

Positionspapier der Arbeitsgruppe Elbeästuar, Naturschutz & Klimawandel

in der Querschnittsaufgabe Naturschutz

Juni 2013



Koordination: Dipl.-Geogr. Wiebke Schoenberg & Prof. Dr. Kai Jensen, Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek

Kontakt: wiebke.schoenberg@uni-hamburg.de

AG Elbeästuar & Klimawandel: Christian Butzeck, Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek, Dennis Eick, Universität Hamburg, Biozentrum Grindel, Heike Markus-Michalczyk, Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek, Bernd-Ulrich Netz, Integrierte Station Unterelbe im Elbmarschenhaus, Haseldorf, Malte Siegert, NABU Hamburg (stellvertretend für Christian Gerbich, Andreas Lampe, Katharina Menge, alle NABU Hamburg), Elena Rottgardt, Leuphana Universität Lüneburg, PD Dr. Ralf Thiel, Universität Hamburg, Biozentrum Grindel. Zusätzliche Mitwirkung von Gesine Engels, Hans Ewers, NABU Schleswig-Holstein, Annick Garniel, KIfL, Uwe Helbing, NABU Schleswig-Holstein, Dr. Elisabeth Klocke, BSU Hamburg, Apl. Prof. Dr. Karsten Runge, Leuphana Universität Lüneburg, Michaela Warnke, ARSU Oldenburg und Elith Wittrock, ARSU Oldenburg.

Wer sind wir?

Die Arbeitsgruppe (AG) Elbeästuar & Klimawandel wurde im Rahmen des Projektes KLIMZUG-NORD auf Initiative der Querschnittsaufgabe Naturschutz gegründet. In der AG engagieren sich VertreterInnen des administrativen und des ehrenamtlichen Naturschutzes sowie WissenschaftlerInnen der Universität Hamburg. Ziel der AG ist es, Empfehlungen für die Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel mit Fokus auf die spezielle Situation an der Tide-Elbe zu entwickeln. Die nachfolgenden Empfehlungen beziehen sich auf einen Zeithorizont bis 2050 und darüber hinaus, da besonders für die zweite Hälfte dieses Jahrtausends deutliche klimatische Veränderungen zu erwarten sind.

Was ändert sich?

Der Klimawandel und insbesondere die damit einhergehenden Veränderungen von Temperatur und Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf werden sowohl die räumliche Verteilung der Ökosysteme als auch die ökosystemaren Prozesse und die Artenzusammensetzung grundlegend beeinflussen. Für die Metropolregion Hamburg (MRH) sind nach aktuellen Ergebnissen der Klimamodellierungen bei Betrachtung des Emissionsszenarios A1B im Vergleich zu der Referenzperiode 1971-2000 die in Tabelle 1 dargestellten Änderungen der klimatischen Gegebenheiten wahrscheinlich (Rechid et al. im Druck). Dabei werden ausschließlich Bandbreiten der möglichen Änderungen angegeben. Die Eintrittswahrscheinlichkeit der Werte innerhalb der Bandbreiten ist gleich. Mittelwerte der möglichen Änderungen werden nicht angegeben, da die Anzahl der Klimasimulationen gering ist und zu teils sehr heterogenen Ergebnissen führt.

Tab. 1: Für die MRH zu erwartende klimatische Änderungen gegenüber 1971-2000 für das Emissionsszenario A1B nach Rechid et al. (im Druck).

Faktor	2050*	2100*
	Bandbreite	Bandbreite
Temperatur [°C]**		
Jahresmittel	+1,4 bis +2,0	+2,3 bis +3,1
Sommer	+1,3 bis +1,5	+2,2 bis +2,9
Winter	+1,5 bis +2,9	+2,8 bis +3,9
Niederschlag [%]		
Jahresmittel	+3,5 bis +8,8	+3,6 bis +8,2
Sommer	-9,7 bis -1,5	-21,7 bis -10,3
Winter	+7,4 bis +15,6	+14,7 bis +27,7

*Die Ergebnisse der Klimasimulationen beziehen sich jeweils auf einen 30 Jahre umfassenden Zeitraum, also 2036-2065 bzw. 2071-2100. **Ergebnisse der Klimasimulationen werden in wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Kelvin (K) angegeben.

