, widmet sich den Auswirkungen des Klimawandels.

Küstenschutz und Strandmanagement

Im Licht des Klimawandels sind für die meisten Ostseeküstengemeinden besonders die Fragen rund um Küstenschutz und Strandmanagement von Bedeutung: (Wo) gibt es überflutungsgefährdete Areale? Wie kann der Erosion der touristisch so wichtigen Sandstrände Einhalt geboten werden? Wie sollte bei der Entfernung von Treibsel von den Kurstränden verfahren werden? Und welche Möglichkeiten der Nutzung dieser biologischen Ressource gibt es?

Diese Fragen wurden seit 2010 mit den Partnern im KBKB auf mehreren Symposien und Workshops intensiv diskutiert. Dabei gibt es auf Seiten der Kommunen eine breite Übereinstimmung, dass bestehende rechtliche Regelungen und bürokratische Hürden die Umsetzung praktischer Lösungen erschweren. Dieser Konsens wurde u. a. in der sogenannten „Kieler Erklärung“ vom November 2011 sowie in einem Offenen Brief an den schleswig-holsteinischen Landtag im Oktober 2015 artikuliert. Letzterer regt an, den Küstenschutz in eine reformierte Landesverfassung aufzunehmen.

Entsorgung bzw. Verwertung von Treibsel und Seegras ist ein weiteres andauerndes Problem entlang der Küste, welches das Klimabündnis zu lösen anstrebt. In einem intensiven Informations- und Meinungsaustausch – wie etwa dem „Fachsymposium Seegras und Treibsel“ im Dezember 2015 – konnten von Praktikern zahlreiche Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten für Treibsel aufgezeigt werden: vom Küstenschutz (z. B. Anlage von Treibseldünen) über die Verwertung als Dünger, Dämmstoff oder Energieträger bis hin zur Ressource für innovative Produkte (Flaschen,



Kosmetikartikel, etc.) reichen die Anwendungsmöglichkeiten. Die Klassifizierung als Abfall wird von den meisten Experten als hinderlich betrachtet.

Klimabewusster Tourismus als Chance

Als einer von wenigen Wirtschaftsbereichen könnte der Tourismussektor in Schleswig-Holstein eventuell vom Klimawandel profitieren. Workshops wie „Aufsatteln zur fahrradfreundlichen Reiseregion“ bringen Vertreter vieler Gemeinden, Tourismusorganisationen und Unternehmen an einen Tisch, um den Bedarf und die Möglichkeiten für einen klimabewussten Tourismus zu erörtern. Ein hilfreiches Instrument hierfür sind die vom KBKB bereitgestellten Gästebefragungen zu relevanten Themen. Natürlich tragen auch die oben genannten Umweltbildungsprojekte zu einem klimabewussten touristischen Angebot bei.

Wissensaustausch und Kooperationen

Ähnlich bedeutend wie die Vernetzung der regionalen Akteure ist der nationale und internationale Austausch. Nach dem Vorbild des KBKB wurde in Mecklenburg-Vorpommern ein eigenes Anpassungsnetzwerk gegründet. Hier fördert das KBKB den Wissenstransfer zwischen den Bundesländern mit teilweise ähnlicher Betroffenheit.

Immer häufiger findet auch der internationale Austausch durch Besucher an der Kieler Bucht oder im Ausland statt: Einer Einladung nach Norddeutschland folgend – ausgesprochen durch die Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – bekundeten Delegationen aus China und Vietnam Interesse an einer interkommunalen Zusammenarbeit im Klimabündnis. Diese scheint so vorbildlich zu sein, dass

⁴³ Autorin und Autor: Sandra Enderwitz und Prof. Horst Sterr (pens.), Abteilung Küstengeographie und Klimafolgenforschung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Vgl. auch <http://www.klimabuendnis-kieler-bucht.de/>

im Juni 2015 das Auswärtige Amt hochrangige Politiker und Verwaltungsmitarbeiter aus den G20-Staaten einlud, die Arbeit der Allianz kennenzulernen. Der zu diesem Anlass von der Deutschen Presseagentur produzierte Dokumentarfilm macht auf den Internetseiten der deutschen Generalkonsulate im Ausland u. a. Werbung für Schleswig-Holstein.⁴⁴ Im August 2013 lud das „Aspen Global Change Institute“ das KBKB zu einer Konferenz nach Colorado (USA) ein, um dort über Herausforderungen und Lösungsansätze der Klimaanpassung in Deutschland zu berichten.