Von wesentlicher Bedeutung für die künftige Ausprägung der Ökosysteme ist die historisch betrachtet große Geschwindigkeit, mit der die klimatischen Veränderungen nach den Ergebnissen der aktuellen Klimamodellierungen mindestens ab 2050 verlaufen werden.

Was bedeutet das?

Eine Änderung der klimatischen Rahmenbedingungen würde sich in vielfältiger Weise auf das Elbeästuar auswirken:

Hydrologie:

Veränderungen der Hydrodynamik im Elbeästuar beeinflussen sowohl die Ausprägung aquatischer als auch (semi-)terrestrischer Lebensräume. Eine unmittelbare Folge der globalen Temperaturerhöhung ist der **Anstieg des Meeresspiegels**. Abgesicherte Angaben zum Anstieg des Meeresspiegels in der Deutschen Bucht und somit im Elbeästuar liegen nicht vor. Gönnert et al. (2009) gehen auf Grundlage von Auswertungen verschiedener Studien von einem Anstieg um 5-140 cm bis 2100 aus, wobei die Mehrzahl der gefundenen Werte zwischen 20 und 90 cm liegt. Auf Grundlage regionaler Projektionen ist laut Gönnert & Gerkenmeier (2011) ein Anstieg des Meeresspiegels um 40-80 cm möglich. Auch die zusammenfassende Darstellung von Weisse im Klimabericht der MRH (2011) nennt entsprechende Werte. Berechnungen von Grossmann et al. (2006) ergaben, dass bei einem Meeresspiegelanstieg von 9 cm bis 2030 eine Erhöhung des jährlichen Höchstwasserstandes von 20 cm (+/- 20 cm) erwartet werden kann, während ein Anstieg des Meeresspiegels um 33 cm bis 2085 zu einem um 63 cm (+/- 50 cm) erhöhten jährlichen Höchstwasserstand führen könnte (vgl. auch v. Storch & Claussen, 2011). Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) hat zu den Effekten des Meeresspiegelanstiegs auf die Tide-Elbe aktuelle Modellierungen durchgeführt (s.u.), denen ein (hypothetischer) Anstieg des Wasserstandes von 80 cm zugrunde liegt. Den Ergebnissen der Modellierung zufolge steigt das MTnw im Elbeästuar um ca. 70-80 cm, wobei der Anstieg im Mündungsbereich höher ausfällt als im Inneren des Ästuars. Das MThw würde demzufolge um etwa 90 cm ansteigen. Da der Anstieg des MThw höher ausfällt als der des MTnw, nimmt der **Tidenhub** nach den Modellierungsergebnissen zu. Der Flutstrom wird dabei stärker zunehmen als der Ebbstrom. Für das Weser-Ästuar konnten zudem eine Verschiebung von Eintrittszeiten und Kenterpunkten des Tidegeschehens sowie eine Änderung (überwiegend eine Zunahme) der Strömungsgeschwindigkeiten ermittelt werden. Der angenommene Anstieg des Meeresspiegels bedingt zusätzlich eine Verlagerung der Trübungszone und auch der Brackwasserzone stromaufwärts, wiederum in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss. Eine erhöhte Variabilität der Wasserstandsführung durch veränderten Oberwasserzufluss konnte primär für den Bereich vom Wehr in Geesthacht bis nach Zollenspieker ermittelt werden.

Ein Anstieg des Meeresspiegels zieht einen Anstieg des Grundwasserstandes in küstennahen Gebieten nach sich. Eine Verlagerung der meso- und oligohalinen Zonen stromaufwärts bedingt zudem auch eine zunehmende Versalzung des Grundwassers.

Sedimenthaushalt:

Aufgrund des zu erwartenden stärkeren Flutstroms und jahreszeitlich bedingt stärkerer Oberwasserabflüsse wird der Sedimenteintrag in die Tide-Elbe (und die Nebenflüsse) voraussichtlich zunehmen (Verstärkung des „tidal pumping“). Entsprechend kann aufgrund des **erhöhten Sedimenteintrags** in Verbindung mit zunehmender Überflutungshäufigkeit und –dauer der ästuarinen Marschen auch eine Erhöhung der Sedimentationsraten angenommen werden, so dass ein Aufwachsen der Marschen parallel zum Meeresspiegelanstieg möglich wäre. Andererseits könnten infolge veränderter Hydrodynamik auch vermehrt Erosionsprozesse auftreten. Räumlich explizite Aussagen zu Änderungen bzw. Verschiebungen des Gleichgewichts von Sedimentation und Erosion in Watten und Marschen können derzeit nicht getroffen werden.



Sedimentation im Brackwasserbereich © C. Butzeck

Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt:

Nach Angaben des DWD liegen die Wassertemperaturen von Cuxhaven und Hamburg für den Zeitraum 1982-1993 im Mittel um 1-1,5 °C über der Lufttemperatur. Im genannten Zeitraum war die Wassertemperatur bei Cuxhaven etwa 1,5 °C niedriger als in Hamburg und etwa 2,5 °C niedriger als bei Geesthacht. Ausgehend von einem Temperaturminimum im Februar steigt die Wassertemperatur im Jahresverlauf an und erreicht im Juli/August ihr Maximum. Für die Messstation Bunthaus im Süßwasserbeeinflussten Teil der Tide-Elbe wurde für das Winterhalbjahr über den Zeitraum 2000-2004 eine mittlere Wassertemperatur von 5,2 °C festgestellt, während die Wassertemperatur im Sommerhalbjahr des gleichen Zeitraums bei 18,5 °C lag. Eine Erhöhung der Lufttemperatur würde entsprechend zu einer **Erhöhung der Wassertemperaturen** führen. Über Änderungen der raum-zeitlichen Entwicklung der Wassertemperaturen liegen derzeit keine Prognosen vor. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich mit steigenden Wassertemperaturen das Problem des **Sauerstoffmangels** im Inneren des Ästuars während der Sommermonate verstärkt.

Stoffumsätze / N-Haushalt semiterrestrischer Flächen:

In den häufig überfluteten semiterrestrischen Bereichen entlang des Elbeästuars kann vorrangig der Faktor Temperatur Einfluss auf Stoffspeicherung und Mineralisierung nehmen. Eine Erhöhung der Lufttemperatur führt zu einer Erhöhung der Bodentemperatur, wobei durchfeuchtete Böden aufgrund der Wärmeaufnahme des im Boden gebundenen Wassers generell langsamer erwärmt werden. Durch steigende Temperaturen werden bodenbildende Prozesse wie die Humusbildung im Allgemeinen gefördert. In durchfeuchteten Böden kann ein Anstieg der Temperatur den anaeroben Abbau organischer Substanz beschleunigen, so dass es zu einer verstärkten **Freisetzung kohlenstoffhaltiger Verbindungen** kommen kann. Dabei sind die Produktion und die Freisetzung von CH₄ in den Salzmarschen an der Mündung eines Ästuars niedriger als in den landeinwärts liegenden Süßwassermarschen, was durch eine erhöhte Verfügbarkeit von SO₄²⁻ für Mikroorganismen in Salzmarschen erklärt werden kann (Neubauer & Craft

2009). Die Mineralisierung von Stickstoff (N) ist ebenfalls temperaturabhängig und wird durch einen Anstieg der Temperatur beschleunigt. Erhöhte **Mineralisationsraten** scheinen nicht dadurch ausgeglichen zu werden, dass durch einen erhöhten atmosphärischen CO₂-Gehalt auch die Aufnahme von Kohlenstoff in der Pflanze zunimmt und die organische Substanz aufgrund eines weiteren C/N-Verhältnisses schlechter abbaubar ist.