Bei allen Aktivitäten versteht sich das Bündnis als Impulsgeber, der die Partner ihrerseits zu eigenen Aktivitäten anregt, als Vernetzer, der die relevanten Akteure zum Erfahrungsaustausch zusammenbringt, aber auch als Lobbyist für die Klimaanpassung als solche. Wo es angemessen ist und einen Konsens gibt, werden die Anliegen der Gemeinden auch schon mal gemeinschaftlich an die Landespolitik herangetragen. So hat die Klimaanpassung als gesellschaftliche Aufgabe bereits Eingang in den neuen Landesentwicklungsplan der Staatskanzlei gefunden.

Förderung

Die Netzwerkarbeit wird derzeit als ein „Kommunales Leuchtturmprojekt Klimaanpassung“ durch das BMUB gefördert. Informationen zu den Förderbedingungen sind auf der Website des Projektträgers Jülich verfügbar.⁴⁵ Darüber hinaus besteht, nach Einreichung eines Teilkonzeptes „Anpassung an den Klimawandel“, die Möglichkeit der Finanzierung eines Klimaanpassungsmanagers.⁴⁶

„Klimaanpassung leicht gemacht!“ für Kommunen⁴⁷

Mit dem Projekt „Klimaanpassung leicht gemacht!“, das bis Ende 2017 läuft, möchte die Metropolregion Hamburg in Zusammenarbeit mit TuTech Innovation von den Ergebnissen von KLIMZUG-NORD berichten und weitere konkrete kommunale Projekte anregen. Dafür sollen Akteurinnen und Akteure aus der Verwaltung, der Wirtschaft, der Politik und der Zivilgesellschaft informiert, sensibilisiert, motiviert und beraten werden.

Zahlreiche Kommunen sind schon seit Jahren im Klimaschutz aktiv und können sehr gute Erfolge bei der Verminderung des Ausstoßes von Treibhausgasen vorweisen. Ergänzend zu dieser Strategie (Mitigation) wird angesichts der vielschichtigen Auswirkungen von Klimaänderungen die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Adaption) immer stärker sichtbar. Diese Aufgabe gewinnt aufgrund zunehmender Betroffenheit auch in der Metropolregion Hamburg an Bedeutung. Häufiger auftretende Hochwasser- und Starkregenereignisse, Hitzeperioden und Stürme sind neben sich verändernden Natur- und Lebensräumen die am deutlichsten spürbaren Auswirkungen der Klimaveränderungen.

Das BMUB fördert Projekte, die die Fähigkeit regionaler oder lokaler Akteure zur Anpassung an Folgen des Klimawandels stärken. Kooperation, Beteiligung, Bewusstseinsbildung und praktische Umsetzung sind die wichtigsten Kriterien im Rahmen dieser Förderung.

KLIMZUG-NORD, das Verbundforschungsvorhaben und frühere Leitprojekt der Metropolregion Hamburg, hat auf Basis der Ergebnisse Lösungsansätze zu notwendigen Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Das entstandene „Kursbuch Klimaanpassung“ gibt vielfältige Empfehlungen für die praktische Umsetzung.

Die Beratungsleistung von TuTech Innovation wird auf die Wünsche der Interessenten abgestimmt und ist als Orientierungsberatung – innerhalb des Projekts der Metropolregion Hamburg „Klimaanpassung leicht gemacht!“ – zu verstehen. Sie kann und soll nicht die offizielle Antragsberatung des Projektträgers Jülich im Zusammenhang mit der BMUB-Initiative „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ ersetzen.

Anhang

Glossar

Agrarphänologie

Beobachtungen zu den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen landwirtschaftlicher Nutzpflanzen.

Anmoorböden

Feuchtnasse Mineralböden, die durch Wasserüberschuss und Sauerstoffarmut einen hohen Anteil an organischer Masse (15–30 Masse-%) aufweisen.