Lebensräume, Flora und Fauna (insbes. FFH-Arten und Elbendemiten)

Bereits heute kann aufgrund des einsetzenden Klimawandels beispielsweise eine Verschiebung der Arealgrenzen verschiedener Arten um 6,1 km polwärts bzw. 6,1 Höhenmeter pro Dekade festgestellt werden (Parmesan & Yohe 2003). Diese Entwicklung wird sich künftig verstärken, denn Freilanduntersuchungen und Modellierungen unter Verwendung des „climate envelope-Ansatzes“ weisen darauf hin, dass bis 2100 großräumige **Arealverschiebungen** von Flora und Fauna zu erwarten sind (z.B. Pompe et al. 2011). Dabei handelt es sich um so genannte Kompensationswanderungen von Arten aus angrenzenden Gebieten, die von der Einschleppung neophytischer bzw. neozooischer Arten unterschieden werden können. Neben dem artspezifischen Ausbreitungsvermögen hängt die Fähigkeit einer Art, Kompensationswanderungen zu vollziehen, wesentlich von der Verfügbarkeit geeigneter Habitats und der



Schierlings-Wasserfenchel © K. Jensen

Durchlässigkeit der Landschaft ab. Aufgrund des Klimawandels kann die bereits heute problematische Fragmentierung von Lebensräumen - und damit die Beschränkung von (Kompensations)Wanderungen - weiter zunehmen. Speziell für den deutschen Küstenraum hat Metzger (2005) Modellierungen zu den Effekten des Klimawandels auf Pflanzenarten der Küstenökosysteme durchgeführt und für viele Arten eine Verlagerung der Arealgrenzen gen Norden und auch gen Osten ermittelt, wobei die Elbendemiten Schierlings-Wasserfenchel

(*Oenanthe conioides*) und Wibels-Schmiele (*Deschampsia wibeliana*) nicht berücksichtigt wurden. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass auch (invasive) Neobiota von steigenden Temperaturen profitieren und sich verstärkt ausbreiten können.

Aufgrund der Verlagerung der Brackwasserzone stromaufwärts sind jedoch Änderungen in Artenzusammensetzung und räumlicher Ausdehnung der **Tideröhrichte** in den ästuarinen Marschen zu erwarten. Während generell von einer räumlichen Verlagerung der Süßwassermarschen stromaufwärts ausgegangen werden kann, ist aufgrund der räumlichen Barriere durch das Wehr in Geesthacht mit einem Rückgang der Süßwassermarschen an der Tide-Elbe zu rechnen. Somit wäre auch der potenziell von *Oenanthe conioides* und *Deschampsia wibeliana* besiedelbare Raum weiter eingeschränkt. Die Effekte klimatischer Veränderungen auf die **Avifauna** führen nach aktuellem Kenntnisstand zu unterschiedlichen Bestandesentwicklungen. Modellierungen zeigen, dass für zahlreiche Arten wie Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Uferschnepfe (*Limosa limosa*), Bekassine (*Gallinago gallinago*) oder auch Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*), Wiesenpieper (*Anthus pratensis*) und Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*) eine Verlagerung ihres deutschen Hauptverbreitungsgebietes in den norddeutschen Küstenraum wahrscheinlich ist (Huntley et al. 2007). Vogelarten wie Rotschenkel (*Tringa totanus*), Beutelmeise (*Remiz pendulinus*) und Bartmeise (*Panurus biarmicus*) werden nach Ergebnissen dieser Modellierungen künftig keine Vorkommen in

Norddeutschland haben (Huntley et al. 2007). Für die **Fischfauna** des Elbeästuars ergibt sich durch die Verlagerung der Brackwasserzone eine longitudinale Änderung der Populationsstruktur durch Zunahme des Anteils mariner Fischarten und Individuen stromauf und einem entsprechenden Rückgang des Anteils limnischer Arten und Individuen stromab. Zudem würde es zu einer Verringerung der verfügbaren Laichplätze der gefährdeten anadromen Finte (*Alosa fallax*) und ggf. des Nordseeschnäpels (*Coregonus oxyrinchus*) kommen, die neben der veränderten Salinität auch auf stärkere Verschlickung der Laichräume zurückgeht. Bedingt durch klimatisch bedingte Änderungen der Nahrungsverfügbarkeit werden sich die Aufwuchsbedingungen von Fischlarven und Jungfischen sehr wahrscheinlich ändern, was zu Änderungen der Abundanzen und Biomassen dominanter Arten (z.B. Stint [*Osmerus eperlanus*]) führen kann. Auch die räumliche Ausdehnung wichtiger Aufwuchsgebiete von Stint, Finte und Nordseeschnäpel im limnischen Ästuarbereich unterhalb Hamburgs wäre rückläufig. Dies gilt ebenso für den verfügbaren Lebensraum gefährdeter limnischer Arten, insbesondere Rapfen (*Aspius aspius*), Zope (*Ballerus ballerus*), Barbe (*Barbus barbus*), Quappe (*Lota lota*).



Für die im Winter laichenden Arten Nordseeschnäpel und Quappe ist bei zunehmenden winterlichen Wassertemperaturen mit einem abnehmenden Reproduktionserfolg zu rechnen, da bei Eintritt der prognostizierten klimatischen Veränderungen mit einer (Luft-) Temperaturzunahme von bis zu >3 °C bis 2100 die zum Laichen notwendige Wassertemperatur <6 °C überschritten werden könnte. Für weitere Artengruppen liegen keine großräumigen Modellierungsergebnisse bzw. Studien für den

norddeutschen Raum vor. Generell kann aber von einem verstärkten Vorkommen wärmeliebender Arten und einem Rückzug kälteliebender Arten ausgegangen werden.

Relativ wenig ist bislang über die Effekte erhöhter atmosphärischer CO₂-Gehalte, erhöhter Temperaturen und veränderter Niederschlagsmuster auf Veränderungen der Konkurrenzbeziehungen bzw. biotischer Interaktionen zwischen Organismen bekannt.

Was kann man tun?

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass sich durch den projizierten Klimawandel die heute bereits bestehenden Probleme des Naturschutzes an der Tide-Elbe verschärfen (vgl. z.B. IBP 2011). Zusätzlich kristallisieren sich neue Probleme heraus, besonders in Bezug auf den Schutz seltener Arten, die Bewertung des Vorkommens neobiotischer Arten und auch in Bezug auf die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen, die bislang mangels entsprechender Datenbasis nur in Ansätzen möglich ist. Angesichts der verstärkt auftretenden klimatischen Änderungen wird intensiv diskutiert, dynamischen Prozessen (gegenüber pflegerisch-konservierenden Ansätzen) mehr Raum zu geben. Dynamische Naturschutzstrategien müssen sich gegen den Einwand, Dynamik sei mit Beliebigkeit (der Schutzgüter) gleichzusetzen, klar abgrenzen.