Bezugszeitraum/Bezugsperiode

Angaben über eine Änderung der zukünftigen mittleren klimatischen Verhältnisse werden immer in Relation zu einer Bezugsperiode getätigt. In dem hier vorliegenden Bericht werden Aussagen zu möglichen zukünftigen Änderungen auf den Zeitraum der Jahre 1971 bis 2000 bezogen. Die Aussagen beschreiben immer die mittleren Verhältnisse über eine Zeitspanne von 30 Jahren.

Biodiversität

Biologische Vielfalt bzw. die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören.

Biosphäre

der von Lebewesen bewohnte Raum der Erde

Cross Compliance

Die Bindung bestimmter EU-Agrarzahlungen an Verpflichtungen aus den Bereichen Umweltschutz, Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie Tierschutz.

Durchforstung

Pflegemaßnahme, bei der aus einem Baumbestand eine größere Anzahl, meist abgestorbene, schwache und fehlgewachsene Bäume, gezielt entnommen wird.

Ensemble-Technik

Projektionen, die verschiedene verfügbare Modellierungsmethoden kombinieren. Beispiel: Für Klimamodellierungen werden die vier Klimamodelle REMO, WETTREG, STAR und CLM parallel verwendet.

Flexibilität

Anpassungsmaßnahmen, die Flexibilitäten und Nachjustierungen erlauben. Beispiel: Die Verbreiterung der Deichkrone mit Baureserve erlaubt es, Deiche ggf. später kostengünstig weiter zu erhöhen.

⁴⁴ Vgl. <http://www.klimabuendnis-kieler-bucht.de/dpa-film-ueber-den-besuch-einer-delegation-des-auswaertigen-amtes-beim-klimabuendnis-kieler-bucht/>

⁴⁵ Vgl. <http://www.ptj.de/folgen-klimawandel> ⁴⁶ Vgl. www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/klimaschutzmanagement

⁴⁷ Vgl. Metropolregion Hamburg: <http://metropolregion.hamburg.de/klimaanpassung/> und KLIMZUG NORD: <http://www.klimzug-nord.de/>

Geostrophischer Wind

Wind, der sich außerhalb des Einflusses der Reibung der Erdoberfläche in einem Luftdruckfeld mit parallel verlaufenden Isobaren einstellt (Höhenwind).

Hydrosphäre

der mit Wasser bedeckte Teil der Erde

Impact-Indikatoren

Merkmale, die Hinweise auf die Veränderungen der Umwelt durch den Klimawandel geben.

Kenntag

Tag, an dem ein definierter Schwellenwert eines klimatischen Parameters erreicht beziehungsweise über- oder unterschritten wird (z. B. Sommertag als Tag mit Temperaturmaximum ≥ 25 °C) oder ein Tag, an dem ein definiertes meteorologisches Phänomen auftrat (z. B. Gewittertag als Tag, an dem ein Gewitter auftrat).

Klimamodellierung

Möglichst realitätsnahe Projektion des gesamten Klimasystems, die sehr große Rechnerleistungen voraussetzt, um damit Aussagen über die Entwicklung des Klimas in einem bestimmten Zeitraum treffen zu können. Für die Analyse von Ergebnissen der Klimamodellierung ist es notwendig, in den Texten zum Klimawandel eine einheitliche, klar definierte Sprache zu nutzen. Sie soll helfen:

- Das Vertrauen in die Stichhaltigkeit der Erkenntnisse zu stärken. Das Vertrauen wird an Hand seiner Art, Menge, Qualität, Konsistenz der Belege und des Grades der Übereinstimmung (qualitativ) beschrieben;
- ein auf der Basis quantitativer Analysen berechnetes Maß der Unschärfe der Erkenntnisse, ausgedrückt über Wahrscheinlichkeitsaussagen, bereitzustellen.

In Vorbereitung auf den 5. Sachstandsbericht des IPCC wurde eine Leitlinie entwickelt. Der Vertrauensgrad wird darin durch die fünf Begriffe sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch beschrieben, z. B. mittleres Vertrauen. Für die Angabe der Übereinstimmung können unterschiedliche Vertrauensgrade angegeben werden. Ein steigender Umfang an Belegen mit hoher Übereinstimmung ist mit einem zunehmenden Vertrauensgrad verbunden. Der Vertrauensgrad wird einer Anzahl an Belegen zugeordnet. Alternativ bzw. ergänzend dazu ist es auch möglich, eine Angabe der berechneten Wahrscheinlichkeit eines Befundes oder Resultats durch festgelegte Begriffe zu beschreiben.

Begriff	Wahrscheinlichkeit
praktisch sicher	≥ 99 % Wahrscheinlichkeit
sehr wahrscheinlich	≥ 90 % Wahrscheinlichkeit
wahrscheinlich	≥ 66 % Wahrscheinlichkeit
ebenso wahrscheinlich wie nicht	33-66 % Wahrscheinlichkeit
unwahrscheinlich	≤ 33 % Wahrscheinlichkeit
sehr unwahrscheinlich	≤ 10 % Wahrscheinlichkeit

Begriff	Vertrauensgrad
sehr hohes Vertrauen	in mindestens 9 von 10 Fällen korrekt
hohes Vertrauen	in etwa 8 von 10 Fällen korrekt
mittleres Vertrauen	in etwa 5 von 10 Fällen korrekt
geringes Vertrauen	in etwa 2 von 10 Fällen korrekt
sehr geringes Vertrauen	in weniger als 1 von 10 Fällen korrekt

Klimaprojektion

Beschreibung eines möglichen und plausiblen künftigen Zustandes des Klimasystems nebst der zeitlichen Entwicklungslinie, die dorthin führt. Klimaprojektionen werden üblicherweise mit einem Klimamodell auf der Basis eines Szenarios erstellt.

Klimaresilienz

Leistungsfähigkeit eines Systems, Störungen infolge des Klimawandels zu absorbieren.

Kryosphäre

Teil des Klimasystems, in dem Wasser im gefrorenen Zustand als Eis oder Schnee vorkommt.

Mitigation

Aktive Verringerung der Treibhausgasemissionen, um die Auswirkungen auf den Klimawandel zu steuern.

Naturverjüngung

Natürlicher Aufwuchs eines forstlichen Bestandes durch die natürliche Aussaat umstehender Altbäume.

Niederdurchforstung

Forstliche Pflegemaßnahme, bei der die vorwiegend schwachen Bäume aus einem Bestand entnommen werden.

No-regret-Strategien

Anpassungsstrategien, die auch dann Vorteile bieten, wenn sich die pessimistisch projizierten Szenarien nicht bewahrheiten. Beispiel: Intakte Ökosysteme sind häufig nicht nur besser zu Anpassungen in der Lage, sondern sie entsprechen auch naturschutzfachlichen Zielsetzungen.

Perzentil

Perzentile oder auch Quantile sind Prozentangaben. Sie gliedern die Anzahl der untersuchten Modellergebnisse in Maßklassen, womit sich ein bestimmter Prozentanteil dieser Ergebnisse umschließen lässt. Der Bereich zwischen dem 15. und 85. Perzentil umschließt beispielsweise 70 % der Modellergebnisse. Der Wert, den ein Perzentil annimmt, z. B. 85. Perzentil = 9,4 °C, bedeutet, dass 85 % der Ergebnisse unterhalb dieses Wertes liegen und nur 15 % darüber.

Planungshorizonte

In diesem Bericht wird zwischen einem kurzfristigen und langfristigen Planungshorizont unterschieden. Der kurzfristige Planungshorizont beschreibt das Zeitfenster der Jahre 2021 bis 2050, der langfristige das Zeitfenster der Jahre 2071 bis 2100. Auf diese Zeiträume bezogene Aussagen erfolgen immer in Relation zur Bezugsperiode 1971 bis 2000.

Referenzzeitraum/Referenzperiode

Angaben über eine Änderung der beobachteten mittleren klimatischen Verhältnisse werden immer in Relation zu einem Referenzzeitraum getätigt. In diesem Klimareport werden Aussagen über die Vergangenheit auf den Zeitraum der Jahre 1961 bis 1990 bezogen. Dieser Zeitraum entspricht der WMO - Referenzperiode für die langfristige Klimaüberwachung. Die Aussagen beschreiben immer die mittleren Verhältnisse über eine Zeitspanne von 30 Jahren.

Response-Indikatoren

Merkmale, die Hinweise darauf geben, wie die Maßnahmen zur Anpassung auf die Veränderungen durch den Klimawandel wirken.

Retentionsflächen

Flächen, die Wasser zurückhalten können und damit einen zu starken Wasserabfluss ausgleichen können.

Spannbreite

Für die Analyse der zukünftigen klimatischen Entwicklungen wird eine Gruppe von Klimaprojektionen (Ensemble) genutzt. Mit der Spannbreite wird der Bereich zwischen dem Modellergebnis mit der geringsten und größten Änderung beschrieben.

State-Indikatoren

Parameter aus dem Bereich Klima und Atmosphäre, die den Zustand des momentanen Klimas beschreiben.

Strategie Wattenmeer 2100

Strategie zur langfristigen Erhaltung des charakteristischen Wattenmeeres vor dem Hintergrund des Klimawandels. <https://www.nationalpark-wattenmeer.de/sites/default/files/media/pdf/strategie-wattenmeer-2100-web.pdf>

Szenarien

Ein Szenario ist eine Beschreibung einer möglichen Zukunft auf Grund von Annahmen. Eine Möglichkeit ist der Aufbau einer in sich schlüssigen Kette von Annahmen bezüglich der politischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen in der Zukunft und daraus abgeleiteten Veränderungen der Treibhausgasemissionen.

Szenario-Technik

Bei Projektionen von Entwicklungen in die Zukunft sollten nicht nur ein Pfad, sondern verschiedene unterschiedliche Optionen betrachtet werden, um ein Gefühl für die Bandbreite der Zukunftsentwicklung zu erhalten. Beispiel: IPCC arbeitet mit verschiedenen Szenarien unter variablen Annahmen.

Treibsel

Pflanzenteile, die vom Wasser abgerissen und vor den Deichen und an den Stränden angeschwemmt werden.

Vektoren

Krankheitsüberträger wie z. B. stechende und blutsaugende Insekten

Vulnerabilität

Verletzlichkeit der Umwelt durch die Folgen des Klimawandels

Wasserrahmenrichtlinie

EU-Richtlinie zum Schutz und für eine gute Qualität der Gewässer

Worst-Case-Szenario

Klima-Szenarien, die z. B. auf Annahmen eines weiterhin hohen CO₂-Ausstosses und einem anhaltend hohen Bevölkerungswachstum (hoher Energieverbrauch pro Kopf, Energiemix weiterhin mit fossilen Brennstoffen) basieren.

Abkürzungen

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde	POSIMA	Pilotregion Ostseeküste Schleswig-Holstein
BfN	Bundesamt für Naturschutz	REMO	Regional Modell: Ein vom Max-Planck-Institut entwickeltes numerisches, regionales Klimamodell
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	RCP	Representative Concentration Pathways (repräsentative Konzentrationspfade/Szenarien für den 5. Sachstandsbericht des IPCC)
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft	SRES	Special Report on Emissions Scenarios (Emissions-Szenarien)
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	STAR	Statistical Analogue Resampling Scheme: statistisches, regionales Klimamodell vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
BZE	Bodenzustandserhebung	TuTech	Innovation GmbH zur Unterstützung der Technischen Universität Hamburg-Harburg
CLIWAT	Climate & Water (internationales Projekt der Nordseeanrainer)	UBA	Umweltbundesamt
CLM	Climate Limited-area Model: Ein Computerprogramm, das für die regionale Klimamodellierung verwendet wird.	UN-FCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
CPSL	Trilaterale Arbeitsgruppe der Wattenmeeranrainer	WETTREG	Wetterlagen-basierte Regionalisierungsmethode
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie	WMO	Weltorganisation für Meteorologie
DWD	Deutscher Wetterdienst	WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
EEA	Europäische Umweltagentur	WWF	World Wide Fund For Nature
EIP	Europäische Innovations Partnerschaft	ZeBIS	Zentraler Betrieb der Informationssysteme
EZG	Einzugsgebiet		
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“		
GIS	Geographische Informationssysteme		
GVOBl.	Gesetz- und Verordnungsblatt Schleswig-Holstein		
HWRL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie		
HZG	Institut für Küstenforschung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht		
INTERREG	Gemeinschaftsinitiative des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit in der EU		
IOW	Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde		
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (UN-Klimarat)		
KBKB	Klimabündnis Kieler Bucht		
KLIMZUG	Klimawandel in Regionen, Forschungsprojekte des BMBF		
LKSH	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein		
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein		
MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein		
MELUR	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Bezeichnung des MELUND bis zum 28. Juni 2017)		
MSGJFS	Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren des Landes Schleswig-Holstein		

Bildverzeichnis und -nachweise

Titelfoto

Dagebüll, grafikfoto.de, Michael Staudt

Klimaänderungen in Schleswig-Holstein

S. 4 Sonnenuntergang, Dänischer Wohld, Stefan Polte
S. 5 Schäfchenwolken, Stefan Polte
S. 6 Welle in der Ostsee, Stefan Polte
S. 8 Kohleverstromung, 1238720-pixabay

Prozess und Handlungsfelder zur Anpassung in Schleswig-Holstein

S. 16 Wetterstation, Hans-pixabay
S. 20 Hochwasser, Eckernförde, Stefan Polte
S. 21 Quellwasser, Curau, Stefan Polte
S. 22 Rippenqualle, Uli Kunz
S. 24 Eidersperrwerk, Stefan Polte
S. 26 Elbdeich, Geesthacht, Stefan Polte
S. 27 Auwald, Geesthacht, Stefan Polte
S. 28 Ernte, Dänischer Wohld, Stefan Polte
S. 29 Schweinestall, Dänischer Wohld, Stefan Polte
S. 30 Kiebitz, wallner-pixabay
S. 31 Zitronenfalter, Daldorf, Stefan Polte
S. 32 Knick, Dänischer Wohld, Stefan Polte
S. 34 Buche, Dänischer Wohld, Stefan Polte
S. 35 Harvester, Segeberger Forst, Stefan Polte
S. 37 Raupe Eichenprozessionsspinner, Christian Fischer-wikipedia
S. 37 Ambrosia, Dendrofil-wikipedia
S. 38 Riesenbärenklau, mbdortmund-wikipedia
S. 39 Asiatische Tigermücke, Wikimages-pixabay
S. 40 Nord-Ostsee-Kanal, Holtenau, Stefan Polte
S. 41 Öllager, Holtenau, Stefan Polte
S. 42 Strommast, Stefan Polte
S. 43 Generalplan Küstenschutz

Zukünftige Arbeitsschritte auf dem Weg zu Landes-Anpassungsstrategien

S. 44 Fußabdrücke, AHTmedia-pixabay

Klimaanpassung auf Ebene der Europäischen Union, des Bundes und der Bundesländer

S. 47 Flugzeug mit Kondensstreifen, Stefan Polte
S. 48 Klimakonferenz Lübeck, Stefan Polte

Kommunale Anpassungsstrategien und -projekte

S. 49 Solardach, Eckernförde, Stefan Polte
S. 50 Treibseldüne Eckernförde, Claus Müller
S. 51 Stadtbäume, Lübeck, Stefan Polte
S. 52 Ginkgo, PPPSDavid-pixabay
S. 53 Platanus orientalis, Lübeck, Andreas Wrede
S. 54 Quercus cerris, Kiel, Andreas Wrede
S. 55 Grafik RainAhead-Abschlussbericht 2017
S. 56 Feuerwehreinsatz, Provinzial Nord Brandkasse
S. 57 Historischer Hafen, Kiel, Jacobus Hofstede

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur
und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND)
Mercatorstraße 3, 24106 Kiel

Ansprechpartner

Pressestelle MELUND
Tel. 0431 988-7201
pressestelle@melund.landsh.de

Texte

Die Autorinnen und Autoren der Texte befinden sich in den
Fußnoten der jeweiligen Kapitel. Sofern keine Angabe vorhanden
ist, wurden die Inhalte von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des
MELUND verfasst.

Redaktion

Dr. Michael von Abercron, MELUND
Hannah Heinevetter, Techau (Lübeck)

Gestaltung

Stefan Polte foto- und grafikdesign, Noer

Druck

Schmidt & Klaunig, Kiel

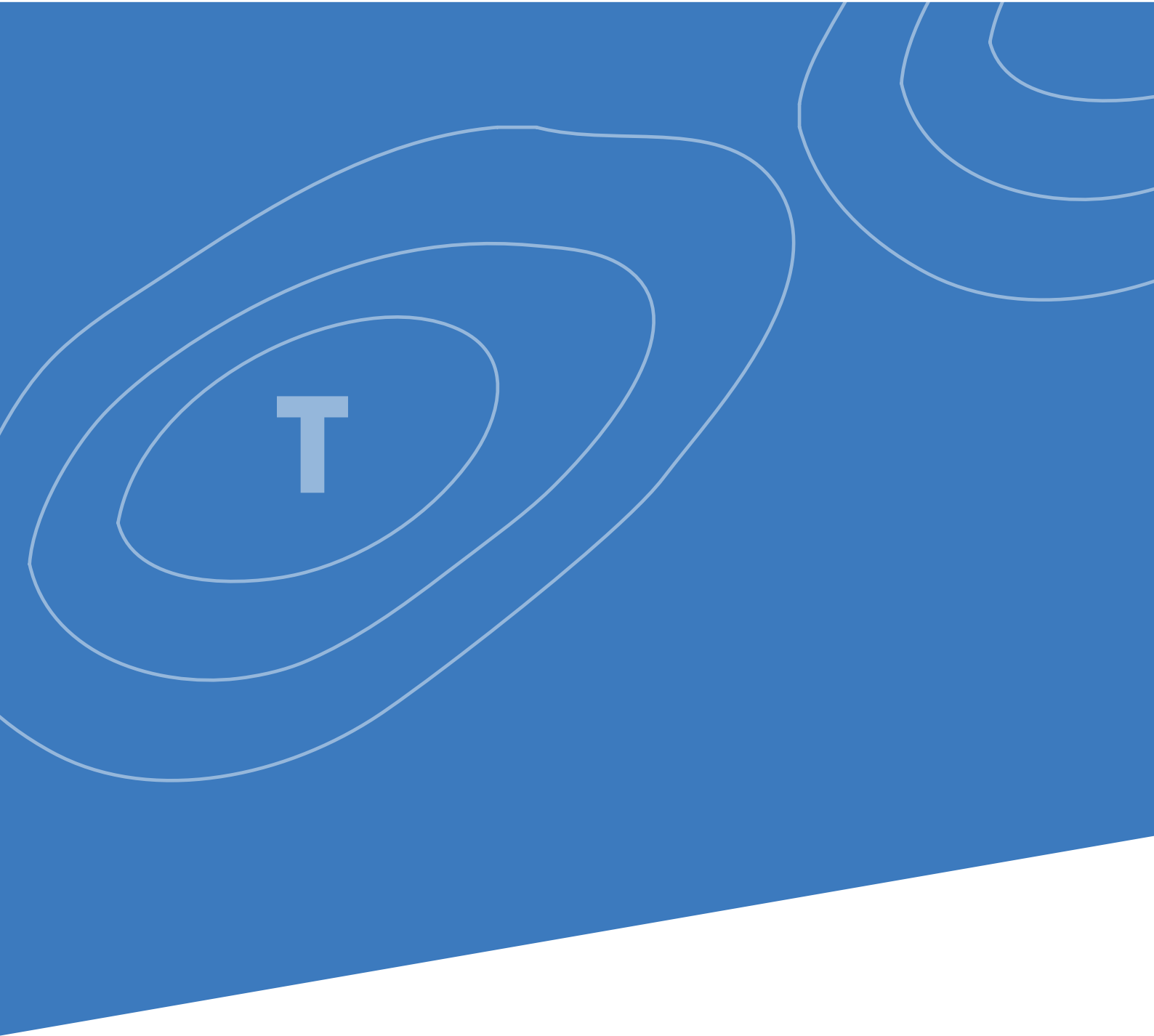
Auflage

2. Auflage, Juli 2017

Die Landesregierung im Internet

www.landesregierung.schleswig-holstein.de

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit
der schleswig-holsteinischen Landesregierung herausgegeben.
Sie darf weder von Parteien noch von Personen, die Wahlwerbung
oder Wahlhilfe betreiben, im Wahlkampf zum Zwecke der
Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug
zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer
Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung
zu Gunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte. Den
Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung
ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



T