Die folgenden Empfehlungen für das Elbeästuar sind nach Stand des Wissens 2012 unter Berücksichtigung vorhandener Wissensdefizite zusammengestellt worden. Die (aktuell begrenzte) Umsetzbarkeit der empfohlenen Maßnahmen war hier nicht relevant:

(I) Ausdehnung der Gebiete mit Tideeinfluss

Aufgrund des Deichbaus und der Fahrrinnenvertiefungen hat sich das Verhältnis der Wasserfläche zur Wassertiefe an der Tide-Elbe verändert. Die zunehmende Einengung des mehrfach vertieften Flusslaufs hat zu einer Verstärkung der Tideamplitude und zu einer schlechteren Sauerstoffverfügbarkeit im Wasserkörper geführt. Die Schaffung zusätzlicher, tidebeeinflusster Flachwassergebiete (mit angrenzenden Watten und ästuarinen Marschen) könnte dazu beitragen, den Sauerstoffhaushalt zu verbessern, die Umwandlung von Schlick- zu Sandwatt zu bremsen sowie die Verlagerung der Brackwasserzone zu begrenzen. Auch Erosionsprozesse, die Teil der Dynamik der Tide-Elbe sind, könnten abgepuffert werden. Der Tideeinfluss könnte durch eine verbesserte Durchgängigkeit in den Nebenflüssen und Nebenelben, Deichrückverlegungen und die Einführung eines Systems fluktuierender Polder erhöht werden. Für eine Vergrößerung der Gebiete mit Tideeinfluss eignet sich der Bereich zwischen Glücksstadt (S-H) bzw. Drochtersen (Nds.) und Hamburg besser als stromabwärts gelegene Bereiche.

(II) Durchlässige Gestaltung der Elbe in Längsrichtung

Durch Herstellung der Durchgängigkeit insbesondere an den Nebenflüssen der Tide-Elbe und die Schaffung von Trittsteinen im Hafen sollten Wanderungsprozesse ermöglicht werden.

(III) Dynamische Prozesse und Naturnähe an der Tide-Elbe fördern

Neben einer Ausdehnung der Gebiete mit Tideeinfluss und einer Erhöhung der Durchlässigkeit sollten der Anteil verbauter Ufer reduziert und Prielsysteme reaktiviert werden.

(IV) Arealveränderungen ermöglichen

Die durch den Klimawandel ausgelöste Zuwanderung von Arten und auch eine durch den Klimawandel evtl. begünstigte Ausbreitung eingeschleppter Arten sind differenziert zu bewerten. Aufgrund klimatischer Veränderungen zuwandernde Arten sollten akzeptiert werden. In Bezug auf eingeschleppte Arten ist ein verbessertes Verständnis der Funktion einer Art im jeweiligen Ökosystem notwendig. Ob die Ausbreitung eingeschleppter Arten durch Managementmaßnahmen eingeschränkt werden muss, hängt u.a. davon ab, ob eine Art Biodiversität und Funktionen eines Ökosystems beeinträchtigt. Auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Art (Ereignisse pro Zeiteinheit) kann hier relevant sein. Eine Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist also ein dauerhaftes Monitoring des Artenspektrums in Kombination mit der Erfassung klimatischer Parameter. In der naturschutzfachlichen Bewertung möglicher Veränderungen des Artenspektrums sollten historische Änderungen berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollte der Biotopverbund durch die Schaffung von Korridoren gestärkt werden. Zum Schutz besonders gefährdeter Arten könnte künftig „assisted migration“ ein Werkzeug des Naturschutzes sein.

(V) Ökosystemdienstleistungen verstärkt berücksichtigen

Tidebeeinflusste Marschen übernehmen eine Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen (z.B. N-, P-, C-Speicherung, Küsten- bzw. Hochwasserschutz, ästhetische und Erholungsfunktion). Unter Berücksichtigung der zu erwartenden, aber im Detail kaum abschätzbaren Arealveränderungen auch aktuell besonders schützenswerter Arten, sollten Ökosystemdienstleistungen tidebeeinflusster Gebiete verstärkt in naturschutzfachliche Bewertungen einbezogen werden.

(VI) Synergien nutzen

Handlungen anderer gesellschaftlicher Sektoren sollten naturschutzverträglich konzipiert werden. Aktivitäten des Naturschutzes wiederum sollten ebenfalls die Interessen anderer gesellschaftlicher Handlungsfelder berücksichtigen. Die Entwicklung kooperativer, integrierter Projekte gewinnt unter Berücksichtigung der durch den zu erwartenden Klimawandel entstehenden gesellschaftlichen Herausforderungen an Bedeutung. An der Tide-Elbe sollten Synergien zwischen Naturschutz und den Handlungsfeldern Küsten- und Hochwasserschutz sowie auch der Schifffahrt genutzt werden: So könnte das von der Hamburg Port Authority (HPA) und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) betriebene Sedimentmanagement durch auch für den Naturschutz vorteilhafte Maßnahmen wie eine Aufweitung des Querschnitts des Elb-Ästuars oder ein System fluktuierender Polder optimiert werden. Für die letztgenannte Maßnahme käme z.B. die Nutzung bereits heute schwer zu entwässernder Flächen, für die aufgrund des Meeresspiegelanstiegs mit weiter steigenden Grundwasserständen zu rechnen ist, in Betracht. Auch Maßnahmen, die dazu beitragen, ein starkes Absinken des MTnw zu verhindern, könnten eventuell zum Vorteil von Schifffahrt und Naturschutz gestaltet werden.

(VII) Wissensdefizite reduzieren, Forschung stärken

Spezifische Wissensdefizite hinsichtlich der Effekte des Klimawandels bestehen zu folgenden Themen:

- Entwicklung der Populationsökologie des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*)
- Einfluss von Veränderungen der Nahrungsverfügbarkeit und des verstärkten Auftretens von Sauerstoffmangelsituationen in den Aufwuchsgebieten auf den Reproduktions- und Rekrutierungserfolg von Finte (*Allosa fallax*), Stint (*Osmerus eperlanus*) und Nordseeschnäpel (*Coregonus maraena*)
- Temperaturentwicklung in (neu geschaffenen) Flachwasserbereichen
- Ursachen für Rückgang der Limikolen
- Effekte von Neobiota
- Entwicklung von ästuarinen Marschen, Röhrichtbeständen und Weichholzauwäldern

Literatur (Auswahl)

Arbeitsgruppe Elbeästuar (2011): Integrierter Bewirtschaftungsplan für das Elbeästuar.

Gönnert, G. & B. Gerkenmeier (2011): Untersuchungen zur Meeresspiegelentwicklung, www.acqua-alta.de (13.06.2013).

Gönnert, G. Storch, H. von, Jensen, J., Thumm, S., Wahl, T. & R. Weise (2009): Der Meeresspiegelanstieg. Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. *Die Küste*, **76**, 225-256.

Grossmann, I., Woth, K. & H. v., Storch (2006): Localization of global climate change: storm surge scenarios for Hamburg in 2030 and 2085. *Die Küste*, **71**, 169-182.

Huntley, B. (2007): A climatic atlas of European breeding birds.

Metzing, D. (2005): Küstenflora und Klimawandel – der Einfluss der globalen Erwärmung auf die Gefäßpflanzenflora des deutschen Küstengebietes von Nord- und Ostsee, Oldenburg.

Neubauer, S. C. & C. B. Craft (2009): Global change and tidal freshwater wetlands: scenarios and impacts, 254-265. A. Barendregt, D. Whigham & A. Baldwin (Hrsg.): *Tidal Freshwater Wetlands*.

Parmesan, C. & G. Yohe (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, **412**, 37-42.

Pompe, S., Berger, S., Bergmann, J., Badeck, F., Lübbert, J., Klotz, S., Rehse, A.-K., Söhlke, G., Sattler, S., Walther, G.-R. & I. Kühn (2011): Modellierungen der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. *BfN-Skripten* **304**.

Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R. & D. Jacob (2013): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. In Druck.

Storch, H. v. & M. Claussen (Hrsg.), KlimaCampus Autoren Team (2011): Klimabericht für die Metropolregion Hamburg.

KLIMZUG-NORD wird gefördert durch:

