

Anna-Lena Vollheyde



Natura-2000-Gebiete im Klimawandel

Projektion der Auswirkungen des Klimawandels auf Natura-2000-Gebiete und der Veränderung des Erhaltungszustandes von FFH-Lebensraumtypen am Beispiel der Stadtgemeinde Bremen



Leicht überarbeitete Fassung von:

Natura-2000-Gebiete im Klimawandel

Projektion der Auswirkungen des Klimawandels auf Natura-2000-Gebiete und der Veränderung des Erhaltungszustandes von FFH-Lebensraumtypen am Beispiel der Stadtgemeinde Bremen

Natura 2000 sites under climate change

Projection the effects of climate change on Natura 2000 sites and the change of the conservation status of natural habitat types of the Habitats Directive using the example of the City of Bremen

Masterthesis von Anna-Lena Vollheyde

Institut für Umweltplanung
Fakultät für Architektur und Landschaft
Leibniz Universität Hannover

Bearbeitungszeitraum: 29.11.2019 - 15.05.2020

Prüfer: Prof. Dr. Christina von Haaren, M.Sc. Tim Wenzel

Titelfoto verändert nach:

LÜCKING, H.-J., 2011: Rastvögel auf überfluteten Wümmewiesen. Stand: 16.10.2011, aufgerufen am: 24.04.2020, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rastv%C3%B6gel_auf_%C3%BCberfluteten_W%C3%BCmmewiesen.jpg



Danksagung

Vielen Dank an Prof. Dr. Christina von Haaren und M.Sc. Tim Wenzel für die Möglichkeit an diesem spannenden Thema arbeiten zu dürfen. Für Ihre/deine Bereitschaft sich stets kurzfristig Zeit zu nehmen und in mein Thema hineinzudenken bin ich sehr dankbar. Die zahlreichen Ratschläge und Denkanstöße waren eine wertvolle Hilfe!

Danke auch an den Geologischen Dienst für Bremen und das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, insbesondere Joachim Blankenburg und Dirk Prause, für Ihre freundlichen Auskünfte und die Bereitstellung der Geodaten für meine Masterarbeit.

Ich möchte mich außerdem bei meinen beiden Lieblings-Schwäbinnen Teresa und Jana bedanken, nicht nur für eure konstruktiven, aber auch amüsanten Kommentare und Anmerkungen zu meiner Arbeit, sondern auch für die gesamte Zeit im Masterstudium. Die zahlreichen gemeinsamen Stunden im Zeichensaal und Wohnzimmer, die Pastatage und Abende in der Rodenstraße bleiben unvergesslich. Dankschee fir ällas!

Ein besonderer Dank gilt auch meinen Eltern und meiner Schwester. Eure offenen Ohren, euer Verständnis und eure Unterstützung haben mir während all meiner bisherigen Lebensstationen und -entscheidungen stets Halt und Mut gegeben. Ihr, eure Leistungen und euer Fließ sind immer ein Vorbild für mich und haben mich angespornt. Ohne euch wäre ich nicht dort, wo ich nun bin!

Zuletzt möchte ich mich bei meinem Freund bedanken. „Wie gut, wenn man einen Freund hat, der ein Floß bauen kann. Dann braucht man sich vor nichts zu fürchten.“ Du hast mir nicht nur beim Überqueren des Flusses geholfen (und der Thesis-River hatte einige Stromschnellen), sondern warst und bist mit deiner Gelassenheit, Zuversicht, Fürsprache und nicht zuletzt den regelmäßigen, köstlichen Essenslieferungen immer mein Rückenwind - im Studium und im Privaten. Danke!





Zusammenfassung

Im Zuge des anthropogen verursachten Klimawandels werden für die Zukunft erhöhte Oberflächentemperaturen und ein verändertes Niederschlagsregime prognostiziert. Der Klimawandel ist eine der stärksten Bedrohungen für die Biodiversität. Insbesondere gefährdete Biotope und Arten werden vom Klimawandel besonders betroffen sein. Eine der wichtigsten Schutzinitiativen für Biotope und Arten auf europäischer Ebene ist das Schutzgebietsnetz Natura 2000. Grundsätzlich herrscht in Natura-2000-Gebieten ein Verschlechterungsverbot. Der aktuellen Zustandsbericht der Europäischen Kommission zeigt allerdings, dass der Großteil der durch die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) geschützten natürlichen Lebensraumtypen (LRT) und Arten einen ungünstigen Zustand aufweisen und mit einem weiteren Trend zur Verschlechterung gerechnet werden kann. Bei fortschreitenden klimatischen und standörtlichen Veränderungen kann eine konsequente Konservierung von Lebensräumen und Arten zunehmend aufwendiger werden. Im schlimmsten Fall können Schutzgebiete ihren Schutzwert verlieren. Die europäischen Staaten und damit auch Deutschland sind dazu angehalten planerisch darauf zu reagieren.

Ziel dieser Arbeit ist es eine methodische Anleitung zu entwickeln, die eine wissenschaftlich basierte, räumlich-konkrete Projektion der Auswirkungen des Klimawandels auf Natura-2000-Gebiete und der Veränderungen des Erhaltungszustandes von FFH-LRT ermöglicht. Hierzu sollen ausschließlich Methoden angewandt oder entwickelt werden, die sich mit möglichst wenig Mehraufwand in die gängige Planungspraxis und -verfahren von Naturschutzbehörden integrieren lassen. Ein besonderer Schwerpunkt soll auf die Boden-Vegetation-Verknüpfung gelegt werden. Im Detail werden drei Forschungsziele bearbeitet: I) Projektion der Veränderungen des zukünftigen Bodenfeuchteregimes, II) Projektion der zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope, III) Projektion der zukünftigen Veränderungen des Erhaltungszustandes von FFH-LRT.

Die Arbeit gliedert sich an das Forschungsprojekt KommKlima und verwendet daher die Stadtgemeinde Bremen und deren klimatische Veränderungen als Fallbeispiel. In Zukunft (RCP8.5) werden in Bremen trockenere Sommer mit sommerlichem Wassermangel erwartet. Da Bremen einen hohen Anteil an naturschutzfachlich wertvollem Feuchtgrünland aufweist, konzentriert sich diese Arbeit insbesondere auf terrestrische Feuchtbiotope in Natura-2000-Gebieten und die vier beispielhaften Grünland FFH-LRT: I) Binnenland-Salzstellen (1340*), II) Pfeifengraswiesen (6410), III) feuchte Hochstaudenfluren (6430), IV) magere Flachland-Mähwiesen (6510).

Die Modellierungen dieser Arbeit decken drei Zeitscheiben ab: den Referenzzeitraum (1971-2000), die nahe Zukunft (2021-2050) und die ferne Zukunft (2071-2100). Es wurden zwei Szenarien modelliert, die unterschiedliche Klimaparameter miteinbeziehen. Das zukünftige Bodenfeuchteregime wurde mit Hilfe der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) beschrieben und in Anlehnung an das regelbasierte Verfahren der Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (MÜLLER & WALDECK 2011; BENZLER et al. 1987) ermittelt. Basierend auf der ermittelten BKF und der Nährstoffverfügbarkeit des Bodens wurden die Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope mit Hilfe des Biotopentwicklungspotenzials (BEP) in Anlehnung an HAAREN et al. 2019 (verändert nach BRAHMS et al. 1989) modelliert. Die Projektion zu Veränderungen des Erhaltungszustandes von FFH-LRT setzte am Bewertungskriterium „Vollständigkeit des Artinventars“ an. Die LRT wurden durch typische Arten und deren Ellenbergsche Feuchtezahlen charakterisiert. Die BKF und die Feuchtezahl wurden mittels linearer Regressionsanalyse parallelisiert, wodurch anschließend die potenzielle zukünftige Anzahl typischer Pflanzenarten ermittelt und damit die zukünftige Vollständigkeit des Artinventars bewertet werden konnte. Die derzeitige Bewertung der Habitatstrukturen und Beeinträchtigungen wurde zuletzt in Anlehnung an das Pinneberg-Schema mit der zukünftigen Bewertung des Artinventars zur Gesamtbewertung des Erhaltungszustandes in der Zukunft verknüpft.



Auf Grundlage der Modellierungsergebnisse dieser Arbeit sind in Abhängigkeit des betrachteten Szenarios zukünftige Veränderungen der BKF um eine bis drei Stufen in Richtung trockenerer Bodenverhältnisse zu erwarten. Viele der für Wiesenlimikolen bedeutsamen Brut- und Nahrungsgebiete Bremens sind von abnehmender Bodenfeuchtigkeit betroffen, was die künftige Größe und den Bruterfolg der Wiesenvogelpopulation negativ beeinflussen kann. Hinsichtlich der Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope kommt es je nach dem hier modellierten Szenario unter Klimawandelbedingungen potenziell zu einer mehr oder weniger starken Abnahme der Flächenanteile von Standorten für spezialisiertere Vegetation. Die Bodeneigenschaften entwickeln sich in Richtung Normalverhältnisse. Die Prognosen dieser Arbeit zu zukünftigen Veränderungen des Erhaltungszustandes der betrachteten FFH-LRT in Bremen zeigen, dass vor allem für Binnenland-Salzstellen und an vereinzelt Standorten für feuchte Hochstaudenfluren Verschlechterungen zu erwarten sind. Hingegen wird der LRT magere Flachland-Mähwiesen von der künftigen zunehmenden sommerlichen Trockenheit in Bremen voraussichtlich profitieren. Über die Veränderungen des Erhaltungszustandes von Pfeifengraswiesen lassen sich anhand der Ergebnisse dieser Arbeit keine gesicherten Aussagen treffen. Insgesamt kommt diese Arbeit auf ähnliche Ergebnisse wie die bereits vorliegenden expertenbasierten Prognosen zu Arten und Biotopen Bremens in Klimawandel. Auch der Vergleich der modellierten Erhaltungszustände der FFH-LRT im Referenzzeitraum mit den gemeldeten Erhaltungszuständen zeigt, dass die hier entwickelte Prognosemethode bereits verwendbare Aussagen zur Entwicklungsrichtung des Erhaltungszustandes von FFH-LRT liefern kann, auch wenn sie noch mit einigen Unsicherheiten behaftet ist und daher noch keine konkreten Zukunftsabbildungen gemacht werden können.

Die in dieser Arbeit angewandten bzw. entwickelten Methoden und Ergebnisse eignen sich als wissenschaftlich fundierte Entscheidungsbasis für die Naturschutz-Praxis und das Gebietsmanagement. Zusätzlich kann die hier entwickelte Methode als ein Frühwarnsystem für Natura 2000 im Klimawandel eingesetzt werden und wird so dem vielfach im konservierenden Naturschutz vernachlässigten Vorsorgeprinzip des Umweltschutzes gerecht. Weiterer Forschungsbedarf besteht vor allem darin die meso- und mikroskalige Heterogenität eines Gebiets in der BKF besser abbilden zu können und bei der Projektion der Erhaltungszustände von FFH-LRT neben der Bodenfeuchte weitere das Pflanzenwachstum beeinflussende Faktoren miteinzubeziehen.



Abstract

In the course of human-induced climate change, increased temperatures and changed rain fall patterns are predicted for the future. Climate change is one of the severest threats to biodiversity, especially affecting endangered habitats and species. One of the most important conservation initiatives for habitats and species on the European level is the network Natura 2000. Within all these sites deterioration is strictly prohibited. However, the monitoring report of the European Commission reveals that most of the natural habitats (FFH-LRT) and species protected by the Habitats Directive are in an unfavourable status and tend to decline in their conservation status in the future. Under on-going changes of climate and site conditions a consistent conservation of habitats and species will become more expensive in costs and resources. In a worst-case scenario, protected areas might even lose their protected goods and conservation value in the future. The European countries, including Germany, must respond to these trends by adapting new methods in their planning processes.

The aim of this thesis is to develop procedures and methods that allow a scientific based, spatially explicit projection of the impacts of climate change on Natura 2000 sites and a projection of the changes of the conservation status of FFH-LRT. To achieve this, solely methods should be applied or developed that can be easily and with low effort included in the daily planning practice and processes of nature conservation authorities. Additionally, the methods should emphasis plant-soil-interaction. Therefore, this thesis focuses in detail on the following three research objectives: I) pojection of future changes of soil moisture, II) projection of future development potential for habitats, III) projection of future changes of the conservation status of FFH-LRT.

This thesis is affiliated to the on-going research project KommKlima and therefore investigates the city of Bremen and its climatic changes as a case study. It is projected (RCP8.5) that dryer summers with water scarcity will become likely to occur in the study area. Bremen has a high amount of humid grassland with conservational value. Therefore, this thesis especially focuses on terrestrial humid biotopes in Natura 2000 sites and the following four exemplary FFH-LRT: I) inland salt meadows (1340*), II) *Molinia* meadows (6410), III) hydrophilous tall herb fringe communities (6430), IV) lowland hay meadows (6510).

The models of this thesis cover three time intervals: reference period (1971-2000), near future (2021-2050) and afar future (2071-2100). Two scenarios, that differ in the included climate parameters, were modelled. Future soil moisture was indicated by pedological soil moisture ordination (BKF) and modelled according to the rule-based process of the methods database of the soil information system of Lower-Saxony (Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems) (MÜLLER & WALDECK 2011; BENZLER et al. 1987). Based on the determined BKF and the nutrient availability, the habitat development potential was modelled according to HAAREN et al. 2019 (modified from BRAHMS et al. 1989). The prediction of changes in the conservation status of FFH-LRT was based on the evaluation criterion "completeness of the species inventory". The LRT were characterized by typical species and their Ellenberg moisture values. Subsequently, the pedological and ecological moisture level were parallelised using linear regression analysis. Hereby, the potential future number of typical plant species was determined and hence, the future completeness of the species inventory could be evaluated. To assess the overall future conservation status following a modified Pinneberg scheme, the current status of habitat structures and impairments was linked to the future status of the species inventory.

Depending on the modelled scenario, the future BKF shifts one to three steps towards dryer conditions. Many important breeding and foraging habitats of waders are affected by decreasing soil moisture, possibly resulting in decreased population size and breeding success of waders in the future. Concerning the development potential of habitats, depending on the modelled scenario, a decrease of special sites can be



expected to a greater or lesser extent for the future. Soil conditions are likely to shift towards common conditions. Based on the results of the projection of changes in the conservation status of grassland FFH-LRT in Bremen, particularly for inland salt meadows and partly for hydrophilous tall herb fringe communities a deterioration of the conservation status is expected for the future. In contrast, lowland hay meadows profit from climate change induced water scarcity in summer and their conservation status will improve. Projections about changes of the conservation status of *Molinia* meadows based on the results of this study were not possible. Altogether the models of this study come to similar result as the already existing expert-based predictions about Bremen's species and habitats under climate change. Additionally, the comparison of the modelled conservation status in the reference period and the reported conservation status reveals that the here adopted or developed methods are capable to provide reliable information about the development tendencies of the LRT's conservation status although a precise prediction of the status of the FFH-LRT cannot be done by the described methods, yet.

The methods and results developed in this thesis can be used as a scientifically sound basis for decision-making in nature conservation practice and area management. In addition, the methods can be used as an early warning system for Natura 2000 in climate change. Thus, it meets the requirements of the precautionary principle of environmental protection which is often neglected in conservative nature conservation. Further research is needed to better map the meso- and micro-scale heterogeneity of study sites and to integrate time and moisture driven pedological processes within the BKF. Moreover, in following research projects, the projection method for changes in conservation status of FFH-LRT should be expanded by including other factors influencing plant growth in addition to soil moisture.



Inhalt

1 Einleitung	1
1.1 Klimawandel und Biodiversität	1
1.2 Natura-2000-Gebiete und klimawandelbedingte Herausforderungen	2
1.3 Stand der Forschung und Forschungslücken	6
1.4 Zielsetzung	7
2 Vorgehen und Methode	8
2.1 Forschungsdesign	8
2.2 Datenlage und Beschreibung des Untersuchungsgebiets	9
2.2.1 Derzeitiges und zukünftiges Klima	12
2.2.2 Grundwasser und Boden	14
2.2.3 Landschaft und Lebensräume	16
2.2.4 Auswahl und Charakterisierung betrachteter Lebensraumtypen	17
2.2.4.1 Binnenland-Salzstellen	18
2.2.4.2 Pfeifengraswiesen	19
2.2.4.3 Feuchte Hochstaudenfluren	19
2.2.4.4 Magere Flachland-Mähwiesen	20
2.3 Methode	20
2.3.1 Grundannahmen der Zukunftsszenarien	20
2.3.2 Zukünftiges Bodenfeuchteregime	21
2.3.2.1 Semiterrestrische Böden, Stauwasserböden und Moorböden	22
2.3.2.2 Terrestrische Böden exklusive Stauwasserböden	25
2.3.3 Zukünftiges Entwicklungspotenzial für Biotope	25
2.3.4 Zukünftiger Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen	27
3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Natura-2000-Gebiete in der Stadtgemeinde Bremen	33
3.1 Veränderungen der Bodenfeuchte	33
3.1.1 Referenzzustand	33
3.1.2 Szenario „Klima“	34
3.1.3 Szenario „Klima und Grundwasser“	36
3.2 Veränderungen des Entwicklungspotenzials für Biotope	38
3.2.1 Referenzzustand	38
3.2.2 Szenario „Klima“	39
3.2.3 Szenario „Klima und Grundwasser“	41
3.3 Veränderungen des Erhaltungszustandes der FFH-Lebensraumtypen	43
3.3.1 Referenzzustand	43
3.3.2 Szenario „Klima“	45
3.3.2.1 Binnenland-Salzstellen	47
3.3.2.2 Pfeifengraswiesen	47
3.3.2.3 Feuchte Hochstaudenfluren	47
3.3.2.4 Magere Flachland-Mähwiesen	48
3.3.3 Szenario „Klima und Grundwasser“	48
3.3.3.1 Binnenland-Salzstellen	50
3.3.3.2 Pfeifengraswiesen	50
3.3.3.3 Feuchte Hochstaudenfluren	51
3.3.3.4 Magere Flachland-Mähwiesen	51



4 Diskussion	53
4.1 Bodenfeuchte.....	53
4.2 Entwicklungsmöglichkeiten der Vegetation.....	56
4.3 Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen.....	59
5 Schlussfolgerungen: Handlungsempfehlungen und Anwendungsbereiche	62
6 Quellenverzeichnis	63

Anhang

- I Gebietsnamen
- II Übersicht über aktuelle Klimaprojektionen für Bremen
- III Karte Projektionen zur Grundwasserneubildungsrate für die Zeitscheiben 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000) bei RCP8.5
- IV In der Stadtgemeinde Bremen vorkommende FFH-LRT (Stand 2018, basierend auf: SUBV 2004-2006/2008-2017)
- V Betrachtete Biotoptyp-Obergruppen innerhalb der Natura-2000-Gebiete
- VI Zuordnung der BK25 Bodentypen zu Bodenabteilungen bzw. -klassen
- VII Biotoptypen als Indikator für Sonderstandorte
- VIII Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 1340*
- IX Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 6410
- X Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 6430
- XI Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 6510
- XII Zukünftige Erhaltungszustände der betrachteten LRT in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ und „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)
- XIII Digitaler Anhang: Geodaten



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Biodiversität (verändert nach SCHLIEP et al. 2017: 29)	1
Abb. 2: Erhaltungszustand und Zukunftsprognosen für FFH-LRT in Europa (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2015a: 10)	5
Abb. 3: Forschungsdesign, wobei F = Forschungsfrage	8
Abb. 4: Projektionen zur Temperatur und zum Niederschlag, jeweils im Jahresdurchschnitt sowie für Sommer (01.04. - 30.09.) und Winter (01.10. - 31.03.) für die Zeitscheiben 1971-2000 (Referenzzustand), 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) bei RCP8.5 (basierend auf: LBEG 2019a)	12
Abb. 5: Projektionen zur klimatischen Wasserbilanz im Jahresdurchschnitt sowie für Sommer (01.04. - 30.09.) und Winter (01.10. - 31.03.) für die Zeitscheiben 1971-2000 (Referenzzustand), 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) bei RCP8.5 (basierend auf: LBEG 2019b, 2019c, 2019d)	13
Abb. 6: Lage des Grundwassers, angegeben in Grundwasserstufen (oben), wobei MGW = mittlerer Grundwasserstand, MHGW = mittlerer Grundwasserhochstand, GOF = Geländeoberfläche; und in Bremen vorkommende Bodenabteilungen bzw. -klassen (unten) (Kartengrundlagen: GDFB o.J.a, 2002/2009-2010; GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	15
Abb. 7: Landnutzungen und Natura 2000 Gebiete in der Stadtgemeinde Bremen (Kartengrundlage: SUBV et al. 2004-2014; GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; SUBV 2004-2006/2008-2017; SKUMS 2017a, 2017b; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	16
Abb. 8: Verortung der betrachteten FFH-LRT, zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartengrundlagen: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; SUBV 2004-2006/2008-2017; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	18
Abb. 9: Zugrundliegende Annahmen der Szenarien „Klima“ und „Klima und Grundwasser“, wobei sich Temperatur, Niederschlag und klimatische Wasserbilanz auf Werte in den Sommermonaten beziehen	20
Abb. 10: Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe in Abhängigkeit der vorliegenden Bodenklasse/bzw. -abteilung in Anlehnung an MÜLLER & WALDECK (2011); wobei KWBv = mittlere klimatische Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode; KB = Klimabereich; GWS = Grundwasserstufe; We = effektive Durchwurzelungstiefe; nFKWe = nutzbare Feldkapazität des Wurzelraums	22
Abb. 11: Ermittlung der Veränderungen des Erhaltungszustandes, wobei BKF = bodenkundliche Feuchtestufe, LRT = Lebensraumtypen	27
Abb. 12: Regressionsmodell der mittleren Feuchtezahl (mF) und dem arithmetischen Mittel der bodenkundlichen Feuchtestufe (mBKF) im Referenzzeitraum (1971-2000)	30
Abb. 13: Bodenfeuchte im Referenzzeitraum (1971-2000) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	33
Abb. 14: Bodenfeuchte im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	35
Abb. 15: Änderungssignale der Bodenfeuchtestufen der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	36



Abb. 16: Bodenfeuchte im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	37
Abb. 17: Änderungssignale der Bodenfeuchtestufen der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2100)	38
Abb. 18: Entwicklungspotenzial für Biotope im Referenzzeitraum (1971-2000) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	39
Abb. 19: Entwicklungspotenzial für Biotope im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	40
Abb. 20: Änderungssignale des Biotopentwicklungspotenzials der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	41
Abb. 21: Entwicklungspotenzial für Biotope im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	42
Abb. 22: Änderungssignale des Biotopentwicklungspotenzials der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	43
Abb. 23: Erhaltungszustand der FFH-LRT im Referenzzeitraum (1971-2000), wobei A und B einen günstigen Erhaltungszustand abbilden; zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	44
Abb. 24: Erhaltungszustand der betrachteten FFH-LRT im Referenzzustand (1971-2000), wobei 1340*= Binnenland-Salzstellen; 6410= Pfeifengraswiesen; 6430= feuchte Hochstaudenfluren; 6510= magere Flachland-Mähwiesen; A und B bilden einen günstigen Erhaltungszustand ab, C = mittel-schlecht, X = verschwunden, k.A. = keine Angabe	44
Abb. 25: Erhaltungszustand der FFH-LRT im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten), wobei A und B einen günstigen Erhaltungszustand abbilden zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	46
Abb. 26: Veränderung des Erhaltungszustandes der Binnenland-Salzstellen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	47
Abb. 27: Veränderung des Erhaltungszustandes der Pfeifengraswiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	47
Abb. 28: Veränderung des Erhaltungszustandes der feuchten Hochstaudenfluren in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	48
Abb. 29: Veränderung des Erhaltungszustandes der mageren Flachland-Mähwiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	48



Abb. 30: Erhaltungszustand der FFH-LRT im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten), wobei A und B einen günstigen Erhaltungszustand abbilden; zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	49
Abb. 31: Veränderung des Erhaltungszustandes der Binnenland-Salzstellen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	50
Abb. 32: Veränderung des Erhaltungszustandes der Pfeifengraswiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	51
Abb. 33: Veränderung des Erhaltungszustandes der feuchten Hochstaudenfluren in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	51
Abb. 34: Veränderung des Erhaltungszustandes der mageren Flachland-Mähwiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)	52
Abb. 35: Einfluss des Wasserhaushaltes auf die landwirtschaftliche Nutzung und daraus folgend auf die Wiesenvogelpopulation (verändert nach: SÜDBECK & KRÜGER 2004: 110)	55
Abb. 36: Nährstoffversorgung ausgedrückt durch die Bodenwertzahl innerhalb der Natura-2000-Gebiete (Kartengrundlage: HANEG 2014; GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	57
Abb. 37: Profil der für Bremen typischen Beet-Gruppen-Struktur mit unterschiedlichen Vegetationsgesellschaften (LFB 1996; zit. in HANDKE & TESCH 2018: 14)	59
Abb. 38: Beispielausschnitt einer als verschwunden klassifizierten Fläche des LRT 6430 (feuchte Hochstaudenfluren) im modellierten Referenzzeitraum auf Böden mit der BKF 1 (Kartengrundlage: BKF: eigene Daten; SUBV 2004-2006/2008-2017; SUBV et al. 2004-2014; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)	60



Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Gegenüberstellung des konservierenden und dynamischen Schutzes in Natura-2000-Gebieten	3
Tab. 2: Verwendete Methoden und notwendige Materialien und Daten	9
Tab. 3: Verfügbare Geodatengrundlage für das Untersuchungsgebiet	10
Tab. 4: Ermittlung des Klimabereichs (KB) aus der klimatischen Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWBv) (hier KWB des Sommerhalbjahres) (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 202)	22
Tab. 5: Annahmen zur Veränderung der Grundwasserstufe (GWS) der nahen und fernen Zukunft in Abhängigkeit der Grundwasserneubildung (GWNb) der betrachteten Zeitscheiben im Szenario „Klima und Grundwasser“	23
Tab. 6: Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) der Bodenartenhauptgruppen Sande, Schluffe, Lehme und Tone für die Klimabereiche (KB) 00 bis 1 in Abhängigkeit der Grundwasserstufe (GWS) (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 221ff)	23
Tab. 7: Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) der Bodenartenhauptgruppe Torfe (Hn oder Hh) in Abhängigkeit von der Vernässungsstufe (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 224)	24
Tab. 8: Einstufung der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) in Abhängigkeit der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) auf terrestrischen Böden (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 224; AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 355)	25
Tab. 9: Biotopentwicklungspotenzial in Abhängigkeit der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) und der Bodenwertzahl (BWZ) (verändert nach: HAAREN et al. 2019)	26
Tab. 10: Ökologische Charakterisierung des LRT Binnenland-Salzstellen (1340*)	29
Tab. 11: Verknüpfung der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) nach BENZLER et al. (1987) bzw. MÜLLER & WALDECK (2011) mit den Feuchtezahlen nach ELLENBERG et al. (2001)	31
Tab. 12: Bewertung der Vollständigkeit des Arteninventars der betrachteten FFH-LRT auf den jeweiligen bodenkundlichen Feuchtestufen (BKF) nach NLWKN (2011b, 2011c, 2011d, 2011e)	31
Tab. 13: Gesamtbewertung des Erhaltungszustandes von FFH-LRT in Anlehnung an das Pinneberg-Schema (LANA 2001)	32
Tab. 14: Landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Bodenwasserverhältnisse gem. MÜLLER & WALDECK (2011: 225); grün hinterlegt ist der Bereich des absoluten Grünlandes gem. BOESS et al. (2011)	53
Tab. 15: Vergleich der Einstufungen des Biotopentwicklungspotenzials (BEP) für frische und feuchte Standorte mittlerer Nährstoffversorgung (BWZ = Bodenwertzahl), aber unterschiedlichen Annahmen zum pH-Wert	58



Abkürzungsverzeichnis

BEP	Biotopentwicklungspotenzial
BKF	bodenkundliche Feuchtstufe
BWZ	Bodenwertzahl nach Reichsbodenschätzung
FFH-Gebiet	ausgewiesenes Fauna-Flora-Habitat Gebiet
FFH-LRT	natürliche Lebensraumtypen von gemeinschaftlichem Interesse (Anhang I FFH-RL)
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
G	Gewichtung
GWNB	Grundwasserneubildungsrate
GWS	Grundwasserstufe
KAKeff	effektive Kationenaustauschkapazität
KB	Klimabereich
KWB	klimatische Wasserbilanz
KWBv	mittlere klimatische Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode
LRT	s. FFH-LRT
mBKF	arithmetisches Mittel der bodenkundlichen Feuchtstufe
mF	mittlere Feuchtezahl (nach Ellenberg)
nFK	nutzbare Feldkapazität
nFKWe	nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum
Otief	Horizont Obergrenze
Utief	Horizont Untergrenze
VSG	ausgewiesenes Vogelschutzgebiet
VS-RL	Vogelschutzrichtlinie
We	effektive Durchwurzelungstiefe

1 Einleitung

1.1 Klimawandel und Biodiversität

Bereits im Jahr 1800 nach einem Besuch am Valenciasee in Venezuela und der dort entstandenen verheerenden Schäden durch koloniale Plantagen, warnte Alexander von Humboldt als erster Wissenschaftler vor dem anthropogen verursachten Klimawandel und dessen Folgen für den Naturhaushalt (WULF 2018: 84f). Auch Jahrhunderte später sind Humboldts Warnungen noch zutreffend und aktueller denn je. Die Berichte des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zeigen, dass sich auf Grund des anthropogen verursachten Klimawandels die Temperaturen in den letzten Jahrzehnten weltweit erhöhten (IPCC 2015: 40). Mit hoher Sicherheit gibt das IPCC auch für die Zukunft an, dass die Oberflächentemperatur weiter steigen und sich das Niederschlagsregime ändern wird. Auch Extremereignisse werden häufiger eintreten, wodurch sich das Aussterberisiko vieler Arten erhöht (ebd.: 58ff; IPCC 2002). Vermehrt indizieren Klimamodellierungen, dass die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Kippunkten (tipping points) schon in diesem Jahrhundert höher liegt, als lange angenommen (FORSTER et al. 2020; LENTON et al. 2019; LENTON et al. 2008: 1792). In Deutschland konnte von 1901 bis 2006 bereits ein Temperaturanstieg von 0,9 °C beobachtet werden und bis 2100 wird (in Abhängigkeit des Emissionszenarios und Klimamodells) eine weitere Zunahme der durchschnittlichen Jahrestemperatur von bis zu 3,5 °C prognostiziert (BUNDESREGIERUNG 2008: 10).

Der Klimawandel ist eine der stärksten Bedrohungen für die Biodiversität, die weitere negative Beeinträchtigungen, wie Zerschneidung oder Landnutzungswandel, noch verstärkt (IPCC 2015: 58ff; ELLWANGER 2009: 48; BEIERKUHNLEIN 2014b: 11; MEA 2005: 14, 16). Der gesamte Naturhaushalt ist durch bisherige und zukünftige klimatische Veränderungen direkt und indirekt betroffen (s. Abb. 1).

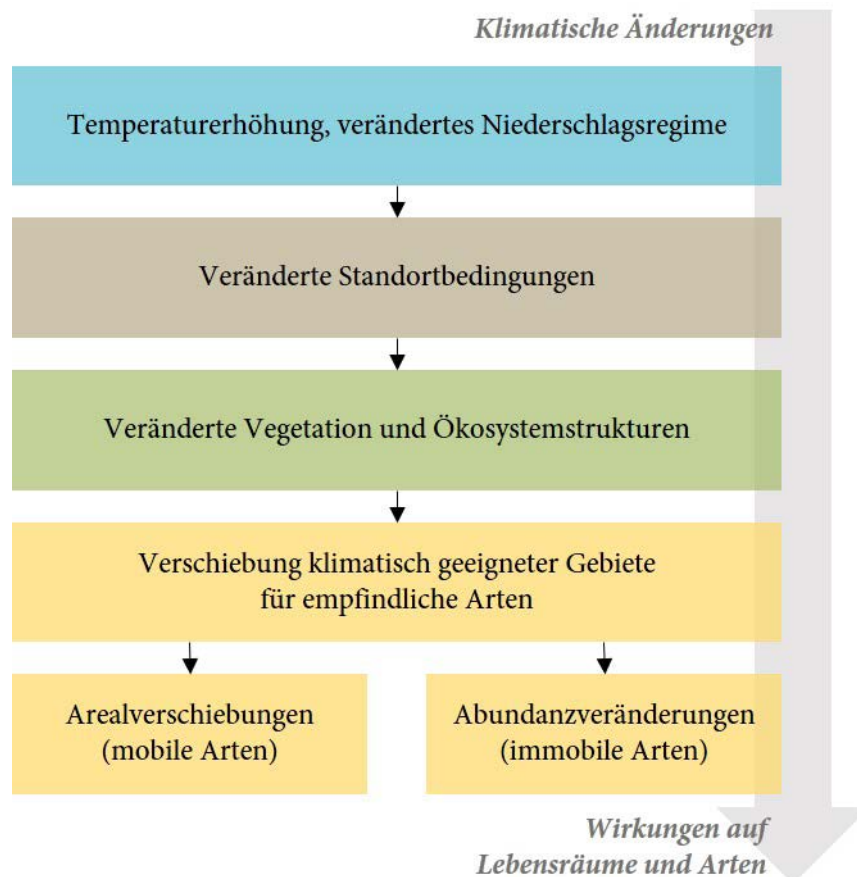


Abb. 1: Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Biodiversität (verändert nach SCHLIEP et al. 2017: 29)

Klimaänderungen beeinflussen beispielsweise Bodenprozesse, -eigenschaften und -funktionen und verändern somit die abiotischen Standortbedingungen. Dies führt zu einer Veränderung der Vegetation und

Ökosystemstrukturen. So verschieben sich für empfindliche Arten die klimatisch geeigneten Gebiete durch das Wegfallen an einem und Entstehen neuer passender Lebensräume an einem anderen Ort. Mobile Arten können zu diesen Orten immigrieren, während es bei immobilen Arten zu Abundanzveränderungen kommen wird (vgl. BELLARD et al. 2012: 365ff; SCHLIEP et al. 2017: 34f). Bereits heute sind in vielen Gebieten und Klimazonen phänologische Veränderungen, Änderungen in der Verbreitung von Arten, sowie der Zusammensetzung und Struktur von Biozönosen dokumentiert (vgl. IPCC 2002; LEUSCHNER & SCHIPKA 2004; FEEHAN et al. 2009; POMPE et al. 2011; SCHLIEP et al. 2017). Bei anhaltenden Klimaänderungen werden auch für die Zukunft weitere ökologische Veränderungen angenommen. Es wird erwartet, dass unter moderaten Klimawandelbedingungen bis 2050 weltweit 15 % - 37 % der endemischen Arten vom Aussterben bedroht sein werden (THOMAS et al. 2004). Auf europäischer Ebene wird angenommen, dass bis 2050 etwa ein Drittel der heimischen Gefäßpflanzen in Europa verschwunden sein werden (BAKKENES et al. 2002). Auch in Deutschland wird der Klimawandel überwiegend negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben. Zwar wird es einige Klima-Gewinner (z.B. thermophile Arten) geben, jedoch werden überwiegend negative Auswirkungen auf die Biodiversität erwartet (UBA 2015: 155). In der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) wird geschätzt, dass etwa 30 % der deutschen Tier- und Pflanzenarten unter den Klimabedingungen der Zukunft aussterben könnten (BUNDESREGIERUNG 2008: 25). Als Klima-Verlierer werden in vielen nationalen Studien vor allem seltene und gefährdete Biotop- und Arten der Roten Listen, sowie Spezialisten und ausbreitungsschwache Arten identifiziert (INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE 2009: 24ff; UBA 2015: 214; HANSPACH et al. 2013: 81).

1.2 Natura-2000-Gebiete und klimawandelbedingte Herausforderungen

Die besondere Betroffenheit von gefährdeten Biotopen und Arten führt dazu, dass gerade die Gebiete, die mit dem höchsten Schutzstatus belegt sind, durch den Klimawandel besonders gefährdet sein werden. Eine der wichtigsten Schutzinitiativen für Biotop- und Arten auf europäischer Ebene ist das Schutzgebietsnetz Natura 2000 mit dem übergeordneten Ziel, alle europäisch bedeutsamen Lebensräume und Arten zu schützen und durch deren Vernetzung die biologische Vielfalt dauerhaft zu erhalten und zu sichern. Natura 2000 wird durch zwei Instrumente und Gebietstypen umgesetzt (Art. 3 FFH-RL; EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019: www):

- I. Gebiete die unter die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) fallen. FFH-Gebiete zielen auf die Erhaltung natürlicher Lebensräume sowie wildlebender Tier- und Pflanzenarten in einem günstigen Erhaltungszustand ab (Art. 2 FFH-RL). FFH-Gebiete setzen sich aus den Flächen der natürlichen Lebensraumtypen von gemeinschaftlichem Interesse (FFH-LRT bzw. LRT; gelistet in Anhang I FFH-RL) und den Gesamtlebensräumen der Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse (Anhang II FFH-RL) zusammen.
- II. Gebiete die unter die Vogelschutz-Richtlinie (VS-RL) fallen. Vogelschutzgebiete (VSG) zielen auf den Schutz sämtlicher heimischer wildlebenden Vogelarten, inklusiver ihrer Eier, Nester und Lebensräume ab (Art. 1 VS-RL). VSG werden hinsichtlich ihrer zahlen- und flächenmäßigen Eignung ausgewählt (Art. 4 VS-RL). Bei Zugvogelarten müssen außerdem Vermehrungs-, Mauser-, Überwinterungs- und Rastgebiete in den Wanderungsgebieten beachtet werden (Art. 5 VS-RL; BfN 2014b: www).

Grundsätzlich ist es auch möglich, dass sich FFH-Gebiete und VSG räumlich überlagern können. Auf europäischer Ebene decken Natura-2000-Gebiete 18 % der Landmasse ab (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2015b: www). In Deutschland sind 15,5 % der terrestrischen Landfläche Teil des Netzes Natura 2000 (BfN 2019d: www). Etwa zwei Drittel davon sind FFH-Gebiete und ein Drittel VSG (BfN 2019b: www). Die Ausweisung von Schutzgebieten und Formulierung von Zielen basiert auf dem Status Quo zur Zeit der Ausweisung oder sieht den dauerhaften Schutz von Biotopen und Arten auf historischen Standorten vor (vgl. auch Art. 1 Buchst. e, Art. 4 FFH-RL; § 1 Abs. 1 BNatSchG) (HEILAND & KOWARIK 2008: 418f; IBISCH & KREFT 2008: 7; VOHLAND et al. 2012a: 358f). Die Ausweisung von Natura-2000-Gebieten und Festlegung von Schutzziele basiert auf eben dieser Grundlage. Natura-2000-Gebiete sind damit ein klassisches Beispiel für konservierenden Naturschutz. Für die Zukunft unter Klimawandelbedingungen ist davon auszugehen, dass sich die räumliche Verteilung und Organisation geschützter Arten und Lebensräume verändern werden (vgl. BEIERKUHNEIN et al. 2014a; ARAÚJO et al. 2011; EVANS 2012).

Modellierungen zufolge verlieren 58 % aller untersuchten in Europa vorkommenden Arten bis 2080 passende klimatische Bedingungen in den Schutzgebieten, wovon gemäß FFH-RL geschützte Arten noch stärker betroffen sein werden (63 %) (ARAÚJO et al. 2011: 487). Daher stellt sich die Frage, wie der Biotop- und Artenschutz auf solche Herausforderungen reagieren sollte. Um die von Ökosystemen intrinsische Dynamik, die sich durch den Klimawandel weiter verstärken wird, mehr im Naturschutz zu berücksichtigen, wird vermehrt ein dynamischer Naturschutzansatz als konzeptionelle Alternative diskutiert. Dynamischer Schutz bezieht die Richtung der klimatischen Entwicklung in Naturschutzhandlungen mit ein. Er konzentriert sich auf übergreifende Funktionszusammenhänge (WILKE et al. 2011: 64) und den Schutz von „Lebensräumen im generalisierten Sinne“ (IBISCH & KREFT 2008: 15) indem grundlegende Eigenschaften von übergeordneten Ökosystemen erhalten werden (ebd.: 8). Im Detail lassen sich jedoch noch viele unterschiedliche Auffassungen und Umsetzungsideen vom dynamischen Schutz finden (vgl. WILKE et al. 2011: 62). Um eine umfassende und abschließende Diskussion über dessen Anwendbarkeit im Lichte des Klimawandels anzustoßen (IBISCH & KREFT 2008: 7; WILKE et al. 2011: 62), bedarf es noch einer näheren einheitlichen Definition (WILKE et al. 2011: 69, 73). Dennoch sollen im Folgenden einige Stärken und Schwächen der beiden Naturschutzansätze in Bezug auf den Biotop- und Artenschutz in Natura-2000-Gebieten vor dem Hintergrund des Klimawandel diskutiert werden (s. Tab. 1) (für einen systematischen Überblick vgl. IBISCH & KREFT 2008; WILKE et al. 2011; VOHLAND et al. 2013; speziell für Natura 2000 vgl. IBISCH & KREFT 2009; ELLWANGER & SSYMANK 2012).

Tab. 1: Gegenüberstellung des konservierenden und dynamischen Schutzes in Natura-2000-Gebieten

	Konservierender Schutz	Dynamischer Schutz
Stärken	<ul style="list-style-type: none"> » erfolgreiche Bekämpfung nicht-klimatischer Beeinträchtigungen » Stärkung der Resilienz und Anpassungsfähigkeit » Ausbildung individuenstarker Quellpopulationen » Sicherung lokaler Populationen, wenig anpassungsfähiger und mobiler Arten » Bereitstellung neuer potenzieller Besiedlungsräume 	<ul style="list-style-type: none"> » Beachtung zukünftiger Entwicklungspotenziale » proaktives Handeln » prospektive Schutzziele » mögliche Ressourceneffizienz durch strategisches Risikomanagement
Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> » kurzfristiger Schutz, langfristige Schutzmaßnahmen aufwendig -> Gefahr der Ressourcenineffizienz » reaktives Handeln » retrospektive Schutzziele 	<ul style="list-style-type: none"> » dynamische Schutzgebietsgrenzen wenig effektiv und sehr aufwendig » Überdenken von Grundsätzen und Bewertungskriterien notwendig » noch keine konsensuale Definition vorhanden, Gefahr von beliebigen Zielen
Rechtliche und instrumentelle Flexibilität	<p>eingeschränkt:</p> <ul style="list-style-type: none"> » Verschlechterungsverbot: Zwang zu konservierenden Maßnahmen, aber Verhältnismäßigkeitsgebot » zukünftige Schutzgebietsaufnahmen möglich » Möglichkeit zukünftiger Schutzgebietsaufhebungen unter besonderen Bedingungen fraglich » proaktive Instrumente bisher nicht vorhanden 	unklar
Akzeptanz	relativ hoch	geringer, Gefahr der Spaltung von Naturschutz-„Schulen“

In seiner Gibraltar Entscheidung (EuGH, Urteil vom 20.10.2005. Aktenzeichen C-6/04) urteilte der Europäische Gerichtshof, dass Erhaltungsmaßnahmen und damit konservierende Aktivitäten für Biotope und Arten in FFH-Gebieten in jedem Fall zu treffen sind. Bei fortschreitenden klimatischen und standörtlichen Veränderungen wird eine konsequente Konservierung von Lebensräumen und Arten in

bestimmten Gebieten zunehmend aufwendiger (HOSSELL et al. 2003: 71f). Es ist daher fraglich, ob der konservierende Schutz in bereits bestehenden Natura-2000-Gebieten in ferner Zukunft oder bei extremeren Veränderungen weiterhin sinnvoll ist. Zum einen ist es möglich, den Schutzstatus des Gebietes aufzuheben. Gebietsaufhebungen sind bei VSG in begründeten Fällen möglich (SCHUMACHER et al. 2014: 86f). Auch bei FFH-Gebieten kann die Europäische Kommission eine Gebietsaufhebung vornehmen, wenn es die natürliche Entwicklung rechtfertigt (Art. 9 FFH-RL). Dies beinhaltet auch negative Entwicklungen, sodass eine Aufhebung möglich ist, wenn sich die Schutzgebietsziele durch die in der FFH-RL vorgeschriebenen und zumutbaren Maßnahmen nicht erreichen lassen und keine neuen wertgebenden Lebensräume oder Arten im Gebiet vorkommen (MÖCKEL & KÖCK 2009: 321; SCHUMACHER & SCHUMACHER 2013: 99f; GIES 2018: 166). Eine Neubesiedlung durch andere geschützte LRT und Arten ist nicht unwahrscheinlich, da Natura-2000-Gebiete im Vergleich zur umgebenden Landschaft eine relativ hohe Qualität und Störungsfreiheit aufweisen (MÖCKEL & KÖCK 2009: 321). Zur Abwehr nicht-klimatisch bedingter Beeinträchtigungen, wie z.B. Landnutzungswandel oder Fragmentierung, hat sich der konservierende Schutz mit seinen Instrumenten, wie der FFH-Verträglichkeitsprüfung, als erfolgreich bewiesen (COUNCIL OF EUROPE 2009: 23). Gleichzeitig bieten konservierende Schutzgebiete, wie Natura-2000-Gebiete, vor allem in kurzfristiger Zukunft wichtige Refugien für weniger anpassungsfähige und immobile Biotop- und Arten. Es wird davon ausgegangen, dass sich das Klima schneller ändert als die Geschwindigkeit, mit der sich eine Vielzahl von Arten ausbreiten und anpassen können. Obwohl geeignete neue Areale vorhanden sind, könnten diese daher in Zukunft nicht besiedelt werden, was ein erhöhtes Aussterberisiko zur Folge haben kann (LANA 2011: 2). In Schutzgebieten mit konservierenden Zielen werden Lebensräume und Arten auch im Klimawandel zumindest übergangsweise gesichert, wodurch die notwendige Zeit gewonnen wird, die für das Überleben lokaler Populationen und damit der Aufrechterhaltung genetischer Diversität von Bedeutung ist (HEILAND & KOWARIK 2008: 418). Hochwertige Lebensräume sind Voraussetzung, um individuenstarke Quellpopulationen auszubilden und dienen als potenzielle neue Lebensräume zur Kolonisation (HODGSON et al. 2009: 967; HODGSON et al. 2011: 149f). Des Weiteren sind im Sinne der ökologischen Kohärenz des Netzes Natura 2000 (Art. 6 Abs. 4 FFH-RL) auch zukünftige Ergänzung von Schutzgebietskulissen durch FFH-Gebiete und VSG jedenfalls theoretisch jederzeit möglich (SCHUMACHER et al. 2014: 84ff, 96ff). Bei Arealverschiebungen wäre es demnach auch in konservierenden Schutzbemühungen potentiell möglich, neue hochwertige Lebensräume zu schaffen bzw. zu schützen sowie die Wanderungsbewegungen und damit die Anpassungsfähigkeit von Biotopen und Arten im Klimawandel zu unterstützen (GIES 2018: 156).

Auch im dynamischen Schutzansatz werden Abundanz- und Arealveränderungen im Klimawandel behandelt. Zum einen umfasst der dynamische Naturschutz, je nach Auslegung, die Akzeptanz und sogar Förderung der Einwanderung anderer, bisher gebietsfremder Biotop- und Arten, sowie das Tolerieren gewisser lokaler Aussterbeprozesse (HOSSELL et al. 2003: 72; IBISCH & KREFT 2008: 6). Im Zuge dessen müssten in Zukunft viele Grundsätze, wie z.B. das Bewertungskriterium der Naturnähe und die Unterscheidung nach heimischen und nicht-heimischen Arten überdacht werden (PIECHOCKI et al. 2010: 114f). Durch die bisher vorhandene konzeptionelle Unschärfe im dynamischen Naturschutz besteht die Gefahr der „Beliebigkeit der Ziele“ (IBISCH & KREFT 2008: 7; WILKE et al. 2011: 62). Außerdem wird im Kontext von Schutzgebieten die Einführung von wandernden bzw. weichen Grenzen diskutiert, die im Sinne eines dynamischen Schutzes ermöglichen sollen, flexibel auf die Wanderungsprozesse von ausgewählten Zielarten zu reagieren, sowie schon frühzeitig deren zukünftige Lebensräume in die Schutzgebietskulissen miteinzubeziehen (ZIEBISCH et al. 2005: 115ff). Dadurch soll die Gefahr abgemildert werden, dass unser Schutzgebietsnetz wegen geographischer Abundanzänderungen in Zukunft nur sehr wenige Biotop- und Arten schützt (USHER 2005: 23). Wandernde Schutzgebietsgrenzen werden durch Experten allerdings als wenig wirksam und organisatorisch sehr aufwendig eingestuft. Eine entsprechende Ermächtigungsgrundlage zur Durchführung dynamischer Grenzen ist zudem bisher nicht vorhanden (ZIEBISCH et al. 2005: 116). Zusätzlich muss vor allem im dynamischen Ansatz, aber auch im konservierenden Naturschutz beachtet werden, dass dicht besiedelte Räume mit hohem Nutzungsdruck, wie Europa, nur wenig Spielraum für stärkere räumliche Gebietsdynamiken zulassen. Unter der Annahme, dass sich bei einer Temperaturerhöhung um 1 °C Artenareale um 200 bis 300 km nach Norden und 200 m in höhere Lagen verschieben, scheint ein rein den Wanderbewegungen der Arten folgender Schutzgebietsansatz eine wenig realistische Option (IBISCH & KREFT 2008: 14; SMUL et al. 2005: 94). Eine Stärke des dynamischen Schutzes ist es jedoch, dass zukünftige Entwicklungspotenziale in den Vorder-

grund der Planung treten und mögliche zukünftige Risiken klassifiziert und bewertet werden, um frühzeitig Lösungen einzuleiten (PIECHOCKI et al. 2010: 114f). Dieses proaktivere Handeln wird dem Vorsorgeprinzip der Umweltpolitik gerechter als der statische Naturschutzansatz (IBISCH & KREFT 2008: 9; HEILAND & KOWARIK 2008: 420). Konservierender Biotop- und Artenschutz handelt, insbesondere bei Änderungen von Lebensräumen, eher reaktiver. Die Ziele des Netzes Natura 2000 sind zwar grundsätzlich mit proaktiven Handlungen vereinbar, entsprechende Umsetzungsinstrumentarien fehlen aber noch (IBISCH & KREFT 2008: 9, 2009: 57ff). Abschließend ist die Akzeptanz des Biotop- und Artenschutzes zu beachten. Bewahrender Naturschutz ist aus der Heimatschutzbewegung entstanden und hat im Vergleich zu anderen Naturschutzansätzen eine hohe Akzeptanz bei unterschiedlichsten Akteuren (IBISCH & KREFT 2008). Wohingegen das mit dem dynamischen Biotop- und Artenschutz einhergehende Überdenken langjähriger Zielgerüste des Naturschutzes zu Akzeptanzproblemen, vor allem innerhalb des Naturschutzsektors, führen und die Position von Naturschutzgegnern stärken könnte (ebd.: 19). Sowohl beim konservierenden als auch dynamischen Naturschutz in Schutzgebieten wie Natura 2000 zeichnen sich vor dem Hintergrund des Klimawandels konzeptionelle und planerische Herausforderungen ab (s. Tab. 1). Auf Grund der noch bestehenden konzeptionellen Lücken im dynamischen Naturschutz, sowie fehlender rechtlicher Festsetzungen und Instrumente wird allerdings deutlich, dass der konservierende Schutz von Biotopen und Arten nicht vollständig aufgegeben werden kann und statische Ansätze zum Erhalt von wertvollen Refugien in der Normallandschaft weiterhin notwendig sind. Dadurch sind auch in der Zukunft Natura-2000-Gebiete zur Erhaltung der Artenvielfalt weiterhin von Bedeutung.

Grundsätzlich herrscht in Natura-2000-Gebieten ein Verschlechterungsverbot und Maßnahmen zur Entgegenwirkung von Beeinträchtigungen sind, sofern sie als zumutbar gelten, zu ergreifen (SCHUMACHER et al. 2014: 90; zum Verhältnismäßigkeitsgebot vgl. MÖCKEL & KÖCK 2009: 321). So sind in VSG Beeinträchtigungen der Lebensräume der Vögel entgegenzuwirken und zerstörte Lebensstätten wiederherzustellen (Art. 3 Abs. 2 und Art. 4 Abs. 4 VSG-RL). Ebenso muss innerhalb von FFH-Gebieten der „Fortbestand oder gegebenenfalls die Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes dieser natürlichen Lebensraumtypen und Habitate der Arten in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet“ gewährleistet werden (Art. 3 FFH-RL). Der aktuellen Zustandsbericht der EUROPÄISCHE KOMMISSION (2015a) zeigt allerdings, dass der Großteil der durch die FFH-RL geschützten LRT und Arten einen ungünstigen Zustand aufweisen und der Trend bei vielen eine weitere Verschlechterung vermuten lässt (s. Abb. 2).

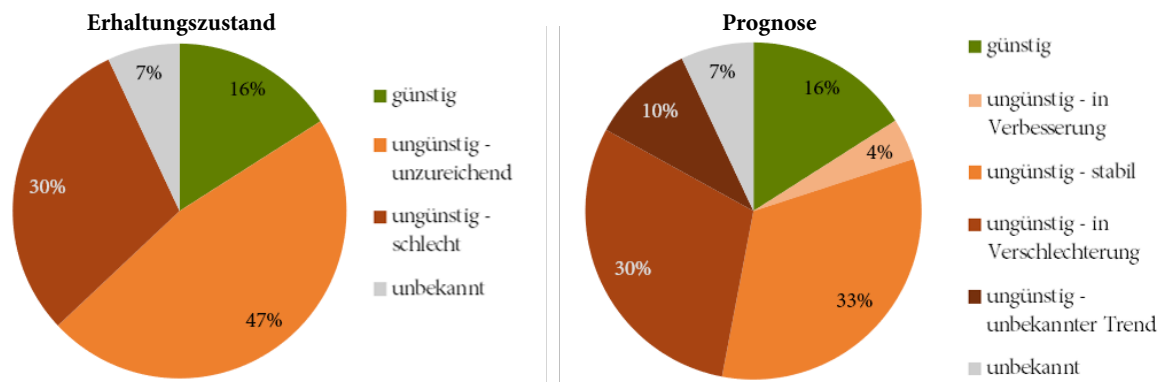


Abb. 2: Erhaltungszustand und Zukunftsprognosen für FFH-LRT in Europa (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2015a: 10)

77 % der europäischen LRT sind derzeit in einem ungünstigen Zustand. Hiervon wird für 33 % ein weiterhin ungünstiger Zustand prognostiziert und für 30 % sogar von einer weiteren Verschlechterung ausgegangen (ebd.: 8, 10). Auch der deutsche FFH-Bericht 2019 dokumentiert, dass bei 41 % der ausgewiesenen LRT und 34 % der Arten in Deutschland ein sich verschlechternder Gesamttrend festgestellt werden kann (BFN 2019a: www). Gleichzeitig sind durch den Klimawandel erhebliche Änderungen und mögliche Beeinträchtigungen zu erwarten. Modellierungen zeigen, dass in Europa durch den Klimawandel mit erheblichen geographischen Veränderungen von FFH-LRT zu rechnen ist (BITTNER & BEIERKUHNLEIN 2014). Auch in Deutschland wird unter Klimawandelbedingungen mit einer starken Abnahme der Anzahl von Blütenpflanzenarten in FFH-Gebieten gerechnet, wovon auch viele für geschützte LRT typische Arten betroffen sind. Die potenziellen Verluste überwiegen dabei deutlich die möglichen Arealgewinne (HANSPACH et al. 2013: 75ff, 81). Gerade Lebensräume können, weil sie sta-

tionär sind, von klimatischen Änderungen überproportional betroffen sein (JAESCHKE et al. 2014: 28; HABER et al. 2010: 382). Es wird angenommen, dass 23 der 91 in Deutschland vorkommenden LRT des Anhangs I hochsensitiv und 34 LRT mittelstark auf klimatische Veränderungen reagieren werden (PETERMANN et al. 2007: 127, 135ff). Ohne Gegenmaßnahmen können in der Zukunft also nicht alle Schutzziele für Biotope und Arten erreicht werden (HOSSELL et al. 2003: 71). Im schlimmsten Fall können Schutzgebiete sogar ihren Schutzwert verlieren (NILA et al. 2019: 19). Unter Beachtung des Verschlechterungsverbot für Natura-2000-Gebiete und vor dem Hintergrund des Klimawandels sind solche Trends jedoch nicht hinnehmbar. Die europäischen Staaten und damit auch Deutschland sind dazu angehalten, planerisch darauf zu reagieren (VOHLAND et al. 2012a: 362).

1.3 Stand der Forschung und Forschungslücken

Seit Beginn der 2000er ist das Thema Klimawandel und Arten und Biotope vermehrt in den Fokus der Forschung gerückt (JAESCHKE et al. 2014: 23) und auch das Thema Schutzgebiete im Klimawandel stößt seitdem auf vermehrtes Interesse (SIECK et al. 2011: 3). Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Arten, insbesondere Pflanzen, wurden bereits umfassende Untersuchungen durchgeführt (JAESCHKE et al. 2014: 23; SIECK et al. 2011: 5). Nur wenige Untersuchungen betrachten allerdings bisher die Organisationsstufe der Lebensräume (JAESCHKE et al. 2014: 23; DEMPE et al. 2012: 102; RUSTAD 2008: 231; BEIERKUHNLEIN 2014b: 13). Die Mehrheit der Forschungen über Arten und Lebensräume im Klimawandel verwenden Computersimulationen. Forschung zu terrestrischen Schutzgebieten im Klimawandel basiert überwiegend auf statistischen Methoden, die größtenteils auf den Ansatz bioklimatischer Modellierungen bzw. Umwelthüllen (bioclimatic/environmental envelopes, näheres vgl. HANNAH et al. 2005: 223; GUISAN & ZIMMERMANN 2000) zurückgreifen (SIECK et al. 2011: 6). Auf dieser Methode basierende Ergebnisse zu Schutzgütern von Natura 2000 finden sich beispielsweise in POMPE et al. (2011) (für Flora in Deutschland), in JAESCHKE et al. (2014) (für Tierarten der FFH-RL in Europa) oder in BITTNER & BEIERKUHNLEIN (2014) (für einige FFH-LRT in Europa). In diesen Arbeiten wurde das potenzielle zukünftige Verbreitungsgebiet der betrachteten Organisationsstufe auf kleinmaßstäblicher Ebene (national, europaweit) modelliert. Nachteil von bioklimatischen Modellen ist allerdings, dass sie häufig eine zu grobe Auslösung haben, um Aussagen zur Artenverteilung auf der lokalen Ebene zu ermöglichen (SIECK et al. 2011: 6).

Für die unter der FFH-RL geschützten Tierarten und LRT gibt es zudem wissenschaftliche Sensitivitätsabschätzungen gegenüber erwarteter Klimawandeländerungen (für Tierarten vgl. SCHLUMPRECHT et al. 2010; für LRT vgl. PETERMANN et al. 2007). Nachteil solcher Verfahren ist, dass Sensitivitätsanalysen nur zusätzliche Verstärkungen, aber keine Verringerungen der Gefährdungen bzw. positive Auswirkungen darstellen können (SCHLUMPRECHT et al. 2010: 300). Außerdem bringt der Klimawandel eine neuartige, sehr hohe zeitliche und räumliche Komplexität mit sich, die durch Erfahrungswissen über frühere Zustände nicht ausreichend abgedeckt werden kann. Verlässliche Aussagen über zu erwartende Zustände einzelner Arten/Lebensräume auf bestimmten Standorten auf Grundlage von Empfindlichkeitsanalysen sind nur sehr eingeschränkt möglich (DEMPE et al. 2012: 102; BALZER et al. 2007: 148).

Die DAS weist Bund und Länder an einen verstärkten Schwerpunkt auf Klimafolgenforschung zu setzen, um die Ergebnisse in die vorsorgende Planung zu integrieren. Auf Grund veränderter klimatischer Wasserbilanzen und Grundwasserstandsänderungen sind massive Änderungen auf Ebene der Lebensräume zu erwarten (WILKE et al. 2011: 52). Insbesondere die Landschaftsplanung soll klimawandelbedingte Dynamiken des Naturhaushaltes stärker berücksichtigen (BUNDESREGIERUNG 2008: 27f). Zusätzlich wird gefordert, die Planungs- und Verfahrensebene um differenziertere Prüfungen hinsichtlich klimawandelbedingter Auswirkungen auf Biotope und Arten zu erweitern, um so Anpassungsmöglichkeiten zu unterstützen (WILKE et al. 2011: 67, 79, 85). Als Reaktion darauf entwickelten JENSSEN et al. (2013) fortgeführt in SCHRÖDER et al. (2019) für Wald-Ökosysteme ein integriertes Bewertungssystem für Ökosystemfunktionen unter Berücksichtigung der Wirkungen des Klimawandels in Kombination mit Stoffeinträgen. Neben dem Klima spielt auch der Boden eine wichtige Rolle im Natur- und Wasserhaushalt. Bodenbiologische Eigenschaften beeinflussen die oberirdische Vegetation und somit die Ausprägung von Biotopen (SENEVIRATNE et al. 2010; CAVAGNARO 2016; BURKE et al. 2011; BRUNET &

NEYMARK 1992). Besonders lokale Bodenbedingungen sind für die räumliche Struktur von Biozönosen verantwortlich (BAILEY 2009: 145), wobei gerade das Bodenwasser entscheidender Faktor im Pflanzenwachstum ist (HOLSTEN et al. 2013: 47; LEE & MUDGE 2013; KRAMER 1994; KOERNER 2012). Abiotische Standortfaktoren als Grundlage zur Erhaltung und Entwicklung von Lebensräumen sollten in Planungen vor allem auf regionaler Ebene daher stärker berücksichtigt werden (WILKE et al. 2011: 81; VOHLAND 2012b: 159). KELSCHBACH & KLÜVER (2011) haben in ihrem Vorgehen zur Bestimmung der Erheblichkeit von Eingriffen im Rahmen der FFH-Verträglichkeitsprüfung Ansätze zur praktischen Boden-Lebensraum-Verknüpfung geschaffen.

Zusammenfassend besteht weiterhin Bedarf nach einer intensiveren konzeptionellen und anwendungsorientierten Forschung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf FFH-LRT (BEIERKUHNLEIN 2014b: 13; SCHLIEP et al. 2017: 93; HEILAND et al. 2018: 11). „Insbesondere werden für die Naturschutzpraxis Hinweise auf die Entwicklung von Lebensräumen benötigt, um frühzeitig Strategien für das zukünftig angemessene Management bestimmter Lebensraumtypen zu entwickeln.“ (DEMPE et al. 2012: 102) Um dem Vorsorgeprinzip im konservierenden Naturschutz stärker Rechnung zu tragen (vgl. Kap. 1.2), sollten insbesondere Methoden entwickelt werden, die in unteren Planungsebenen angewendet werden können, da diese für das Management der Natura-2000-Gebiete zuständig sind.

1.4 Zielsetzung

Angesichts des genannten Forschungsbedarfs ist das übergeordnete Ziel dieser Arbeit eine methodische Anleitung zu entwickeln, die eine wissenschaftlich basierte, räumlich-konkrete Projektion der Auswirkungen des Klimawandels auf Natura-2000-Gebiete ermöglicht. Dies soll durch folgende Unterziele operationalisiert werden:

- » Projektion der zukünftigen Veränderungen des Bodenwasserhaushalts unter Klimawandelbedingungen
- » Projektion der zukünftigen Veränderungen der Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope unter Klimawandelbedingungen
- » Projektion der zukünftigen Veränderungen des Erhaltungszustandes von FFH-LRT unter Klimawandelbedingungen

Für die Projektionen sollen ausschließlich Methoden angewandt bzw. entwickelt werden, die sich in die gängige Planungspraxis und -verfahren von Naturschutzbehörden integrieren lassen. Zusätzlich soll ein besonderer Schwerpunkt auf die Boden-Vegetation-Verknüpfung gelegt werden. Nicht untersucht werden Unsicherheiten in den Modellierungen sowie kostenbedingte Faktoren in der Planung von Adaptionsmaßnahmen.

Die Arbeit gliedert sich an das bereits laufende Forschungsprojekt KommKlima (DLR 2020: [www](#); LUH 2016: [www](#)) und verwendet daher die Stadtgemeinde Bremen und deren klimatische Veränderungen als Fallbeispiel und konzentriert sich insbesondere auf terrestrische Feuchtbiopte.

2 Vorgehen und Methode

2.1 Forschungsdesign

Das Forschungsdesign dieser Arbeit gliederte sich in vier Blöcke (s. Abb. 3). In einer Vorbereitungsphase wurde Grundlagenrecherche durchgeführt und für das Untersuchungsgebiet verfügbare Geodaten gesichtet. Basierend auf der Datenverfügbarkeit (vgl. Tab. 3), den Informationen über die naturräumlichen Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets (vgl. Kap. 2.2.2 und Kap. 2.2.3) und den relevantesten Klimawirkungen in der Stadtgemeinde Bremen (vgl. Kap. 2.2.1) wurden Grundannahmen für Zukunftsszenarien sowie Untersuchungsräume abgeleitet (vgl. Kap. 2.2.4 und Kap. 2.3.1). Auf Grund der mit dem Klimawandel verbundenen Unsicherheiten stellt der Einsatz von Szenarien eine angemessene Prognosemethode in der Landschaftsplanung dar (DIERSSEN 2008: 104; JESSEL 2008).

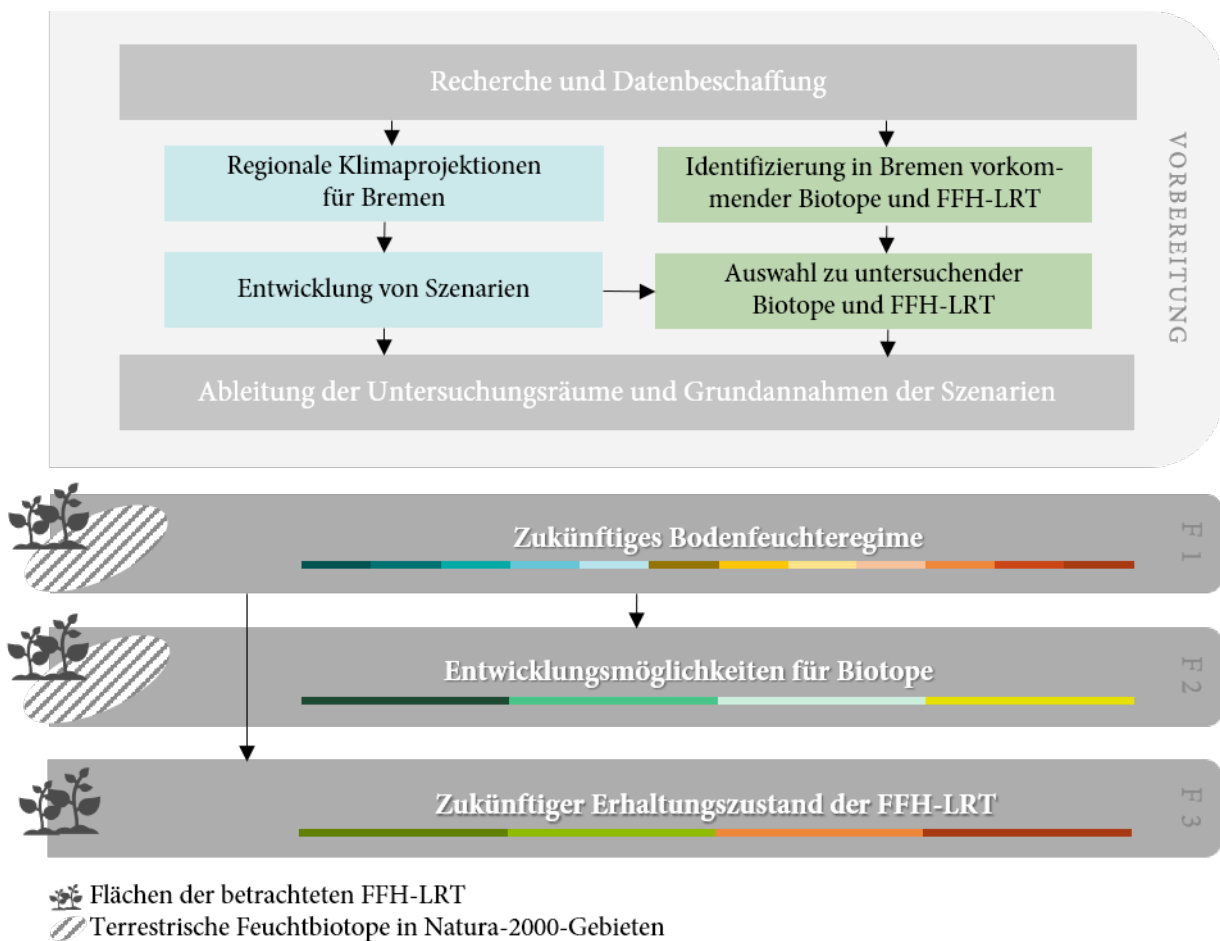


Abb. 3: Forschungsdesign, wobei F = Forschungsfrage

Auf Grundlage dieser Vorbereitung wurden Methoden angewandt bzw. erarbeitet, um Veränderungen des zukünftigen Bodenfeuchteregimes (vgl. Kap. 2.3.2) (Forschungsfrage 1), der zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope (vgl. Kap. 2.3.3) (Forschungsfrage 2) und des zukünftigen Erhaltungszustand von FFH-LRT in der Stadtgemeinde Bremen zu prognostizieren (vgl. Kap. 2.3.4). Eine Übersicht der zur Projektion angewandten Methoden, Arbeitsschritte und notwendigen Materialien sowie Geodaten lässt sich Tab. 2 entnehmen.

Tab. 2: Verwendete Methoden und notwendige Materialien und Daten

Ziel	Methode/Arbeitsschritte	Notwendige Materialien und Daten
Projektion zum zukünftigen Bodenfeuchteregime	Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe in Anlehnung an BENZLER et al. (1987), überarbeitet in MÜLLER & WALDECK (2011)	Geodaten: <ul style="list-style-type: none"> » Klimatische Wasserbilanz¹ » Grundwasserstufen² oder Grundwasserflurabstand² » Vernässungsstufen » Bodentyp » Bodenart (horizontbezogen) » effektive Durchwurzelungstiefe » nutzbare Feldkapazität Literatur: <ul style="list-style-type: none"> » Bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) » NIBIS Methodendatenbank (MÜLLER & WALDECK 2011)
Projektion zum Entwicklungspotenzial für Biotope	Ermittlung des Biotopentwicklungspotenzials in Anlehnung an BRAHMS et al. (1989), überarbeitet in HAAREN (2004a) und HAAREN et al. (2019)	Geodaten: <ul style="list-style-type: none"> » Bodenkundliche Feuchtestufe¹ » Effektive Kationenaustauschkapazität oder Bodenwertzahlen » Boden-pH-Wert » Biotoptypkartierung Literatur: <ul style="list-style-type: none"> » Dokumentation der Methode (BRAHMS et al. 1989; oder HAAREN 2004b; oder HAAREN et al. 2019) » Kartierschlüssel für Biotoptypen des Untersuchungsgebiets
Projektion zum zukünftigen Erhaltungszustand von FFH-LRT	<p>I. Charakterisierung des LRT mittels typischer Arten und ökologischer Feuchtebereich der LRT</p> <p>II. Parallelisierung der bodenkundlichen und ökologischen Feuchtestufe</p> <p>III. Bewertung der Vollständigkeit des Artinventars des LRT in Anlehnung an NLWKN (2011b, 2011c, 2011d, 2011e)</p> <p>IV. Gesamtbewertung des Erhaltungszustands des LRT in Anlehnung an LANA (2001)</p>	Geodaten: <ul style="list-style-type: none"> » Bodenkundliche Feuchtestufe¹ » FFH-LRT (inkl. Bewertungen der Habitatstruktur und der Beeinträchtigungen) Literatur: <ul style="list-style-type: none"> » Feuchtezahlen nach Ellenberg (ELLENBERG et al. 2001) » Charakterisierung der LRT (inkl. Liste lebensraumtypischer Arten) (bspw. NLWKN 2011a; oder SSYMANK et al. 1998) » Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-LRT in Niedersachsen (NLWKN 2011a) » Bewertungsschema für die Lebensraumtypen (Pinneberg-Schema) (LANA 2001)






Anmerkung: ¹ mindestens für diese Kennwerte müssen Zukunftsprojektionen vorliegen

² optimalerweise liegen für diese Kennwerte Zukunftsprojektionen vor





2.2 Datenlage und Beschreibung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Fläche der Stadtgemeinde Bremen (exklusive des Überseehafengebiets in Bremerhaven) und liegt im Nordwesten Deutschlands. Die Stadtgemeinde Bremen ist insgesamt 31.818 ha groß und befindet sich in Flachlandlage. Sie liegt im Zentrum des Bremer Beckens und wird von der Weser sowie mehrerer ihrer Nebenflüsse, wie z.B. der Ochtum (links der Weser), Lesum oder Wümme (rechts der Weser) durchflossen (SUBV 2016: 20). Eine Übersichtskarte mit den wichtigsten Gebietsnamen, die in dieser Arbeit für Verortungen verwendet werden, findet sich in Anhang I. Zur Charakterisierung der für diese Arbeit relevanten pedologischen, hydrologischen, klimatischen und ökologischen Gegebenheiten der Stadtgemeinde Bremen liegen Geodaten in unterschiedlichem Detail- und Aktualitätsgrad vor. Sie bilden die Grundlage für die Methodenanwendung dieser Arbeit. Einen Überblick über die verfügbare Datenlage bietet Tab. 3 und eine darauf aufbauende Charakterisierung des Untersuchungsgebiets ist den nachfolgenden Kapiteln zu entnehmen.

Tab. 3: Verfügbare Geodatengrundlage für das Untersuchungsgebiet

Parameter	Verfügbare Geodaten	Maßstab/Auflösung	Abgedeckter Raum (türkis)
Boden			
Bodentyp, Bodenart, weitere Bodeneigenschaften (Horizonte, Durchwurzelungstiefe, nutzbare Feldkapazität)	Bodenkarten_Bremen, GDfB, o.J,a in Verbindung mit: bk25_profile_HB (Excel-File), GDfB, 2002/2009-2010 Bodenkarte_HB_Horizonte (Excel-File), GDfB, 2002/2009 HB_We_Profile (Excel-File), GDfB, 2009	1: 25 000	
Bodenwertzahl	Bodenschätzung_2014_Project, HANEG, 2014	1: 5 000	
(Grund-)Wasser			
Grundwasserstufen, Vernässungsstufen	Bodenkarten_Bremen, GDfB, o.J,a in Verbindung mit: bk25_profile_HB (Excel-File), GDfB, 2002/2009-2010	1: 25 000	
Klimaprojektionen			
Klimatische Wasserbilanz	Mittlere klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr der Jahre 1971-2000 (Projektion), LBEG, 2019b Mittlere klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr der Jahre 2021-2050 (Projektion), LBEG, 2019c Mittlere klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr der Jahre 2071-2100 (Projektion), LBEG, 2019d	12,25 x 12,25 km	
Grundwasserneubildung	Mittlere Grundwasserneubildung der Jahre 2021-2050 (Projektion), LBEG, 2019be Änderung der mittleren Grundwasserneubildung der Jahre 2021-2050 im Vergleich zu 1971 – 2000 (Projektion), LBEG, 2019g Mittlere Grundwasserneubildung der Jahre 2071-2100 (Projektion), LBEG, 2019f Änderung der mittleren Grundwasserneubildung der Jahre 2071-2100 im Vergleich zu 1971 – 2000 (Projektion), LBEG, 2019h	500 x 500 m	

Fortsetzung Tab. 3: Verfügbare Geodatengrundlage für das Untersuchungsgebiet

Parameter	Verfügbare Geodaten	Maßstab/Auflösung	Abgedeckter Raum (türkis)
Lebensräume			
Biotoptypen	Biotoptypenkartierung, SUBV, GFL, POLYGONIS & HANEG, 2004-2014	1: 5 000	
FFH-LRT	FFH-Lebensraumtypen im Land Bremen, SUBV, 2004-2006/2008-2017	1: 5 000	
Schutzgebiete			
Vogelschutzgebiete	Vogelschutzgebiete, Schutzgebiete-Naturschutz Bremen, SKUMS, 2017b	1: 5 000	
FFH-Gebiete	FFH-Gebiete, Schutzgebiete-Naturschutz Bremen, SKUMS, 2017a	1: 5 000	

2.2.1 Derzeitiges und zukünftiges Klima

Für Bremen liegen mehrere regionale Klimaprojektionen vor (z.B. DWD & SUBV 2018; BENDER et al. 2018; LBEG 2019a) (ausführliche Zusammenstellung s. Anhang II). Sie decken unterschiedliche Projektionszeiträume und Emissionsszenarien des IPCC (2015) (so genannte Representative Concentration Pathways (RCP)) ab. Lediglich die Projektionen des LBEG sind räumlich verortet und machen Aussagen über die zukünftige klimatische Wasserbilanz (KWB) und Grundwasserneubildungsrate (GWNB); zwei Parameter, die für das Bodenfeuchteregime und Pflanzenwachstum von Bedeutung sind. Daher werden alle klimatischen Parameter für diese Arbeit den Projektionsergebnissen des LBEG (2019a) entnommen. Temperatur, Niederschlag und die KWB, als Differenz aus Niederschlag und Verdunstung, liegen in einem 12,25 x 12,25 km Raster vor, während die GWNB in einer Auflösung von 500 x 500 m vorhanden ist (s. Tab. 3). Alle Parameter werden für drei Zeitscheiben (Referenzzustand: 1971-2000; nahe Zukunft: 2021-2050; ferne Zukunft: 2071-2100) angegeben und beziehen sich auf das Klimaszenario RCP8.5. Das Klimaszenario RCP8.5 wird häufig als das „Weiter-wie-bisher“ (business as usual) Szenario bezeichnet, da es von einem kontinuierlichen Anstieg der Treibhausgasemissionen und keinen Anstrengungen bezüglich dessen Reduktion ausgeht. RCP8.5 rechnet mit einer CO₂-Konzentration bis zu 936 ppm in 2100, was zu einer zusätzlichen Strahlung von 8,5 Watt pro m² führt (IPCC 2013: 29).

Derzeit herrscht in Bremen vorwiegend maritimes Küstenklima, was durch kühle, niederschlagsärmere und eher milde Winter geprägt ist. Einflüsse kontinentaler Wetterlagen mit wärmeren, trockeneren Sommern und kalten Wintern sind nur gelegentlich vorhanden. Im Mittel kam es in Bremen 1971-2000 zu einem Niederschlag von etwa 700 mm/a (s. Abb. 4), wobei gerade im Sommer für das nordwestdeutsche Tiefland typische stärkere Niederschläge gehäuft auftraten (SUBV 2016: 18ff). Die Jahresdurchschnittstemperatur lag in Bremen 1971-2000 bei 9 °C (s. Abb. 4) (LBEG 2019a). In den darauffolgenden Jahren ist die Durchschnittstemperatur, sowohl im Sommer-, Winter-, als auch Jahresschnitt bereits gestiegen. Es wurden vermehrt Temperaturextrema von über 30 °C gemessen (SUBV 2016: 18ff). Diese Messergebnisse bestätigen, dass sich das Klima Bremens bereits in den letzten Jahrzehnten verändert hat und auch in Zukunft unter Klimawandelbedingungen mit deutlichen Veränderungen zu rechnen ist (ebd.: 62).

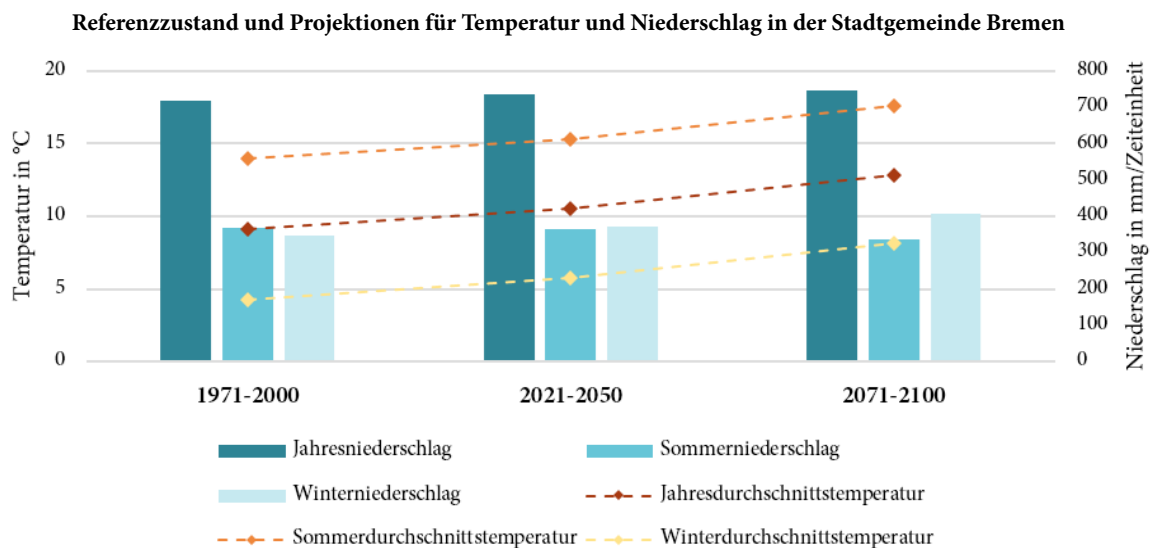


Abb. 4: Projektionen zur Temperatur und zum Niederschlag, jeweils im Jahresdurchschnitt sowie für Sommer (01.04. - 30.09.) und Winter (01.10. - 31.03.) für die Zeitscheiben 1971-2000 (Referenzzustand), 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) bei RCP8.5 (basierend auf: LBEG 2019a)

Die regionalen Klimaprojektionen prognostizieren für die Stadtgemeinde Bremen einen weiteren Anstieg der Temperaturen (s. Abb. 4). In der nahen Zukunft (2021-2050) wird eine Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur um 2 °C erwartet, wobei sich die Temperaturen im Sommer im Schnitt auf 15 °C und im Winter auf 6 °C erhöhen werden. Zudem wird bis 2071-2100 nochmals ein Anstieg um weitere 2 °C prognostiziert. Somit erreichen die Jahresdurchschnittstemperaturen in Bremen in der fernen Zukunft im Schnitt 13 °C. In einer Zeitspanne von 100 Jahren wird im Weiter-wie-bisher-Szenario insgesamt also eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von 4 °C erwartet.

Auch im Niederschlagsregime prognostizieren die regionalen Klimamodellierungen deutliche Veränderungen für Bremen (s. Abb. 5). Zwar ist mit einem leichten Anstieg des Jahresniederschlags auf 730 mm/a in der nahen (2021-2050) und 740 mm/a in der fernen Zukunft (2051-2100) zu rechnen, jedoch wird eine saisonale Verschiebung der Niederschlagsverteilung erwartet. Es wird ein Rückgang der sommerlichen Niederschläge und eine deutliche Zunahme der Winterniederschläge prognostiziert. Während in der Vergangenheit in Bremen mehr Niederschläge im Sommer verzeichnet wurden, wird in der nahen Zukunft etwa gleich viel Regen im Sommer und Winter fallen. Allerdings werden sich die Anteile in der fernen Zukunft weiter verschieben, sodass es 2071-2100 im Winter im Schnitt etwa 400 mm/Winter Niederschlag geben wird und im Sommer nur noch etwa 300 mm/Sommer zu erwarten sind.

Die Temperatur- und Niederschlagsveränderungen werden ebenfalls in der KWB sichtbar (s. Abb. 5). Die KWB ist die Differenz aus Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration in einem gewissen Zeitraum. „Positive Werte bedeuten Wasserüberschuss, negative Wassermangel“ (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 373). Für die nahe Zukunft (2021-2050) wird erwartet, dass die KWB in Bremen um 22,2 mm/a abnehmen wird, wobei, auf Grund des veränderten Niederschlagregimes, im Winter mit einer Zunahme und im Sommer mit einer starken Abnahme gerechnet wird. Bereits 2021-2050 wird für den Sommer eine negative KWB von etwa -160 mm/Sommer prognostiziert. In der fernen Zukunft (2071-2100) setzt sich dieser Trend fort. Es wird erwartet, dass die Jahres-KWB in Bremen auf etwa 20 mm/a sinken wird. Damit beträgt die KWB nur noch ein Fünftel des Wertes aus dem Referenzzeitraum 1971-2000. Zwar steigt in der fernen Zukunft die winterliche KWB auf etwa 260 mm/Winter, jedoch wird im Sommer mit einer großen Negativbilanz von -240 mm/Sommer gerechnet. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass in Bremen in Zukunft trockenere Sommer mit sommerlichem Wassermangel eintreten werden.

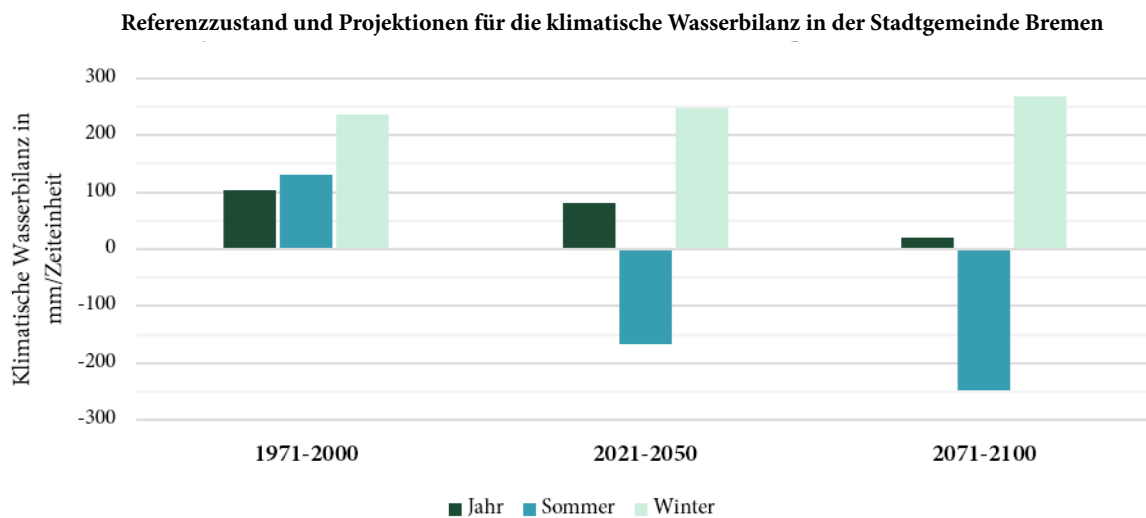


Abb. 5: Projektionen zur klimatischen Wasserbilanz im Jahresdurchschnitt sowie für Sommer (01.04. - 30.09.) und Winter (01.10. - 31.03.) für die Zeitscheiben 1971-2000 (Referenzzustand), 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) bei RCP8.5 (basierend auf: LBEG 2019b, 2019c, 2019d)

Durch die veränderte Wasserbilanz ist auch mit Veränderungen des Grundwasserspiegels in Bremen zu rechnen (SUBV & UMWELTSCHUTZAMT 2018: 20, 100; SUBV 2013: 3). Das LBEG (2019g, 2019h) prognostiziert im Szenario RCP8.5 für die Zukunft im Mittel insgesamt eine Abnahme der GWNB in der Stadtgemeinde Bremen. Allerdings zeigen die Projektionsergebnisse deutliche räumliche Unterschiede (s. Anhang III). Vor allem in Bremen-Ost, -West und -Süd sind in Zukunft Abnahmen der GWNB zu erwarten. Dies wird sich in der fernen Zukunft (2071-2100) besonders in Hemelingen sowie in einigen Bereichen in Burglesum weiter ausprägen. Insgesamt wird sowohl in der nahen als auch fernen Zukunft mit einer Grundwasserzehrung (negative GWNB) in Bremen-West sowie in weiten Teilen Bremen-Süds, Borgfeld, Oberneuland und Hemelingen gerechnet. Einzig im Bereich der Bremer Düne wird es in Zukunft voraussichtlich zu Erhöhungen der GWNB im Vergleich zum Referenzzeitraum (1971-2000) kommen. Wie sich die Veränderungen der GWNB lokal auf die Höhe der Grundwasserspiegel auswirkt ist bisher allerdings noch unklar. In der Klimaanpassungsstrategie Bremens heißt es lediglich, dass

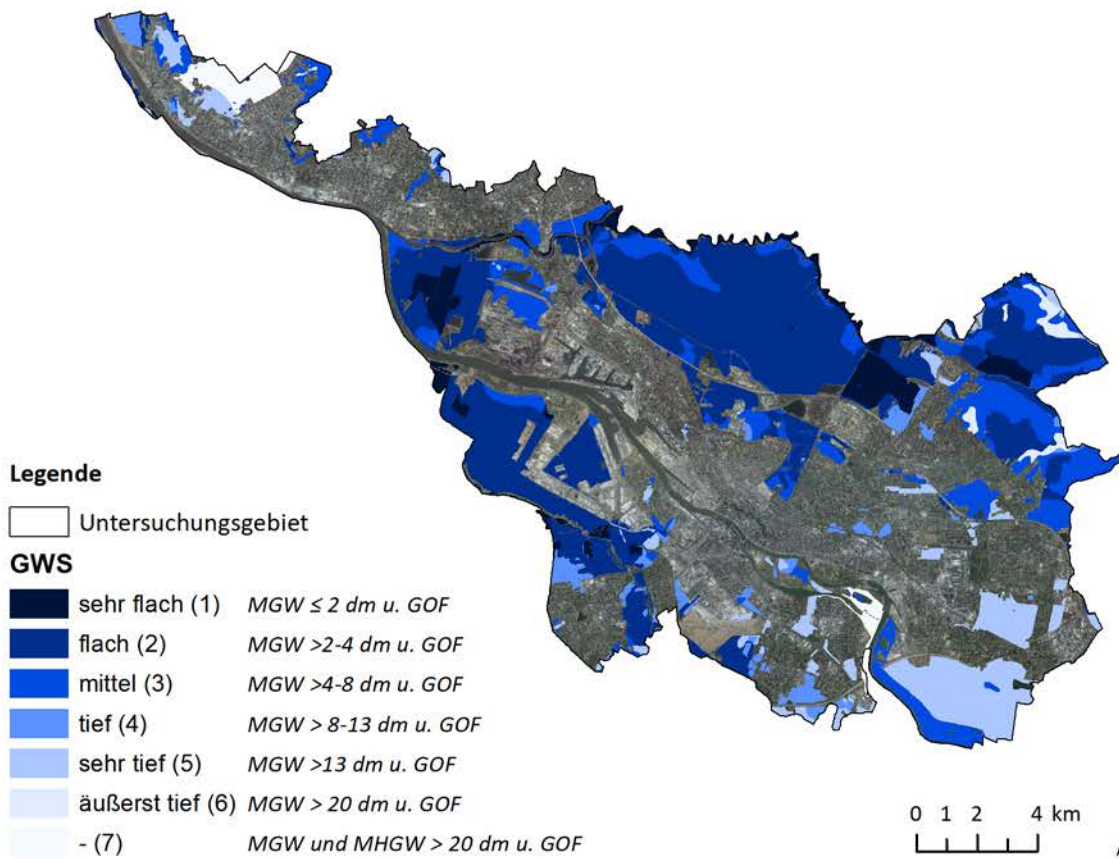
im Stadtgebiet mit „kleinen Veränderungen der Grundwasserstände“ (SUBV & UMWELTSCHUTZAMT 2018: 19) und in Bremen-Nord mit „einem Absinken der Grundwasserstände“ zu rechnen ist (ebd.: 19). Allerdings sind hierbei die Einflüsse des Meeresspiegelanstiegs und der Weser noch nicht berücksichtigt. Durch seine Küstennähe und tidebeeinflussten Fließgewässer wird das Untersuchungsgebiet ebenfalls in Zukunft von der Erhöhung des Meeresspiegels betroffen sein. Ein Anstieg von 2 bis 14 dm wird momentan für möglich gehalten (SUBV 2016: 61). Allerdings sind belastbare Aussagen und Werte bisher noch nicht vorhanden, da der Meeresspiegelanstieg von einer Reihe verschiedener, teils klimatischer und interkontinentaler Wirkfaktoren abhängig ist (WEISSE & MEINKE 2017: 83; BENDER et al. 2018: 28; DWD & SUBV 2018: 105). Für Bremerhaven gibt es auf Grundlage einer FREEWAT-Fallstudie bereits Zukunftsprojektionen zum Grundwasserstand unter Klimawandelbedingungen (vgl. PANTELEIT et al. 2018). Sie zeigen, dass bis 2100 im Modellgebiet Grundwasserabsenkungen von 0,1 m bis maximal > 2 m vorkommen werden, sie im Küstenbereich aber durch den Meeresspiegelanstieg und damit einhergehender Erhöhung der Grundwasserdruckspiegel abgepuffert werden können (ebd.: 242). Ergebnisse zum zukünftigen Grundwasserstand im Klimawandel für die Stadtgemeinde Bremen liegen zur Zeit der Bearbeitung dieser Arbeit allerdings noch nicht vor (PANTELEIT 2020: mdl.), weshalb in dieser Arbeit nicht auf quantifizierte Ergebnisse zu den zukünftigen Grundwasserständen im Untersuchungsgebiet zurückgegriffen werden kann.

2.2.2 Grundwasser und Boden

Räumlich verortete Informationen zur Hydrologie und Pedologie der Stadtgemeinde Bremen in relativ hoher Genauigkeit können der Bodenkarte im Maßstab 1 : 25 000 (BK25) entnommen werden (s. Tab. 3) und liegen für die im Jahr 1990 unbesiedelte Fläche vor (SUBV 2016: 22). Bremens Flachlandlage sowie geologischen Gegebenheiten führen zu hohen Grundwasserständen, die nah unter der Bodenoberfläche liegen (JORDAN 2012: 14). Das Grundwasser befindet sich in Bremen überwiegend im oberen Stockwerk, daher reichen die Grundwasserflurabstände von minimal 1 m bis maximal 25 m (SUBV 2016: 20) und sind überwiegend der Grundwasserstufe (GWS) 2 (flach) zuzuordnen (s. Abb. 6). Die tieferen Grundwasserstände (GWS 5-7) sind vorwiegend im Norden sowie Süd-Osten Bremens zu finden. Unmittelbar um die Weser hat der Tidehub Einfluss auf die Grundwasserstände. Außerdem lassen sich im Grundwasser des Untersuchungsgebiets zum Teil hohe Salzkonzentrationen feststellen (SUBV 2013: 7).

In der Stadtgemeinde Bremen kommen Böden der Abteilungen Moore, terrestrische und semiterrestrische Böden vor. Auf Grund der hydrologischen Gegebenheiten sind im Untersuchungsgebiet vorwiegend semiterrestrische Böden vertreten (SUBV 2016: 21) (s. Abb. 6). Semiterrestrische Böden haben sich unter Einfluss des Grundwasser gebildet und ein Aufstieg des Grundwasser erfolgt zumindest teilweise (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 507; BLUM 2012: 111). Im nicht entwässerten Zustand ist der Hauptwurzelraum daher maßgeblich durch das Grundwasser beeinflusst (WIECHMANN 2000: 21). Demnach finden sich semiterrestrische Böden im Untersuchungsgebiet auf den Flächen mit geringem Grundwasserflurabstand. Im Blockland sowie im Osten Bremens (Borgfeld und Oberneuland) treten zudem Moorböden auf. Böden der Abteilung Moore sind hydromorphe organische Böden mit Humushorizont (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 515). Im Untersuchungsgebiet wurde der Großteil der vorkommenden Moorböden allerdings entwässert, weshalb die Torfauflagen und Humusgehalte bereits geschrumpft sind und es sich überwiegend um Moorerden handelt (SUBV 2016: 21). Vor allem im Blockland sind überwiegend nur noch Niedermoore mit Kleimarschauflage vorhanden. Den geringsten Flächenanteil nehmen terrestrische Böden in der Stadtgemeinde Bremen ein. Terrestrische Böden entstehen außerhalb des Wirkungsbereichs von Grundwasser (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 488). Sie sind auf den Flächen mit hoher GWS, also im Norden sowie im Süd-Osten des Untersuchungsgebietes, vertreten, wobei es sich bei den Böden im süd-östlichen Bereich vorwiegend um Stauwasserböden handelt. Stauwasserböden gehören zur Abteilung der terrestrischen Böden, sind allerdings stark durch Sickerwasser geprägt, was auf Grund eines Verdichtungshorizontes nicht bzw. nur langsam versickert (UBA 2014: www).

Grundwasser



Boden

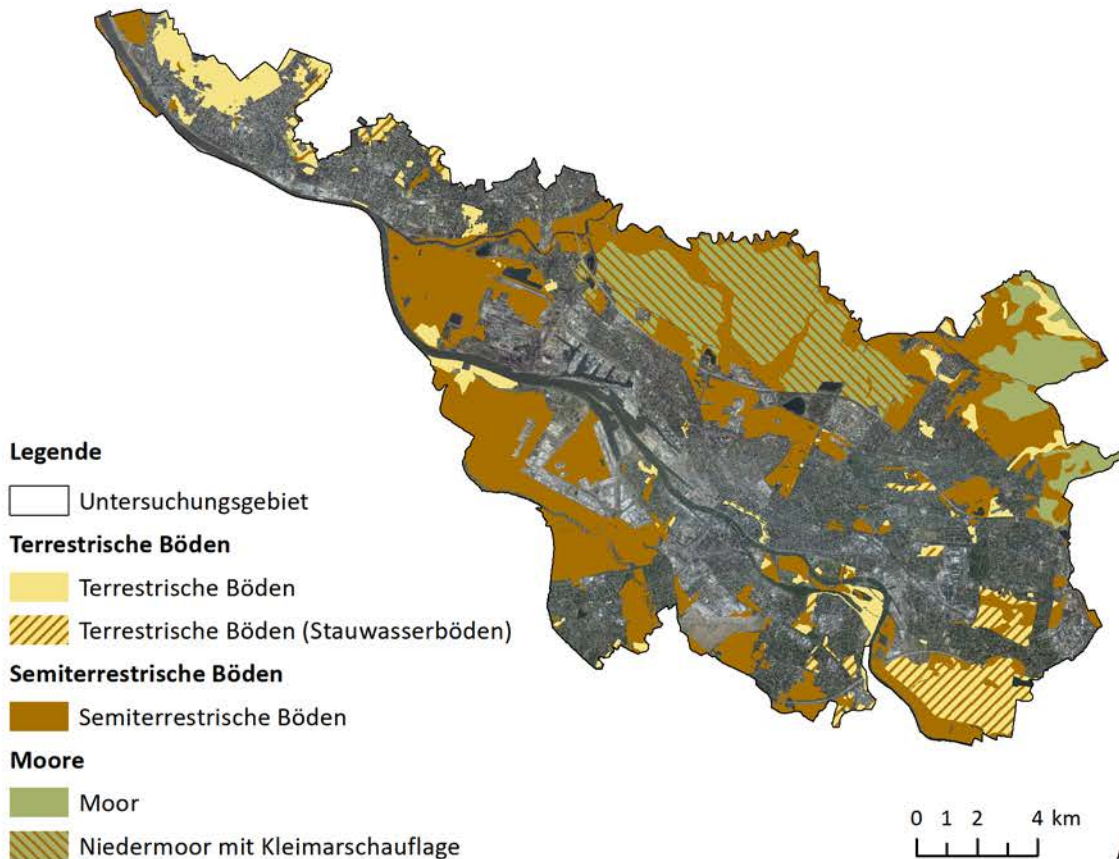


Abb. 6: Lage des Grundwassers, angegeben in Grundwasserstufen (oben), wobei MGW = mittlerer Grundwasserstand, MHGW = mittlerer Grundwasserhochstand, GOF = Geländeoberfläche; und in Bremen vorkommende Bodenabteilungen bzw. -klassen (unten) (Kartengrundlagen: GDFB o.J.a, 2002/2009-2010; GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

2.2.3 Landschaft und Lebensräume

Geodaten über Lebensräume (Biotoptypen und FFH-LRT) und Natura-2000-Gebiete liegen im Maßstab 1 : 5 000 vor (s. Tab. 3). Etwa 40 % der Stadtgemeinde Bremens sind unbesiedelte Landschaftsräume (SUBV 2016: 43, 2010: 13). Innerhalb des Bremer Beckens kommt es auf Grund seiner hydrogeologischen Merkmale (s. Kap. 2.2.2) zu einer natürlichen Versumpfung. Infolgedessen ist die freie Landschaft Bremens vor allem durch, für das Niederungsgebiet der Weser typische, ausgedehnte feuchte Grünlandflächen geprägt (SUBV 2016: 43; BfN 2012a: www, 2012b: www). Keine andere Stadt, die eine ähnliche Größe aufweist, hat einen so hohen Anteil von Grünland-Feuchtgebieten in der freien Landschaft wie Bremen (SUBV 2016: 24). Die Flächen umgeben den Stadtkern und bilden den bremischen Feuchtgrünlandring (s. Abb. 7). Er besteht vorwiegend aus dem Lebensraumkomplex Grünland-Graben-Areale und ist von hoher naturschutzfachlicher Bedeutung. Die Flächen bieten international wertvolle Brut-, Nahrungs- oder Rastgebiete für viele Vögel von gemeinschaftlichem Interesse (Arten des Anhang I der VS-RL).

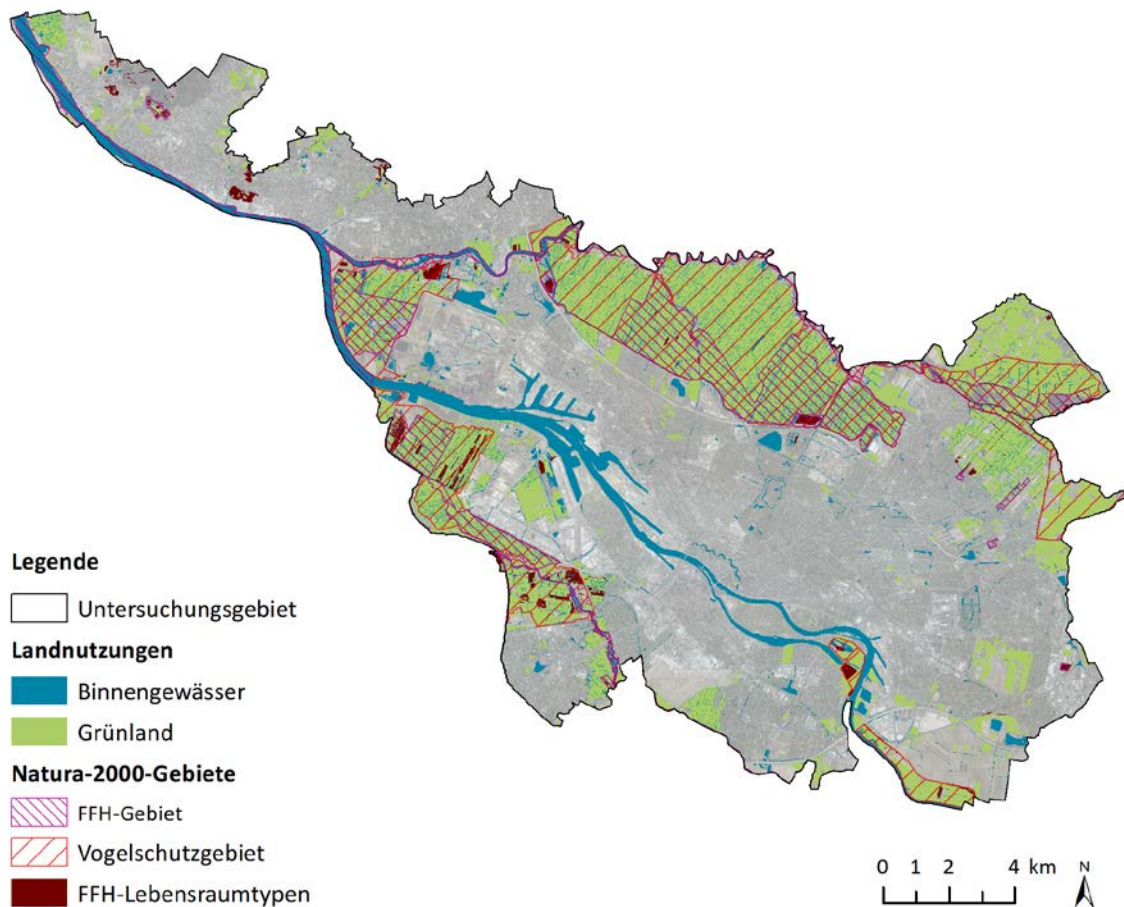


Abb. 7: Landnutzungen und Natura 2000 Gebiete in der Stadtgemeinde Bremen (Kartengrundlage: SUBV et al. 2004-2014; GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; SUBV 2004-2006/2008-2017; SKUMS 2017a, 2017b; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

Ein großer Teil des bremischen Feuchtgrünlandringes und damit der freien Landschaft des Untersuchungsgebietes sind Flächen des Netzes Natura 2000 (s. Abb. 7). In der Stadtgemeinde Bremen sind insgesamt 22 Gebiete gemeldete Natura-2000-Flächen. Davon entfallen acht Gebiete mit gesamt 6.880 ha auf VSG, was etwa 21 % der Gesamtfläche der Stadtgemeinde ausmacht. Weitere 14 Gebiete auf insgesamt 3.378 ha bzw. etwa 10 % der Fläche der Stadtgemeinde sind FFH-Gebiete (SKUMS 2017a, 2017b). Zudem kommen im Untersuchungsgebiet 24 FFH-LRT auf insgesamt 356 ha vor (s. Anhang IV) (SUBV 2004-2006/2008-2017). Diese verteilen sich in sieben Obergruppen (gem. Anhang I FFH-RL): Lebensräume in Küstenbereichen und halophytische Vegetation, Dünen an Meeresküsten und im Binnenland, Süßwasserlebensräume, gemäßigte Heide- und Buschvegetation, natürliches und naturnahes Grasland, Hoch- und Niedermoore sowie Wälder. Den größten Flächenanteil mit 177 ha nehmen die LRT des natürlichen und naturnahen Graslandes ein, was fast 50 % der Gesamtfläche der bremischen FFH-LRT ausmacht.

2.2.4 Auswahl und Charakterisierung betrachteter Lebensraumtypen

Die Stadtgemeinde Bremen trägt auf Grund des vergleichsweise hohen Vorkommens an Feuchtgrünland eine besondere Verantwortung für den Erhalt dieser Lebensräume als Habitat für viele geschützte Arten (FREIE HANSESTADT BREMEN o.J.: www; SUBV 2016: 25, 88). Gleichzeitig hat Grünland, insbesondere feuchte Ausprägungen, eine wichtige Funktion als CO₂-Senke, was vor dem Hintergrund des Klimawandels im Sinne der Mitigation ein wichtiges Element darstellt (BFN 2014a: 5f). Feuchtgrünland ist stark vom örtlichen Grundwasserstand abhängig. Auf Grund prognostizierter zunehmender Trockenheit in Bremen und damit einhergehender Änderungen des Wasserhaushaltes (vgl. Kap. 2.2.1) wird Feuchtgrünland in besonderem Maße durch den Klimawandel betroffen sein. Experten schätzen, dass in Zukunft in Bremen vor allem Feuchtbiotope durch den Klimawandel negativ beeinträchtigt werden, „erhebliche Veränderungen im Artenspektrum und in der Zusammensetzung der Vegetation [sind] zu erwarten“ sind (HANDKE 2010: 37) und naturschutzfachlich wertvolles Feuchtgrünland seltener wird (ebd.: 37). Aus diesen Gründen konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf alle terrestrischen Feuchtbiotope innerhalb der bremischen Natura-2000-Gebiete und einige exemplarische FFH-LRT des Feuchtgrünlandes. Eine Liste der betrachteten Biotoptyp-Obergruppen in den Natura-2000-Gebieten findet sich in Anhang V. Zur Auswahl der zu betrachtenden FFH-LRT wurden alle in Bremen vorkommenden FFH-LRT der Obergruppe „Natürliches und naturnahes Grasland“ (gem. Anhang I FFH-RL) herangezogen. Hier von kommen vier LRT in Bremen vor: Artenreiche montane Borstgrasrasen (6230*), Pfeifengraswiesen (6410), feuchte Hochstaudenfluren (6430) und magere Flachland-Mähwiesen (6510) (s. Anhang IV). Die Borstgrasrasen (6230*) werden jedoch ausgeschlossen, da sie in Bremen nur in trockener Ausprägung vorkommt (HANDKE 2010: 46; SUBV 2016: 82f). Zwar können bei mageren Flachland-Mähwiesen (6510) auch trockene Ausprägungen inbegriffen sein, allerdings ist dieser Grünland LRT in der Stadtgemeinde Bremen in der größten Flächenausdehnung vertreten (s. Anhang IV), sodass er in dieser Arbeit dennoch miteinbezogen wird. Zusätzlich wird der LRT 1340* Salzwiesen im Binnenland (Obergruppe Lebensräume in Küstenbereichen und halophytische Vegetation) betrachtet, da er feuchtes, salzgeprägtes Grünland beinhaltet und wertgebender LRT für bremische FFH-Gebiete ist (HANDKE 2010: 48). Außerdem gelten Salzwiesen als kaum regenerierbar (ACKERMANN et al. 2016b: www). Ein Verlust dieser Flächen wäre damit nahezu irreversibel und muss im Sinne des Vorsorgegrundsatzes unbedingt verhindert werden. Insgesamt ergeben sich somit vier Grünland FFH-LRT, die in dieser Arbeit beispielhaft betrachtet werden:

- » Salzwiesen im Binnenland (1340*, prioritärer LRT)
- » Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (*Molinion caeruleae*) (6410)
- » feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe (6430)
- » Magere Flachland-Mähwiesen (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*) (6510)

Die betrachteten LRT decken insgesamt eine Fläche von 174,8 ha ab und befinden sich vor allem an den Außengrenzen des Untersuchungsgebiets sowie entlang der Lesum (s. Abb. 8). Der LRT 6430 hat seinen Verbreitungsschwerpunkt im Osten Bremens (Borgfeld und Oberneuland), wo die feuchten Hochstaudenfluren linienförmig entlang von Entwässerungsgräben vorkommen. Größere Gebiete der Flachland-Mähwiesen finden sich in Bremen-Süd (Seehausen und Huchting), linksseitig der Weser. Pfeifengras- und Salzwiesen sind nur in sehr geringen Flächenanteilen vertreten und finden sich auf kleinen, vereinzelten Flächen im Blockland, im Hollerland und in Rethriehen.

Der Erhaltungszustand der betrachteten LRT in Bremen ist überwiegend günstig. Etwa die Hälfte der Flächen sind in einem guten Zustand und 20 % weisen sogar einen hervorragenden Zustand auf. Bei einem Fünftel der Flächen der betrachteten FFH-LRT wurde der Erhaltungszustand als mittel-schlecht eingestuft. Bei 4 % der Flächen sind in den vorliegenden Daten keine Angaben zum Erhaltungszustand vorhanden. In den nachfolgenden Kapiteln findet sich eine kurze Charakterisierung der LRT und ein Überblick über deren, gemäß der Geodaten, derzeitige Erhaltungszustände im Untersuchungsgebiet.

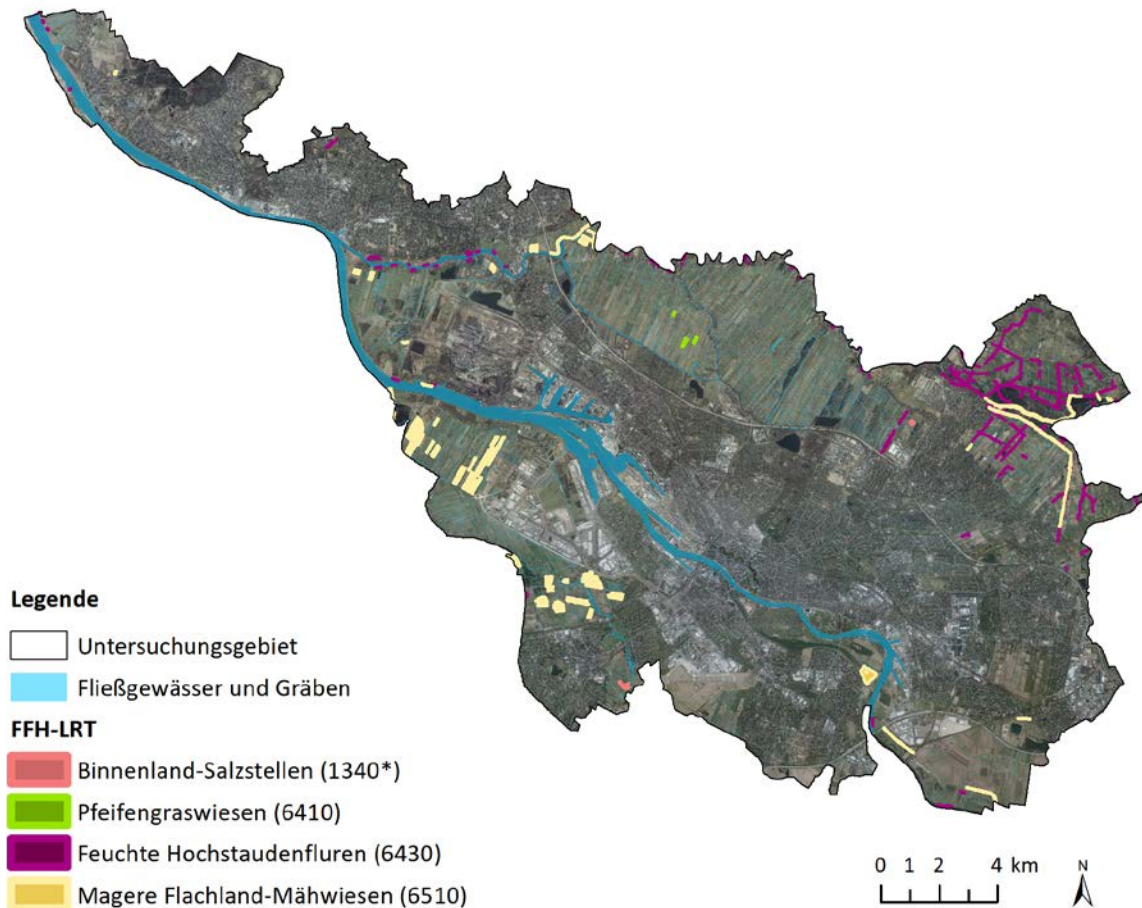


Abb. 8: Verortung der betrachteten FFH-LRT, zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe=tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartengrundlagen: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; SUBV 2004-2006/2008-2017; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

2.2.4.1 Binnenland-Salzstellen

LRT Code

1340* (prioritär)

Offizielle Bezeichnung (gem. FFH-RL)

Salzwiesen im Binnenland

Kurzbezeichnung (gem. BfN 2019c)

Binnenland-Salzstellen

Fläche in Bremen

1,6 ha

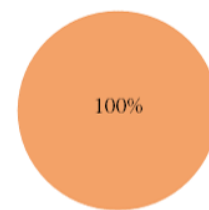
Biotoptypen Bremens (gem. HELLBERG & NAGLER 2013)

Naturnaher Salzsumpf des Binnenlandes (5.4.1 NHN), Salzbeeinflusstes Grünland des Binnenlandes (5.4.2 NHG); im Komplex mit der Salzvegetation: Naturnaher Quellbereich (4.1 FQ mit Zusatzmerkmal s), Naturnahes salzhaltiges Stillgewässer des Binnenlandes (4.21 SS) (angelehnt an: VON DRACHENFELS 2014: 17)

Kurzbeschreibung

Dieser LRT beschreibt natürliche, überwiegend primäre Salzstellen im Binnenland. Dieser LRT umfasst mehrere Komplexe: salzhaltige Quellausstritte, sowie Salztümpel, -bäche und die angrenzende Vegetation, wie z.B. Salzgrünland. Anthropogen entstandene Salzbiotope sind in diesem LRT nicht inbegriffen (BfN 2011a; EUROPEAN COMMISSION 2013: 22).

Erhaltungszustand in Bremen



- hervorragend
- gut
- mittel bis schlecht
- keine Angabe

2.2.4.2 Pfeifengraswiesen

LRT Code

6410

Offizielle Bezeichnung (gem. FFH-RL)Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (*Molinion caeruleae*)**Kurzbezeichnung** (gem. BfN 2019c)

Pfeifengraswiesen

Fläche in Bremen

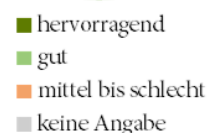
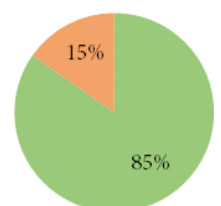
2,3 ha

Biotoptypen Bremens (gem. HELLBERG & NAGLER 2013)

Basen- und nährstoffarme Nasswiese (9.3.1 GNA) (angelehnt an: VON DRACHENFELS 2014: 49)

Kurzbeschreibung

Dieser LRT beschreibt Pfeifengraswiesen der planaren bis montanen Stufe. Die Wiesen sind durch überwiegend extensive Bewirtschaftung mit später Mahd entstanden. Der LRT ist an mehr oder weniger feuchten, nährstoffarmen Standorten mit eher kalkreichem oder eher sauren Böden zu finden und weist Kennarten des *Molinion* auf (BfN 2011d; EUROPEAN COMMISSION 2013: 76; VON DRACHENFELS 2014: 48).

Erhaltungszustand in Bremen

2.2.4.3 Feuchte Hochstaudenfluren

LRT Code

6430

Offizielle Bezeichnung (gem. FFH-RL)

Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe

Kurzbezeichnung (gem. BfN 2019c)

Feuchte Hochstaudenflur (10.3 UF, außer 10.3.6), Hochstaudenröhricht der Brackmarsch (3.7.3 KRH), Hochstaudensumpf nährstoffreicher Standorte (5.1.7 NSS, nur saumartige Ausprägungen außerhalb flächiger Brachwiesen) (angelehnt an: VON DRACHENFELS 2014: 50)

Fläche in Bremen

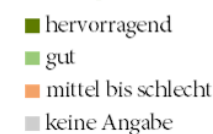
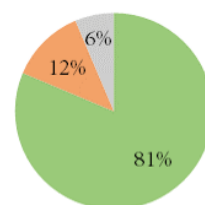
21,9 ha

Biotoptypen Bremens (gem. HELLBERG & NAGLER 2013)

Feuchte Hochstaudenflur (10.3 UF, außer 10.3.6), Hochstaudenröhricht der Brackmarsch (3.7.3 KRH), Hochstaudensumpf nährstoffreicher Standorte (5.1.7 NSS, nur saumartige Ausprägungen außerhalb flächiger Brachwiesen) (angelehnt an: DRACHENFELS 2014: 50)

Kurzbeschreibung

Dieser LRT beschreibt Hochstaudenfluren und Hochgrasfluren an feuchten und nährstoffreichen Standorten. Es sind verschiedene Hochstaudenfluren mitbegriffen, beispielsweise Biotope an Gewässern oder Waldrändern der planaren bis montanen Stufe (Subtyp 37.7), sowie Hochstaudenvegetation der montanen bis alpinen Stufe (Subtyp 37.8). Diese Saumgesellschaften sind durch überwiegend extensive Bewirtschaftung mit später Mahd entstanden. Der LRT ist an mehr oder weniger feuchten, nährstoffarmen Standorten zu finden (BfN 2011c; EUROPEAN COMMISSION 2013: 78). Anmerkung: Aufgrund der Höhenlage Bremens ist davon auszugehen, dass im Untersuchungsgebiet nur der Subtyp 37.7 anzutreffen ist.

Erhaltungszustand in Bremen

2.2.4.4 Magere Flachland-Mähwiesen

LRT Code

6510

Offizielle Bezeichnung (gem. FFH-RL)

Magere Flachland-Mähwiesen (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)

Kurzbezeichnung (gem. BfN 2019c)

Magere Flachland-Mähwiesen

Fläche in Bremen

149,48 ha

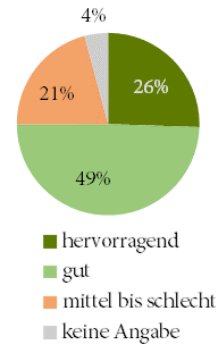
Biototypen Bremens (gem. HELLBERG & NAGLER 2013)

Mesophiles Grünland (9.1 GM, mit dem Zusatzmerkmal m, mw oder c) (angelehnt an: VON DRACHENFELS 2014: 53)

Kurzbeschreibung

Dieser LRT beschreibt artenreiche Mähwiesen auf wenig gedüngten, trockenen bis frisch-feuchten Standorten der planaren bis submontanen Stufe. Die Wiesen werden extensiv bewirtschaftet, wobei nur ein bis zwei Schnitte nicht vor Hauptblütezeit der Gräser durchgeführt werden (BfN 2011b; EUROPEAN COMMISSION 2013: 80).

Erhaltungszustand in Bremen



2.3 Methode

2.3.1 Grundannahmen der Zukunftsszenarien

Auf Grund der unterschiedlichen Datenverfügbarkeit zu den das Bodenfeuchteregime beeinflussenden Parametern (vgl. Kap. 2.2.2 sowie Tab. 2 und Tab. 3) werden in dieser Arbeit zwei Szenarien modelliert (s. Abb. 9). In einem eher konservativen Szenario („Klima“) fließen in die Modellierungen ausschließlich solche Kennwerte mit ein, zu denen bereits quantifizierte Projektionen vorliegen. Somit werden in diesem Szenario nur direkte klimatische Veränderungen (KWB aus Niederschlag und Temperatur) berücksichtigt.

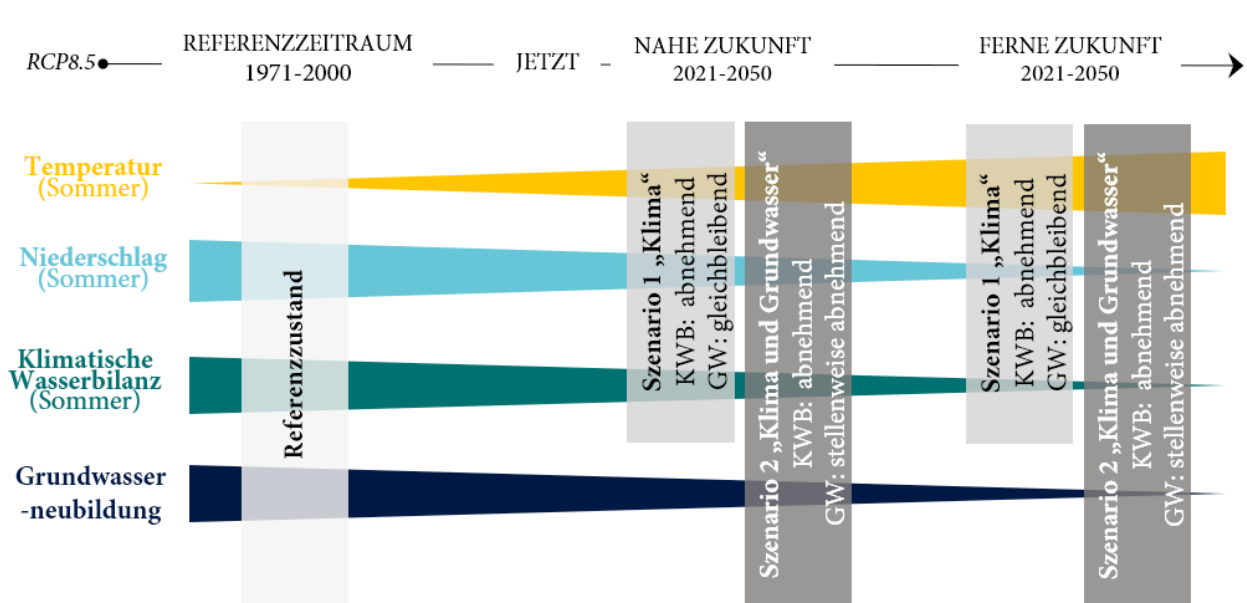


Abb. 9: Zugrundliegende Annahmen der Szenarien „Klima“ und „Klima und Grundwasser“, wobei sich Temperatur, Niederschlag und klimatische Wasserbilanz auf Werte in den Sommermonaten beziehen

Ferner wird ein extremeres Szenario („Klima und Grundwasser“) modelliert, indem zusätzlich zu den Annahmen des konservativen Szenarios noch pauschalisierte Annahmen zu Grundwasserstandsänderungen einfließen. Veränderungen der Grundwasserqualität oder hydrogeologisch bedingte Veränderungen in der Nährstoffverfügbarkeit und organischen Substanz im Boden werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Alle Modellierungen basieren auf den Mittelwerten der regionalen Klimaprojektionen des LBEG (2019a, 2019e, 2019f) und gelten für das Klimaszenario RCP8.5 (business as usual). In beiden Szenarien werden zwei Zeitscheiben modelliert, die nahe Zukunft (2021-2050) und die ferne Zukunft (2071-2100). Ferner wird szenarienunabhängig für jede Forschungsfrage für Vergleichszwecke der Zustand im Referenzzeitraum (1971-2000), ebenfalls basierend auf den Datensätzen des LBEG (2019a), modelliert. In allen Modellierungen werden lediglich die genannten klimatischen Parameter als veränderte Variable angenommen, andere Bereiche des Naturhaushalts (wie Landnutzung, Nährstoffhaushalt etc.) werden nicht verändert und entsprechen den jeweils aktuellsten Informationen aus den verfügbaren Geodaten (vgl. Tab. 3).

Die grundsätzlichen methodischen Herangehensweisen zur Beantwortung der Forschungsfragen unterscheiden sich in den Szenarien nicht. Alle räumlichen und statistischen Analysen wurden mit dem Geographischen Informationssystem ArcMap 10.7.1 von ESRI sowie unter Zuhilfenahme des Tabellenkalkulationsprogramms Excel von Microsoft durchgeführt.

2.3.2 Zukünftiges Bodenfeuchteregime

Der Bodenwasserhaushalt soll mit Hilfe der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) beschrieben werden. Die BKF bildet die Feuchtesituation eines Standortes ab und wird in zwölf Stufen (0 dürr bis 11 offenes Wasser) angegeben (BENZLER et al. 1987: 95; MÜLLER & WALDECK 2011: 225). Die BKF berücksichtigt alle relevanten bodenkundlichen und -hydrologischen Kennwerte und bezieht ebenfalls klimatische Parameter mit ein. Die herangezogenen Kennwerte sind standardisiert und übertragbar und die Methode zur Ermittlung der BKF wird in Niedersachsen regelmäßig in Planungs- und Genehmigungsverfahren, beispielsweise in der Bodenfunktionsbewertung (Lebensraumfunktion) oder landwirtschaftlichen Verfahren (vgl. z.B. ENGEL 2013; BOESS et al. 2011), verwendet (AD-HOC-AG BODEN 2007: 24, 54). Sie hat sich bereits als valide bewiesen und lässt sich ohne großen Mehraufwand in die gängige Planungspraxis von Naturschutzbehörden integrieren. Daher eignet sich diese Methoden besonders gut für das Ziel dieser Arbeit.

Die Modellierung der BKF erfolgte in Anlehnung an BENZLER et al. (1987), überarbeitet in MÜLLER & WALDECK (2011). Je nach vorliegender Bodenabteilung oder -klasse wird die BKF auf Grundlage unterschiedlicher Kennwerte bestimmt (s. Abb. 10). Nach MÜLLER & WALDECK (2011: 221) werden nur bei semiterrestrischen Böden und Stauwasserböden klimatische Parameter herangezogen. Auf Moorböden wird die BKF anhand der Vernässungsstufe ermittelt. Abweichend von MÜLLER & WALDECK (2011) wurde die BKF von Moorböden in dieser Arbeit nach demselben Vorgehen wie bei semiterrestrischen Böden bestimmt. Im Untersuchungsgebiet lassen sich im Blockland größtenteils Niedermoore mit Kleimarschauflage finden (s. Kap. 2.2.1, Abb. 6). Sie sind zwar grundsätzlich der Abteilung der Moore zuzuordnen (vgl. SUBV 2016: 22f), allerdings werden die obersten Bodenschichten, die maßgeblich für das Pflanzenwachstum sind, durch die Eigenschaften der Kleimarsch (semiterrestrischer Boden) mit der Hauptbodenart Lehmtone (Tu2) beeinflusst (GDfB 2002/2009-2010, 2002/2009). Aufgrund dieser bodentypologischen Besonderheit in Bremen ist eine methodische Abweichung angemessen und notwendig. Der Bodenwasserhaushalt terrestrischer Böden wird nach MÜLLER & WALDECK (2011) in Abhängigkeit der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) charakterisiert. Das bedeutet, dass bei der Bestimmung der BKF keine klimatischen Parameter berücksichtigt werden. Es wurde in Erwägung gezogen den methodischen Ansatz von HAUFFE et al. (1998), welcher in Baden-Württemberg zur Bestimmung der BKF verwendet wird (LUBW 2010: A-2), anzuwenden. Er bezieht bei nicht-hydromorphen Böden zusätzlich zur nutzbaren Feldkapazität (nFK) den Klimabereich (KB) mit ein. Allerdings werden hier trockenere KB nicht weiter differenziert, wodurch sich die zukünftige zunehmende Trockenheit in Bremen somit auch nach dieser Methode nicht in der BKF der terrestrischen Böden niederschlagen würde. Aus diesem Grund wurde die BKF terrestrischer Böden in dieser Arbeit weiterhin nach der Methode von MÜLLER & WALDECK (2011) bestimmt. Zwar können auch hier keine klimatisch

bedingten Veränderungen im Wasserhaushalt verdeutlicht werden, allerdings nehmen die terrestrischen Böden in der Stadtgemeinde Bremen auch nur den geringsten Anteil ein, sollen aber aus Gründen der Vollständigkeit auch bewertet werden.

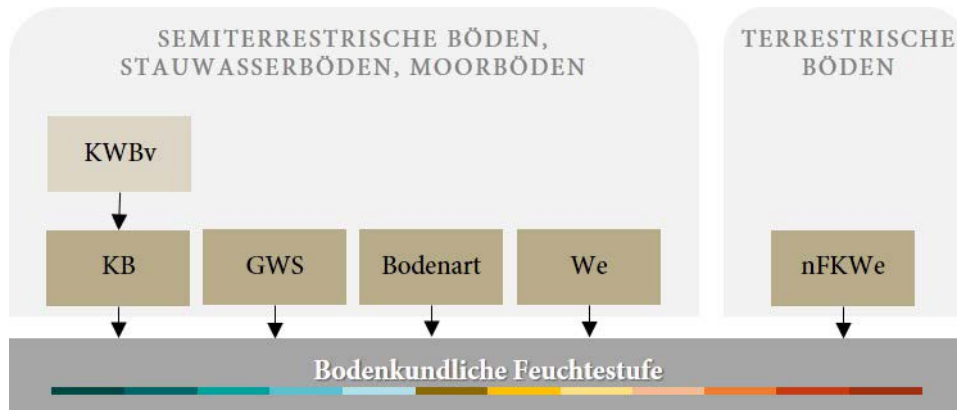


Abb. 10: Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe in Abhängigkeit der vorliegenden Bodenklasse/bzw. -abteilung in Anlehnung an MÜLLER & WALDECK (2011); wobei KWBv = mittlere klimatische Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode; KB = Klimabereich; GWS = Grundwasserstufe; We = effektive Durchwurzelungstiefe; nFKWe = nutzbare Feldkapazität des Wurzelraums

Zur methodischen Vorbereitung und Datenaufbereitung wurden in einem ersten Schritt die Bodentypen der BK25 (GDfB 2002/2009-2010) zunächst ihren jeweiligen Bodenabteilungen bzw. -klassen zugeordnet (s. Anhang VI). Dies erfolgte unter Berücksichtigung der Angaben des Landschaftsprogramm Bremens (SUBV 2016: 22f) und der Klassifikation in JORDAN (2012: A-Tab.1) sowie unter Zuhilfenahme allgemeiner bodenkundlicher Informationen (BOESS et al. 2004: 28ff; AG BODENSYSTEMATIK DER DBG 2018). Die Bodenklassifikation wurde anschließend mit einem räumlichen Datensatz über die Profilbodennummer zusammengefügt. Für den Raum Bremen lag dazu eine Bodenkarte vor, die den Flurstücken Profilbodennummern zuordnet (GDfB o.J.a). Da es in diesem Shapefile räumliche Überlappungen der Polygone (Flurstücke) gab, wurde das Shapefile zunächst einer topologischen Qualitätskontrolle unterzogen. Vorhanden Überlappungen wurden immer dem jeweils größeren Flurstück zugeordnet.

2.3.2.1 Semiterrestrische Böden, Stauwasserböden und Moorböden

Die BKF von semiterrestrischen Böden, Stauwasserböden und Moorböden ist abhängig von drei Kennwerten: dem KB, der GWS bzw. im Falle von Torfen der Vernässungsstufe und der Hauptbodenart(en) im effektiven Durchwurzelungsbereich (We).

Der KB ist eine dimensionslose Einteilung der mittleren KWB der Hauptvegetationsperiode (KWBv) und wird in zwölf Stufen (00 bis 10) angegeben. In den verwendeten Klimaprojektionen wird KWB für das Sommer- und Winterhalbjahr angegeben (LBEG 2019i: www) (vgl. Kap. 2.2.1). In dieser Modellierung wird das Sommerhalbjahr der Vegetationsperiode gleichgesetzt. Die Zuordnung des KB erfolgte gemäß Tab. 4.

Tab. 4: Ermittlung des Klimabereichs (KB) aus der klimatischen Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWBv) (hier KWB des Sommerhalbjahres) (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 202)

KWBv (in mm/v)	KB
< (-200)	00
(-200) bis < (-150)	0
(-150) bis < (-100)	1
(-100) bis < (-50)	2
(-50) bis < 0	3
0 bis < 50	4
50 bis < 100	5
100 bis < 150	6
150 bis < 200	7
200 bis < 300	8
300 bis < 400	9
> 400	10

Die GWS ist eine „definierte graduelle Abstufung des Grundwasserstandes im Boden“ (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 396) und wird in sieben Stufen (1 sehr flach bis 7 extrem tief) angegeben. Für die derzeitige GWS lagen in Bremen bereits bestehenden Daten vor (s. Tab. 3), die als Grundlage für die Modellierung verwendet wurden. Für das Szenario „Klima“ wurden sowohl für die nahe als auch ferne Zukunft unveränderte Grundwasserstände angenommen und daher wurde mit den bestehenden GWS gerechnet. Das Szenario „Klima und Grundwasser“ geht zusätzlich von veränderten Grundwasserständen basierend auf den Modellierungen des LBEG (2019e, 2019f) aus. Um den deutlichen räumlichen Unterschieden in der GWNB gerecht zu werden, wurde, nachdem die Daten zur zukünftigen GWNB mit der GWS verschnitten wurden, im Szenario „Klima und Grundwasser“ von Abnahmen der GWS entsprechend der Angaben in Tab. 5 ausgegangen.

Tab. 5: Annahmen zur Veränderung der Grundwasserstufe (GWS) der nahen und fernen Zukunft in Abhängigkeit der Grundwasserneubildung (GWNB) der betrachteten Zeitscheiben im Szenario „Klima und Grundwasser“

		Annahme GWS nahe Zukunft	Annahme GWS ferne Zukunft	
			2071-2100	
			Neubildung (GWNB ≥ 0 mm/a)	Zehrung (GWNB < 0 mm/a)
2021-2050	Neubildung (GWNB ≥ 0 mm/a)	unverändert	unverändert	+1
	Zehrung (GWNB < 0 mm/a)	+1	+1	+2

Für die nahe Zukunft wurde in den Bereichen Bremens, in denen für 2021-2050 eine Grundwasserzehrung (GWNB < 0 mm/a) prognostiziert wurde, von einer Erhöhung der GWS um eine Stufe ausgegangen. In allen anderen Bereichen wurden unveränderte GWS angenommen. In der fernen Zukunft wurde von einer Erhöhung der GWS um eine Stufe ausgegangen, wenn 2021-2050 noch eine positive GWNB vorliegen wird und erst für 2071-2100 eine Grundwasserzehrung prognostiziert wird. Ist jedoch bereits für die nahe Zukunft eine Grundwasserzehrung prognostiziert, welche sich auch in der fernen Zukunft fortsetzt, wurde von einer kontinuierlichen Senkung des Grundwasserspiegels ausgegangen und damit eine Erhöhung der GWS um zwei Stufen angenommen. Eine Erhöhung der GWS über die Stufe 7 hinaus ist nicht möglich und wurde somit ggf. abweichend von Tab. 5 nicht vorgenommen.

Zur Ableitung der BKF wurden anschließend die Daten zur Bodenart, zum Bodentyp, zur We und der Vernässungsstufe, welche in Excel-Tabellen vorlagen, mit der bereinigten Bodenkarte räumlich zusammengeführt und mit dem KB und der GWS verschnitten. Die BKF wurde zunächst für jeden Bodenhorizont bis zur We einzeln ermittelt. Für die gesamte Berechnung wurde die We für Grünland, d.h. eine um 10 % reduzierte We (MÜLLER & WALDECK 2011: 92), angenommen.

Tab. 6: Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) der Bodenartenhauptgruppen Sande, Schluffe, Lehme und Tone für die Klimabereiche (KB) 00 bis 1 in Abhängigkeit der Grundwasserstufe (GWS) (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 221ff)

Bodenart	KB 00							KB 0							KB 1						
	GWS							GWS							GWS						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	9	7	6	5	4	3	3	10	8	7	6	5	4	4	10	8	7	6	5	4	4
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	8	7	6	4	4	3	2	9	8	6	4	4	3	3	9	8	7	6	3	3	3
Lts, Slu, Sl4, Su4	8	7	6	5	3	2	2	9	8	6	4	3	3	3	9	8	6	5	3	3	3
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	8	7	6	5	3	2	2	9	7	6	4	3	2	2	9	8	6	5	2	2	2
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	8	7	5	4	2	2	1	9	7	6	4	3	2	2	9	7	6	4	1	1	1
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	7	6	4	3	1	1	1	8	7	5	3	2	1	1	8	7	5	1	1	1	1
gS, gSms, mSgs, mS	7	6	3	2	1	1	0	8	7	4	2	1	1	1	8	7	4	1	1	1	1

Anmerkung: 10 = nass; 9 = stark feucht; 8 = mittel feucht; 7= schwach feucht; 6 = stark frisch; 5 = mittel frisch; 4 = schwach feucht; 3 = schwach trocken; 2 = mittel trocken; 1 = trocken; 0 = dürr

Zum Teil wird in MÜLLER & WALDECK (2011) eine Differenzierung der BKF für Frühjahr und Sommer vorgenommen, da bei einigen Böden im Sommer der Grundwasseranschluss abreißen kann. In solchen Fällen wurde in dieser Arbeit stets die Sommerzahl verwendet, da der Sommer zumeist einen Großteil der Vegetationszeit (in Mitteleuropa etwa April- Anfang Oktober) einnimmt (GERICS o.J.: www).

Bei Sanden, Schluffen, Lehmen und Tonen erfolgte die Ermittlung des BKF in Abhängigkeit des KB und der GWS (s. Tab. 6). Bei Stauwasserböden wurde dieselbe Vorgehensweise zur Zuordnung der BKF angewandt, allerdings wurde für diese Böden pauschal kein Grundwasseranschluss (GWS 7) angenommen (MÜLLER & WALDECK 2011: 221). Lagen Torfe (Hn oder Hh) als Hauptbodenart vor, so wurde die BKF anhand der Vernässungsstufe abgeleitet (s. Tab. 7).

Tab. 7: Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) der Bodenartenhauptgruppe Torfe (Hn oder Hh) in Abhängigkeit von der Vernässungsstufe (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 224)

Vernässungsstufe	BKF	
	Stufe	Bezeichnung
6	11	offenes Wasser
5	10	nass
4	9	stark feucht
3	8	mittel feucht
2	7	schwach feucht
1	6	stark frisch

Aus den Zwischenergebnissen jedes Horizontes wurde über das arithmetische Mittel anschließend der Gesamtwert der BKF errechnet. Dazu wurde zunächst der Anteil (Gewichtung) jedes Horizontes an der W_e errechnet:

$$\begin{aligned} \text{Wenn } U_{\text{tief}} \leq W_e, \text{ dann } G &= U_{\text{tief}} - O_{\text{tief}} \\ \text{Wenn } U_{\text{tief}} > W_e, \text{ dann } G &= W_e - O_{\text{tief}} \end{aligned}$$

Wobei: G = Gewichtung; U_{tief} = Horizont Untergrenze (in cm); O_{tief} = Horizont Obergrenze (in cm); W_e = effektive Durchwurzelungstiefe für Grünland (in cm).

Anschließend wurde das gewichtete Mittel gebildet:

$$BKF_{\text{gesamt}} = \frac{1}{W_e} * \sum_{k=1}^{\text{Anzahl Horizonte}} BKF_k * G_k$$

Um das Vorgehen zur Ermittlung der BKF verständlicher zu machen, wird dies am Beispiel eines Kleimarschs (semiterrestrischer Boden) im Niedervieland (Profilbodennummer 200060) für die Zeitscheibe 2021-2050 im Szenario „Klima und Grundwasser“ illustriert:

Für 2021-2050 ist für die Beispielfläche eine mittlere KWB von -154 mm/Sommer prognostiziert. Gemäß Tab. 4 liegt das Gebiet demnach im KB 0. Das betrachtete Gebiet weist derzeit die GWS 1 (sehr flach) auf. Für 2021-2050 wird dort eine Grundwasserzehrung prognostiziert. Nach Tab. 5 wurde daher eine Erhöhung der GWS um eine Stufe angenommen. Demnach wurde in 2021-2050 von GWS 2 (1+1=2; flach) ausgegangen. Der betrachtete Kleimarsch hat laut BK25 bei Grünland eine W_e von 27 cm mit folgender Horizontierung:

1. Horizont: O_{tief} : 0 cm, U_{tief} : 20 cm, Hauptbodenart: Tu3
2. Horizont: O_{tief} : 20 cm, U_{tief} : 30 cm, Hauptbodenart: Tu2
- ≥ 3. Horizont: wird nicht weiter betrachtet, da nicht mehr innerhalb der W_e

Gemäß Tab. 6 wurde dann den durchwurzelten Horizonten unter Berücksichtigung des KB (0), der GWS (2) und der Hauptbodenart (Tu3 und Tu2) jeweils die BKF zugeordnet. Demnach ergaben sich für die beiden betrachteten Horizonte folgende BKF:

1. Horizont: BKF 8
2. Horizont: BKF 7

Anschließend wurde, gemäß der oben angegebenen Formeln, das arithmetische Mittel aus den horizontspezifischen BKF gebildet. Dazu wurde zunächst der Anteil der Horizonte an der We ermittelt:

1. Horizont: $O_{tief} \leq W_e$, daher $G = 20 - 0 = 20$
2. Horizont: $U_{tief} > W_e$, daher $G = 27 - 20 = 7$

Nun wurde das arithmetische Mittel aus beiden Horizonten errechnet, was die endgültige BKF der Beispielfläche ist:

$$BKF_{gesamt} = \frac{1}{27} \times (20 \times 8 + 7 \times 7) = 7,74 \approx 8$$

2.3.2.2 Terrestrische Böden exklusive Stauwasserböden

Die BKF terrestrischer Böden, mit Ausnahme von Stauwasserböden, wurde gemäß MÜLLER & WALDECK (2011: 224) anhand der nFKWe abgeleitet. Die nFKWe „ist die Summe des für die Pflanzen ausschöpfbaren Bodenwassers“ (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 356). Die Stufen der nFKWe wurden nach Tab. 8 der BKF zugeordnet.

Tab. 8: Einstufung der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) in Abhängigkeit der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) auf terrestrischen Böden (nach: MÜLLER & WALDECK 2011: 224; AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 355)

nFKWe			BKF	
Stufe	Bezeichnung	nFKWe (in mm)	Stufe	Bezeichnung
nFKWe 5	sehr hoch	> 200	5	mittel frisch
nFKWe 4	hoch	> 140 bis 200	4	schwach frisch
nFKWe 3	mittel	> 90 bis 140	3	schwach trocken
nFKWe 2	gering	> 50 bis 90	2	mittel trocken
nFKWe 1	sehr gering	≤ 50	1	stark trocken

2.3.3 Zukünftiges Entwicklungspotenzial für Biotope

Die Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope wurden anhand des Biotopentwicklungspotenzials (BEP) dargestellt. Das BEP beschreibt die Möglichkeiten der Abiotik zur Entwicklung bestimmter biotischer Ausprägungen unterschiedlichen naturschutzfachlichen Wertes. Es bewertet den Beitrag von Standorten zur Bereitstellung von Biodiversität. Auf Grundlage des Bodenwasserhaushaltes, beschrieben durch die BKF, und der Nährstoffverfügbarkeit im Boden kann in einem Ökogramm das Potenzial eines Standorts zur Entwicklung bestimmter Habitats bzw. Vegetationsgesellschaften abgelesen werden. Das BEP basiert auf der Annahme, dass auf Standorten mit extremen, stark von agrarischen Normalstandorten abweichenden Bedingungen die höchste Wahrscheinlichkeit zur Ausbildung naturschutzfachlich wertvoller Biozönosen existiert (HAAREN 2004a: 206f; ENGEL 2013: 13; HAAREN et al. 2019: 268f). In der Landschaftsplanung wird die Ermittlung des BEP vor allem zur Bodenfunktionsbewertung (natürliche Lebensraumfunktion), als Informationsgrundlage für Agrarumweltmaßnahmen und die Eingriffsregelung sowie zur Vorbereitung von Biotopkartierungen eingesetzt (AD-HOC-AG BODEN 2007: 16; HAAREN 2004a: 209f). Darüber hinaus zielt das BEP im Kern darauf ab, Potenziale aufzuzeigen und nicht eine Analyse einer Momentaufnahme durchzuführen (ENGEL 2013: 27; HAAREN et al. 2019: 268f). Die Modellierung des BEP gehört in einigen Ländern bereits zum Standardrepertoire der Landschaftsplanung (vgl. z.B. LANUV 2020; LFU BAYERN 2005; LUA 2003; MÜLLER & WALDECK 2011) und berücksichtigt eine

Vielzahl wesentlicher abiotischer bzw. bodenkundlicher Kenngrößen (AD-HOC-AG BODEN 2007: 16). Durch die Verwendung der BKF werden zusätzlich klimatische Parameter berücksichtigt, wodurch Klimaimpaktprognosen ebenfalls möglich sind. Daher eignet sich diese Methode für das Ziel dieser Arbeit. Die Ermittlung des BEP erfolgt nach HAAREN et al. (2019), verändert nach BRAHMS et al. (1989). Demnach wird das BEP aus der BKF und der Nährstoffverfügbarkeit abgeleitet. Hierzu wird zwischen Sonderstandorten, nährstoffarmen, mittleren und nährstoffreichen Standorten unterschieden. Diese werden wiederum in Abhängigkeit des Boden-pH-Wertes, welcher die effektive Nährstoffbereitstellung beeinflusst, nochmals unterteilt. So entsteht nach HAAREN et al. (2019) eine 16 x 11 (BKF x Nährstoffe und pH) Matrix. Diese musste auf Grund der Besonderheiten Bremens und der vorliegenden Datenlage angepasst und zu einer 11 x 4 Matrix verallgemeinert werden (s. Tab. 9).

Die Nährstoffverfügbarkeit des Bodens wird für das BEP anhand der effektiven Kationenaustauschkapazität (KAKeff) beschrieben (ebd.: 272; HAAREN 2004a: 210ff). Die KAKeff wurde für die Stadtgemeinde Bremen nicht ermittelt (BLANKENBURG 2020a: schriftl.). Der Kennwert lässt sich jedoch aus dem Feinbodenanteil, der Lagerungsdichte und der Horizontmächtigkeit im We, sowie dem pH-Wert des Bodens bestimmen (MÜLLER & WALDECK 2011: 43, 167f, 170, 173). Allerdings lagen aktuelle pH-Werte für die Stadtgemeinde Bremen nicht vor (BLANKENBURG 2020b: schriftl.). Daher wurden zur Beschreibung der Nährstoffverfügbarkeit die Bodenwertzahlen der Reichsbodenschätzung (BWZ) herangezogen (HAAREN et al. 2019: 272; HAAREN 2004a: 210ff) (s. Tab. 9). In der verwendeten Methode nach HAAREN et al. (2019) ist jedoch dennoch der Boden-pH-Wert zur weiteren Differenzierung des Nährstoffdargebots notwendig. Grundsätzlich hat die intensive landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland zu einer Standortnivellierung zum Normalbereich geführt, was einem mittleren pH-Wert entspricht (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 445ff; HAAREN 2004a: 206). Diese Entwicklung ist auch in Bremen zu beobachten (JORDAN 2012: 54; SUBV 2016: 66). Die Ergebnisse des Bodenmessprogramms für das Land Bremen zeigen, dass der pH-Wert der bremischen Böden zum Zeitpunkt der Messung zum größten Teil im mittleren pH-Bereich (4-7) lag (EBERLEIN et al. 1999: 28). Daher wurde in der vorliegenden Untersuchung stets vom Vorliegen schwach saurer bis schwach alkalischer Böden ausgegangen.

Tab. 9: Biotopentwicklungspotenzial in Abhängigkeit der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) und der Bodenwertzahl (BWZ) (verändert nach: HAAREN et al. 2019)

10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
Bodenfeuchte (BKF) Nährstoffe (BWZ)	nährstoffarm BWZ < 30	Mittlere Nährstoffversorgung BWZ = 30-70	nährstoffreich BWZ > 70	Salzböden
höchst spezialisierte, schutzwürdige Vegetation (am wertvollsten)				
stark spezialisierte, schutzwürdige Vegetation (sehr wertvoll)				
mäßig spezialisierte, schutzwürdige Vegetation (sehr wertvoll)				
Entwicklungspotenzial für mesophile Vegetationsgesellschaften auf Normalstandorten (Wert abhängig von Nutzungsform und Management)				
keine pauschale Einordnung möglich				

Zuletzt wurden noch Böden mit besonderen Eigenschaften identifiziert. Da auch hierzu keine räumlichen Bodendaten vorlagen, wurden solche Standorte über die Biotoptypenkartierung ermittelt. Dazu wurden alle Biotoptypen ausgewählt, die die jeweiligen Sonderstandorte, in diesem Fall Schwermetallböden und Böden mit hohem Salzgehalt besiedeln (s. Anhang VII). Schwermetallbiotope sind laut bremsischem Kartierschlüssel im gesamten Land nicht vorhanden (HELLBERG & NAGLER 2013: 170). Salzstandorte sind in Form von Salzbiotopen des Binnenlandes im Untersuchungsgebiet vertreten. Auf den Flächen dieses Biotoptyps, sowie den Flächen des LRT 1340* (Binnenland-Salzstellen) wurde angenommen, dass Böden mit hohem Salzgehalt vorliegen. In einem letzten Schritt wurden die identifizierten Sonderstandorte und die BWZ mit den Ergebnissen der BKF aus Forschungsfrage 1 (vgl. Kap. 2.3.2) verschnitten und gem. Tab. 9 wurde den Flächen das entsprechenden BEP zugeordnet.

2.3.4 Zukünftiger Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen

Nach den Vorgaben der Europäischen Kommission zum Standarddatenbogen (2011/484/EU) für die Übermittlung von Informationen zu Natura-2000-Gebieten wird der Erhaltungszustand von FFH-LRT in drei Kategorien angegeben. Die Kategorien A (hervorragender Zustand) und B (guter Zustand) bilden einen günstigen Erhaltungszustand ab, während die Kategorie C (mittel-schlecht) einen ungünstigen Erhaltungszustand beschreibt. Zur Ermittlung des Erhaltungszustandes werden drei Kriterien bewertet: Vollständigkeit der typischen Habitatstrukturen, Vollständigkeit des Arteninventars und Beeinträchtigungen. Die hier entwickelte Methode zur Ermittlung des zukünftigen Erhaltungszustandes von FFH-LRT setzt am Kriterium der Vollständigkeit des Arteninventars an und wird auf Grundlage von biotischen und abiotischen Faktoren ermittelt (s. Abb. 11).

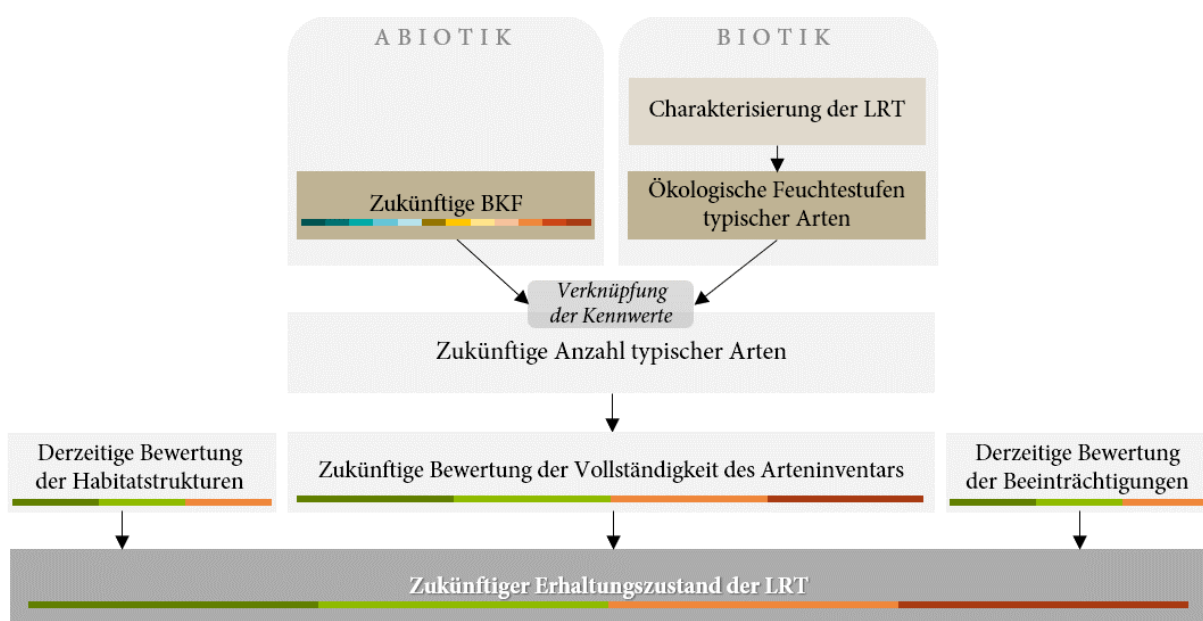


Abb. 11: Ermittlung der Veränderungen des Erhaltungszustandes, wobei BKF = bodenkundliche Feuchtestufe, LRT = Lebensraumtypen

Als abiotischer Faktor zur Projektion von Veränderungen des Erhaltungszustandes der FFH-LRT geht in dieser Arbeit die BKF ein, die den Feuchtezustand des Bodens kennzeichnet (vgl. Kap. 2.3.2). Biotische Faktoren werden in Form von ökologischen Feuchtestufen der lebensraumtypischen Arten herangezogen. Ein Vergleich des modellierten zukünftigen Bodenwasserhaushaltes mit den Ansprüchen der Arten ermöglicht eine Aussage zur zukünftigen Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars und schließlich die Ermittlung des Erhaltungszustandes der LRT unter Klimawandelbedingungen. Die hier entwickelte Methode lehnt sich an das Vorgehen zur Erheblichkeitsbestimmung in FFH-Verträglichkeitsprüfungen von KELSCHBACH & KLÜVER (2011) sowie an die Überlegungen von HAUFFE et al. (1998), JENSSEN et al. (2013: 96f), NICKEL & SCHRÖDER (2017: 71) und SCHRÖDER et al. (2019: 108ff) an.

Zunächst galt es die LRT und deren Standortansprüche zu charakterisieren. Bestenfalls sollten die Flächen der FFH-LRT jeweils individuell auf Grundlage von Kartierungen typischer Arten bzw. Vegetationsaufnahmen charakterisiert werden, sodass die tatsächliche Pflanzendecke abgebildet wird. Detaillierte Artenlisten für die betrachteten Flächen in der Stadtgemeinde Bremen lagen bei der Bearbeitung jedoch nicht vor. Zudem sind Vegetationsaufnahmen in der Planungspraxis relativ zeit- und kostenintensiv (TIEMEYER et al. 2017: 142), weshalb die LRT in dieser Arbeit auf andere Weise charakterisiert werden müssen. In der „Interpretation Manual“ der Europäischen Kommission (EUROPEAN COMMISSION 2013) werden die FFH-LRT zur besseren Interpretation des Anhang I der FFH-RL u.a. unter Angabe charakteristischer Pflanzen näher definiert. Diese Definitionen wurden zur Ausweisung der FFH-Gebiete und zum Monitoring auf Bundes- und Länderebene weiter konkretisiert, operationalisiert und vereinheitlicht (vgl. z.B. SSYMANK et al. 1998; BfN & BLAK FFH-MONITORING UND BERICHTSPFLICHT 2017). Viele dieser Hinweise beinhalten auch eine Auflistung der für den jeweiligen LRT typischen Blütenpflanzen sowie Kriterien zur Bewertung des Erhaltungszustandes. Der bremische Leitfaden (SUBV 2019) hierzu basiert auf den bundesweiten Hinweisen (BfN & BLAK FFH-MONITORING UND BERICHTSPFLICHT 2017). Hierin ist das Verfahren zur Bewertung der Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars nach bisherigem Stand (2. Überarbeitung) noch nicht weiter operationalisiert und sieht bisher noch eine gutachterliche Einschätzung vor (ebd.: 8). Zur Abschätzung des künftigen Erhaltungszustandes der FFH-LRT basierend auf der Abundanz kennzeichnender Arten sind jedoch quantitative Bewertungen notwendig. Daher wurden stattdessen die niedersächsischen Vollzugshinweise für LRT (NLWKN 2011a) herangezogen. Dies kann als vertretbarer Kompromiss gewertet werden, da durch die geographische Lage Bremens, als Bundesland innerhalb Niedersachsens, von einer starken naturräumlichen Ähnlichkeit der beiden Länder ausgegangen werden kann. Demnach wurden die in dieser Arbeit betrachteten LRT über die Blütenpflanzen der Referenzlisten Niedersachsens charakterisiert (vgl. NLWKN 2011b, 2011c, 2011d, 2011e). Zusätzlich können diese Pflanzenarten „indirekt als Zeigerarten für die jeweils charakteristischen Standortverhältnisse dienen“ (KELSCHEBACH & KLÜVER 2011: 17). In ihrem Vorgehen zur Erheblichkeitsbestimmung in FFH-Verträglichkeitsprüfungen ziehen KELSCHEBACH & KLÜVER (2011) die artspezifischen Feuchtestufen nach DAHMEN & DAHMEN (1994) aus der Datenbank TERRA BOTANICA heran. Abweichend davon sollen in dieser Arbeit jedoch die Zeigerwerte nach ELLENBERG (2001) auf Grund der nachfolgend genannten Vorteile verwendet werden. Der Gebrauch der Ellenbergschen Zeigerwerte ist eine in der Ökologie bereits gut etablierte und akzeptierte Standardmethode zur Beschreibung von Standortverhältnissen über die Pflanzendecke (TER BRAAK & GREMMEN 1987; KUNZMANN 1989; SCHAFFERS & SÝKORA 2000; ROMMELFANG & KÖHLER 2005: 403; NEWTON et al. 2012; BOHNER 2015). Die Zeigerwerte nach Ellenberg sind für nahezu alle mitteleuropäischen Pflanzenarten vorhanden und basieren auf langjährigen Feldbeobachtungen (ELLENBERG et al. 2001: 9ff, 48). Die Feuchtezahl (F) ist eine der am besten gesicherten Zeigerwerte (ebd.: 15f). Sie drückt „das durchschnittliche ökologische Verhalten [der Art] gegenüber der Bodenfeuchtigkeit bzw. dem Wasser als Lebensmedium“ unter Konkurrenzverhältnissen auf einer zwölfstufigen Skala aus (ebd.: 15). Durch ihre ebenfalls ordinale Skalierung und ihre qualitative Klassifizierung bildet sie ein geeignetes biotisches/ökologisches Gegenstück zur herangezogenen abiotischen/bodenkundlichen Feuchtegliederung (BKF) (SCHRÖDER et al. 2019: 106). Ergebnis des ersten Schrittes zur Modellierung des künftigen Erhaltungszustandes ist die ökologische Charakterisierung der FFH-LRT über ihre typischen Blütenpflanzenarten und deren Feuchtezahl (beispielhaft s. Tab. 10; die vollständigen Listen der vier Grünland-LRT sind Anhang VIII, Anhang IX, Anhang X, Anhang XI zu entnehmen).

Einige lebensraumtypische Arten wurden in ELLENBERG et al. (2001) als indifferent (x) eingestuft oder keine Feuchtezahl zugeordnet. Eine gesicherte Annahme zum ökologischen Verhalten dieser Arten bezüglich der Bodenfeuchte ist nicht möglich, eine logische Annahme kann jedoch auf Grundlage der Lebensraumassoziation und der Feuchtepräferenzen der anderen Referenzarten getroffen werden. Daher wurde in solchen Fällen davon ausgegangen, dass das ökologische Verhalten dieser Arten innerhalb der gesamten Feuchteamplitude des jeweiligen LRT liegt, die sich von der kleinsten bis größten Feuchtezahl der Referenzarten erstreckt. Da das ökologische Verhalten der Arten jedoch nicht noch weiter eingegrenzt werden kann, wird davon ausgegangen, dass den Arten innerhalb der lebensraumtypischen Feuchteamplitude potenziell jede der Feuchtezahlen zugeordnet werden kann.

Tab. 10: Ökologische Charakterisierung des LRT Binnenland-Salzstellen (1340*)

Typische Pflanzenarten nach NLWKN (2011e)	Feuchtezahl nach ELLENBERG et al. (2001)												Sonstiges	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<i>Aster tripolium</i>						○	○	○						x=
<i>Juncus gerardii</i>						○	○	○						x=
<i>Puccinellia distans</i>						●								~
<i>Bupleurum tenuissimum</i>							●							~
<i>Spergularia salina</i>							●							=
<i>Trifolium fragiferum</i>							●							
<i>Triglochin maritimum</i>							●							=
<i>Apium graveolens</i>								●						
<i>Glaux maritima</i>								●						=
<i>Halimione pedunculata</i>								●						
<i>Salicornia ramosissima</i>								●						=

Anmerkung: 1 = Starktrockniszeiger; 2 = zwischen 1 und 3 stehend; 3 = Trockniszeiger; 4 = zwischen 3 und 5 stehend; 5 = Frischezeiger; 6 = zwischen 5 und 7 stehend; 7 = Feuchtezeiger; 8 = zwischen 7 und 9 stehend; 9 = Nässezeiger; 10 = Wechselwasserzeiger; 11 = Wasserpflanze; 12 = Unterwasserpflanze; ~ = Zeiger für starken Wechsel; = = Überschwemmungszeiger; X = indifferent; ● = Einstufung gem. Ellenberg et al. (2001); ○ = eigene Annahme zum ökologischen Verhalten der Art bezüglich der Bodenfeuchte

Beim LRT Binnenland-Salzstellen (1340*) sind beispielsweise *Aster tripolium* und *Juncus gerardii* nach Ellenberg hinsichtlich der Feuchtepräferenz als indifferent eingestuft worden. Die Feuchtezahlen der anderen lebensraumtypischen Arten und damit die Feuchteamplitude des LRT reicht von 6 (Frische- bis Feuchtezeiger) bis 8 (Feuchte- bis Nässezeiger). Demnach wird angenommen, dass *Aster tripolium* und *Juncus gerardii* ebenfalls an frischen bis nassen (6-8) Standorten vorkommen (s. Tab. 10).

Um die potenziell zukünftige Anzahl lebensraumtypischer Arten auf einem Standort ermitteln zu können, musste im nächsten Arbeitsschritt die BKF und ökologische Feuchtestufe (Feuchtezahl) parallelisiert werden, d.h. die Stufen der beiden Kennwerte werden einander zugeordnet. Eine allgemeingültige Parallelisierung der BKF mit den Feuchtezahlen nach Ellenberg ist bisher noch nicht vorhanden. Eine reine Zuordnung über die semantische Beschreibung der beiden Kennwerte darf nicht vorgenommen werden. Auch bei gleichlautenden Beschreibungen können unterschiedliche Inhalte wiedergegeben werden (ZEPP 1995: 25). Daher sollte eine Parallelisierung auf empirischen Daten begründet werden (SCHRÖDER et al. 2019: 108; NICKEL & SCHRÖDER 2017: 71). Bestenfalls werden hierzu die mittlere Feuchtezahlen (mF) verschiedener Vegetationsaufnahmen mit der ermittelten BKF des Erfassungsjahres überlagert. Vegetationsaufnahmen für die Stadtgemeinde Bremen waren bei der Bearbeitung dieser Arbeit allerdings nicht zugänglich. Als räumliche Daten lagen lediglich Punktdaten einiger Zielarten Bremens vor. Bei Überprüfung der Daten in ArcMap wurde jedoch festgestellt, dass die Verortung der Punkte keine ausreichende Lagegenauigkeit besitzt. Um dennoch eine empirisch belegbare Parallelisierung vorzunehmen wurden die mF der Referenzlistenarten der LRT in Bremen mit der BKF des Referenzzeitraums (1971-2000) überlagert. Aus dieser Überlagerung wurde pro LRT ein Wertpaar aus mF und dem arithmetischen Mittel der BKF (mBKF) gebildet (s. Abb. 12). Um den Datenpool zu vergrößern, auf den sich die Parallelisierung stützt, wurden hierzu neben den betrachteten Grünland-LRT auch weitere in Bremen vorkommende LRT, die andere Feuchteverhältnisse repräsentieren, miteinbezogen. LRT, deren Überlagerungsfläche mit der BKF kleiner als ein Hektar ist, wurden nicht berücksichtigt. Bei Wald-LRT wurden die Referenzarten der Krautschicht verwendet, da Gehölze eine größere We haben (DANNOWSKI & WURBS 2003: 101; DANNOWSKI 2004: 23). In den empirischen Vergleich konnten nicht alle bremischen Wald-LRT mit einbezogen werden, da sich für einige LRT die Vollzugshinweise Niedersachsens mit den entsprechenden Referenzartenlisten derzeit in Überarbeitung befinden (Stand: 12.03.2020, NLWKN 2019: www).

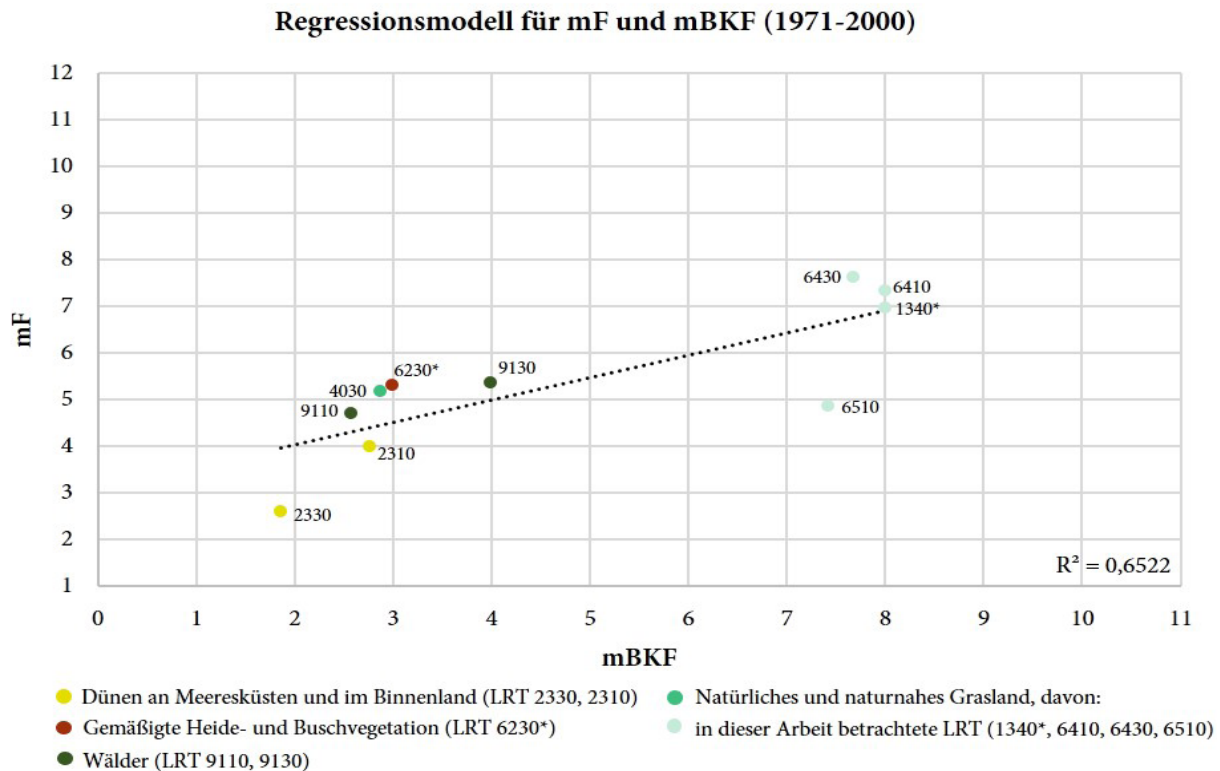


Abb. 12: Regressionsmodell der mittleren Feuchtezahl (mF) und dem arithmetischen Mittel der bodenkundlichen Feuchtestufe (mBKF) im Referenzzeitraum (1971-2000)

Um eine zuverlässige Parallelisierung der ökologischen und bodenkundlichen Feuchtestufen vorzunehmen, musste der Zusammenhang der beiden Variablen mF und mBKF ermittelt werden. Die graphische Darstellung der Wertpaare mF und mBKF ließ eine lineare Beziehung vermuten (s. Abb. 12). Daher wurde eine einfache lineare Regressionsanalyse durchgeführt (TOUTENBURG & HEUMANN 2008: 193), wobei mBKF die unabhängige und mF die abhängige Variable bildete. Voraussetzung für eine lineare Regression ist, dass die Variablen intervallskaliert sind (RASCH 2008: 163). Die BKF und Feuchtezahl nach Ellenberg sind jedoch ordinalskaliert. Verschiedene Untersuchungen haben allerdings gezeigt, dass die Feuchtezahl als quasi-kardinal angesehen werden kann. Zudem sind mathematische Berechnungen mit Feuchtezahlen gängige Praxis (ausführlich vgl. ELLENBERG et al. 2001: 44ff) und eine Auffassung dieser als intervallskalierte Variablen ist zulässig (LEYER & WESCHE 2008: 14; MÜLLER-BENEDICT 2011: 241). Um die Parallelisierung zu vereinfachen wurde die zugehörige Regressionsgerade eingeblendet. Sie kann mit der folgenden Geradengleichung beschrieben werden:

$$\hat{y} = 0,4812x + 3,0721$$

Um das Maß des Zusammenhangs der ökologischen und bodenkundlichen Feuchtestufe zu beurteilen, wurde außerdem der Determinationskoeffizient (R^2) ermittelt. R^2 ist ein Maß für die Güte der Beziehung und liegt zwischen 0 und 1, wobei 1 einen vollständigen Zusammenhang beschreibt (LEYER & WESCHE 2008: 19; RASCH 2008: 161). Für die Beziehung von mF und mBKF in dieser Arbeit ergab sich $R^2 = 0,65$ (s. Abb. 12). Somit können 65 % der Varianz der Feuchtezahl nach Ellenberg durch die BKF erklärt werden. Nach MÜLLER-BENEDICT (2011: 256) können Werte für R^2 von über 0,3 als gut bestätigte und Werte über 0,7 als sehr gut bestätigte Zusammenhänge gesehen werden. Demnach kann von einem gut gesicherten, linearen Zusammenhang zwischen der Feuchtezahl nach Ellenberg und der BKF ausgegangen werden.

Feuchtegradienten sind in der Realität fließend. Zur Parallelisierung der beiden Feuchtestufen mussten aber erneut Klassifizierungen vorgenommen und demnach Grenzen gezogen werden. Dafür wurden wieder die ursprünglichen ganzzahligen Klassengrenzen der Feuchtezahl und BKF angenommen. Die Zuordnung der Feuchtezahlen zu den Stufen der BKF orientierte sich dabei an der Gerade des Regressionsmodells (s. Abb. 12), wobei möglichst wenig Wertpaare als Ausreißer außerhalb der Zuordnung liegen, aber die Zuordnung gleichzeitig möglichst eng gefasst werden sollte. Das Ergebnis der Parallelisierung und Grundlage zur Verknüpfung der BKF mit den Feuchtezahlen nach Ellenberg ist Tab. 11 zu entnehmen.

Tab. 11: Verknüpfung der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) nach BENZLER et al. (1987) bzw. MÜLLER & WALDECK (2011) mit den Feuchtezahlen nach ELLENBERG et al. (2001)

BKF		Feuchtezahl nach ELLENBERG ET AL. (2001)	
Bezeichnung	Zahl	Zahl	Bezeichnung
stark trocken	1	2	Starktrocknis- bis Trockniszeiger
mittel trocken	2	3 4	Trockniszeiger Trocknis- bis Frischezeiger
schwach trocken schwach frisch	3 4	5	Frischezeiger
mittel frisch stark frisch	5 6	6	Frische- bis Feuchtezeiger
schwach feucht mittel feucht	7 8	7	Feuchtezeiger
stark feucht	9	8	Feuchte- bis Nässezeiger
nass	10	9	Nässezeiger

Basierend auf der Parallelisierung der bodenkundlichen und ökologischen Feuchtestufe konnte nun ermittelt werden, wie viele der lebensraumtypischen Arten bei welcher BKF potenziell vorhanden sind. Dies wurde anschließend gemäß der quantitativen Vorgaben zur Bewertung der Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars in den niedersächsischen Vollzugshinweisen (NLWKN 2011a) bewertet. Bei Angabe zweier Grenzwerte wurde nach dem Vorsorgeprinzip immer der jeweils höhere Schwellenwert angenommen. Demnach ergaben sich für die in dieser Arbeit beispielhaft betrachteten Grünland LRT die in Tab. 12 dargestellten Bewertungen auf Böden mit den jeweiligen BKF.

Tab. 12: Bewertung der Vollständigkeit des Arteninventars der betrachteten FFH-LRT auf den jeweiligen bodenkundlichen Feuchtestufen (BKF) nach NLWKN (2011b, 2011c, 2011d, 2011e)

BKF der Fläche		1340*		6410		6430		6510	
		Bewertung des Arteninventars	potenzielle Anzahl typischer Arten	Bewertung des Arteninventars	potenzielle Anzahl typischer Arten	Bewertung des Arteninventars	potenzielle Anzahl typischer Arten (w/t)	Bewertung des Arteninventars	potenzielle Anzahl typischer Arten
1	stark trocken	X	0	X	0	X	0/0	X	0
2	mittel trocken	X	0	C	4	X	0/0	A	22
3-4	schwach trocken - schwach frisch	X	0	C	3	X	0/1	A	17
5-6	mittel - stark frisch	C	2	B	6	C	0/7	A	18
7-8	schwach - mittel feucht	B	5	B	9	A	2/6	C	6
9	stark feucht	B	5	B	7	A	7/12	X	0
10	nass	X	0	B	5	B	3/3	X	0

Anmerkung: A = hervorragend; B = gut; C = mittel-schlecht; X = verschwunden; bei LRT 6430 bezieht sich die Angabe der Anzahl potentiell vorkommender Arten auf w=wertgebende und t=typische

Da in ELLENBERG et al. (2001) einigen Arten keine Feuchtezahl zugewiesen oder sie als indifferent eingestuft wurden, musste hierfür eine Rechenkonvention zur Quantifizierung der Artenzahlen vorgenommen werden. Einerseits darf das Vorkommen solcher Arten nicht fälschlicherweise überschätzt werden, andererseits dürfen sie auch nicht vollkommen außen vorgelassen werden, da sonst die Bewertungsgrenzwerte zur Vollständigkeit des Arteninventars in den Vollzugshinweisen anteilig angepasst werden müsste. Daher wurde jeweils mit einer 50 %igen Vorkommenswahrscheinlichkeit gerechnet. Die Anzahl potenziell vorkommender lebensraumtypischer Arten auf der jeweiligen BKF ist der Durchschnitt aus der jeweiligen Anzahl der Arten mit gesicherter Feuchtestufe und der Summe dieser, plus der Anzahl der indifferenten Arten bzw. solcher ohne Angabe der Feuchtezahl. Dies soll im Folgenden am Beispiel des LRT Binnenland-Salzstellen (1340*) auf BKF 8 (mittel feucht) illustriert werden.

Gemäß Tab. 11 kommen auf Standorten mit BKF 8 Arten mit der Feuchtezahl 7 (Feuchtezeiger) vor. Beim LRT Binnenland-Salzstellen sind von ELLENBERG et al. (2001) vier Arten (*Burpleurum tenuissimum*, *Spergularia salina*, *Trifolium fragiferum*, *Troglodin maritimum*) mit dieser Feuchtezahl gekennzeichnet. Zwei lebensraumtypische Arten (*Aster tripolium*, *Juncus gerardii*) sind als indifferent gekennzeichnet. Eine Präferenz von ebenfalls feuchten Standorten wurde angenommen, kann aber nicht als vollständig gesichert betrachtet werden, daher wurde der Durchschnittswert der möglichen Anzahl lebensraumtypischer Arten berechnet:

$$\text{Anzahl typischer Arten} = \frac{4 + (4 + 2)}{2} = 5$$

In Binnenland-Salzstellen auf Standorten mit BKF 8 kommen demnach potenziell fünf lebensraumtypische Pflanzenarten vor. Die Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars ist gemäß Tab. 12 mit gut (B) zu bewerten.

Nachdem das Kriterium der Vollständigkeit des Arteninventars bewertet wurde, wurde nun die Gesamtbewertung des Erhaltungszustandes des LRT in Anlehnung an das Pinneberg-Schema gemäß der Beschlüsse der LANA (2001) vorgenommen (s. Tab. 13).

Tab. 13: Gesamtbewertung des Erhaltungszustandes von FFH-LRT in Anlehnung an das Pinneberg-Schema (LANA 2001)

Kriterium	Bewertung Erhaltungszustand											
	A	A	A	A	B	B	A	B	C	k.B.	k.B.	
Vollständigkeit der lebensraumtypischen Habitatstrukturen	A	A	A	A	B	B	A	B	C	k.B.	k.B.	
Vollständigkeit des lebensraumtypischen Artinventars	B	A	B	A	B	C	X			A	B	C
Beeinträchtigung	C	B	B	C	C	C	A	B	C	k.B.	k.B.	
Gesamtbewertung	B	A	B	B	B	C	X			k.B.		

Anmerkung: A = hervorragend; B = gut; C = mittel – schlecht; X = verschwunden; k.B. = keine Bewertung; A und B bilden einen günstigen Erhaltungszustand ab

Bei den Kriterien Vollständigkeit der lebensraumtypischen Habitatstrukturen und Beeinträchtigung wurde auf die gegenwärtigen Bewertungen zurückgegriffen. Zusätzlich zu den bestehenden Bewertungs- algorithmen der LANA (2001) wurde die Regel eingeführt, dass Flächen, auf denen das Artinventar verschwunden (X) ist, grundsätzlich ebenfalls mit verschwunden bewertet werden, da der entsprechende LRT dann schlichtweg nicht mehr vorhanden sein kann. In den in dieser Arbeit verwendeten Daten der FFH-LRT (vgl. Tab. 3) wurden bei einigen Flächen die Kriterien Habitatstrukturen und Beeinträchtigung im Bestand nicht bewertet. Dies macht eine Gesamtbewertung nicht möglich und führt daher insgesamt ebenfalls zu keiner Bewertung (k.B.) im Erhaltungszustand.

3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Natura-2000-Gebiete in der Stadtgemeinde Bremen

3.1 Veränderungen der Bodenfeuchte

3.1.1 Referenzzustand

Hinsichtlich der Bodenfeuchte konnten im Untersuchungsraum auf Grundlage der Modellierungen dieser Arbeit insgesamt 5702 ha von 5772 ha bewertet werden. Im Referenzzeitraum (1971-2000) sind in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen stark trockene (BKF 1) bis nasse (BKF 10) Böden vorhanden (s. Abb. 13). Nasse Böden finden sich im Referenzzeitraum ausschließlich in einem Teil des FFH-Gebiets Untere Wümme in Bremen-Ost. Stark trockene Böden sind vereinzelt am Rand der Stadtgemeinde Bremen im Niedervieland links der Weser, sowie in der Oberneulander Wümmeniederung vertreten. Außerdem ist der Boden des nördlichen Teils des VSG Weseraue als mittel trocken zu klassifizieren.

Referenzzeitraum (1971-2000)

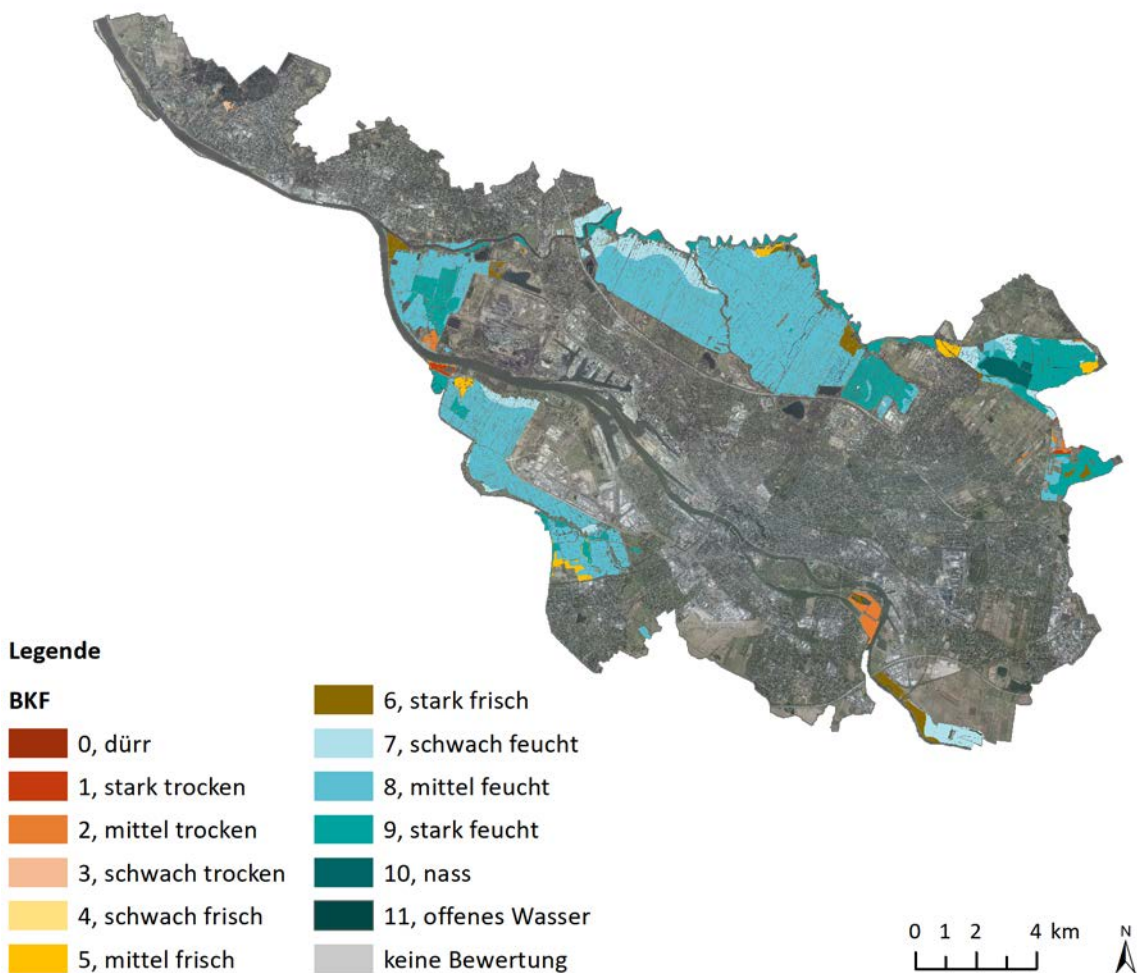


Abb. 13: Bodenfeuchte im Referenzzeitraum (1971-2000) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

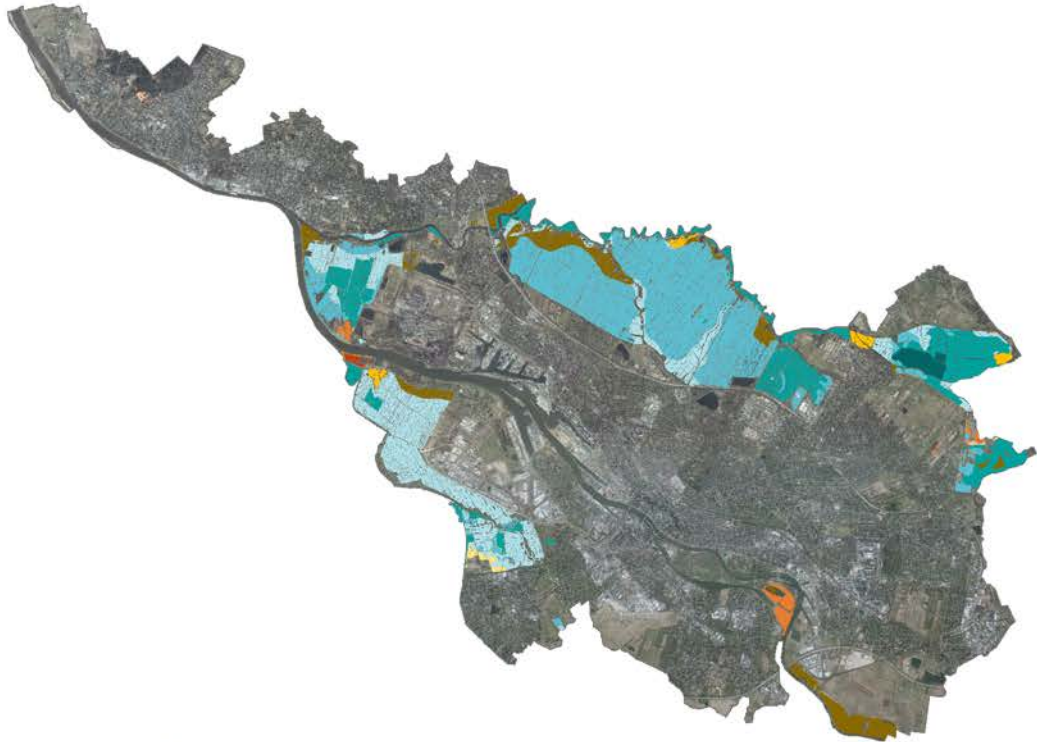
Der überwiegende Teil der untersuchten Flächen weist ein feuchtes Bodenregime auf (s. Abb. 13). Die Böden des VSG und FFH-Gebiets Werderland sind vorrangig mittel bis stark feucht, einige Randbereiche sind stark frisch oder mittel trocken. Eine ähnliche Bodenfeuchtesituation ist auch im Niedervieland in Bremen-Süd, sowie in den Schutzgebieten Block- und Hollerland vorzufinden. Die Böden der Borgfelder Wümmewiesen und Oberneulander Wümmeniederung weisen etwas nassere Böden auf. Hier ist der Großteil der Böden mittel bis stark feucht.

3.1.2 Szenario „Klima“

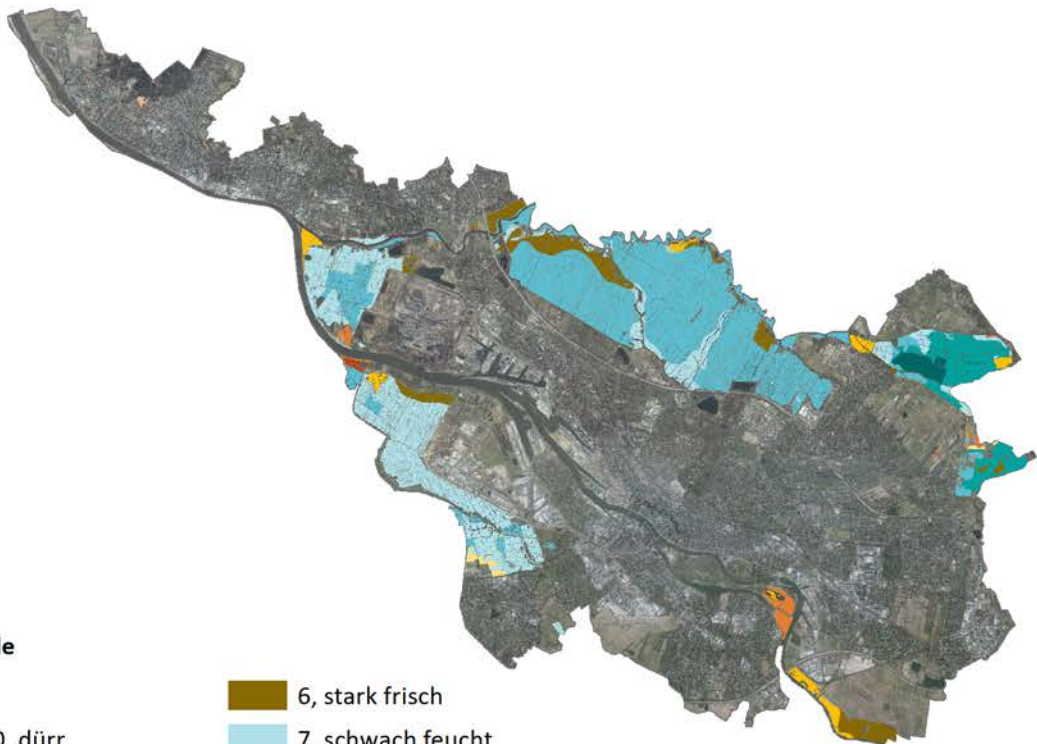
In der nahen Zukunft (2021-2050) sind im Szenario „Klima“ auf Grundlage der Modellierungen dieser Arbeit in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen stark trockene (BKF 1) bis nasse (BKF 10) Böden vorhanden (s. Abb. 14 oben). Nasse Böden finden sich wie auch im Referenzzeitraum ausschließlich in einem Teil des FFH-Gebiets Untere Wümme in Bremen-Ost. Ebenso sind stark trockene Böden weiterhin vereinzelt am Rand der Stadtgemeinde Bremen im Niedervieland links der Weser, sowie in der Oberneulander Wümmeniederung vertreten und die Böden des nördlichen Teils des VSG Weseraue sind in der nahen Zukunft weiterhin als mittel trocken zu klassifizieren. Auch zukünftig weist der überwiegende Teil der untersuchten Flächen im Szenario „Klima“ gemäß der Modellierungen ein feuchtes Bodenregime auf (s. Abb. 14 oben). Das Bodenfeuchteregime der Borgfelder Wümmewiesen, der Oberneulander Wümmeniederung und des Hollerlands bleibt weitestgehend gleich. In den anderen Natura-2000-Gebieten sind jedoch in der nahen Zukunft Veränderungen in der Bodenfeuchtestufe zu erwarten. Im südlichen Teil der Weseraue sind in der nahen Zukunft ausschließlich stark frische Böden zu finden. Die Böden des VSG und FFH-Gebiets Werderland sind in Zukunft schwach bis stark feucht, einige Randbereiche stark frisch oder mittel trocken. Im Niedervieland entwickelt sich die Bodenfeuchtesituation in der nahen Zukunft in Richtung schwach feuchter Böden. Im Blockland sind zwar gemäß der Modellierungen dieser Arbeit auch zukünftig größtenteils mittel feuchte Böden vorzufinden, allerdings werden die semiterrestrischen Böden trockener. Das Ost-West-Band weist in der nahen Zukunft stark frische Bodenfeuchteverhältnisse auf und auf dem Nord-Süd-Band ist ein schwach feuchter Boden vorzufinden.

Auch in der fernen Zukunft (2021-2050) sind im Szenario „Klima“ gemäß der Modellierungen dieser Arbeit in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen stark trockene (BKF 1) bis nasse (BKF 10) Böden vorhanden (s. Abb. 14 unten). Nasse Böden finden sich wie auch im Referenzzeitraum ausschließlich in einem Teil des FFH-Gebiets Untere Wümme in Bremen-Ost. Stark trockene Böden sind vereinzelt am Rand der Stadtgemeinde Bremen im Niedervieland links der Weser vertreten und die Böden des nördlichen Teils des VSG Weseraue sind auch in der fernen Zukunft weiterhin als mittel trocken zu klassifizieren. Auch 2071-2100 weist der überwiegende Teil der untersuchten Flächen im Szenario „Klima“ ein feuchtes Bodenregime auf, vermehrt treten jedoch frische Böden auf (s. Abb. 14 unten). Das Bodenfeuchteregime der Borgfelder Wümmewiesen, der Oberneulander Wümmeniederung und des Hollerlands bleibt im Vergleich zum Referenzzustand und der nahen Zukunft weitestgehend gleich. In den anderen Natura-2000-Gebieten sind bis 2071-2100 jedoch weitere Veränderungen in der Bodenfeuchtestufe zu erwarten. Im Blockland verschwinden die vormals stark feuchten Böden an der nördlichen Außengrenze des Untersuchungsgebiet entlang der Wümme und auch das Hollerland weist in der fernen Zukunft nur noch ausschließlich mittel feuchte Böden auf. In der südlichen Weseraue sind in der fernen Zukunft gemäß der Modellierungen dieser Arbeit mittel bis stark frische Böden zu finden. Die Böden des VSG und FFH-Gebiets Werderland sind 2071-2100 schwach bis mittel feucht, einige Randbereiche mittel bis stark frisch oder mittel trocken. Im Niedervieland verschwinden stark feuchte Böden gänzlich und die Bodenfeuchtesituation entwickelt sich in der fernen Zukunft in Richtung mittel feuchter bis mittel frischer Böden.














Nahe Zukunft (2021-2050)



Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

BKF		 6, stark frisch
 0, dürr	 7, schwach feucht	
 1, stark trocken	 8, mittel feucht	
 2, mittel trocken	 9, stark feucht	
 3, schwach trocken	 10, nass	
 4, schwach frisch	 11, offenes Wasser	
 5, mittel frisch	 keine Bewertung	

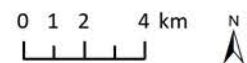


Abb. 14: Bodenfeuchte im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

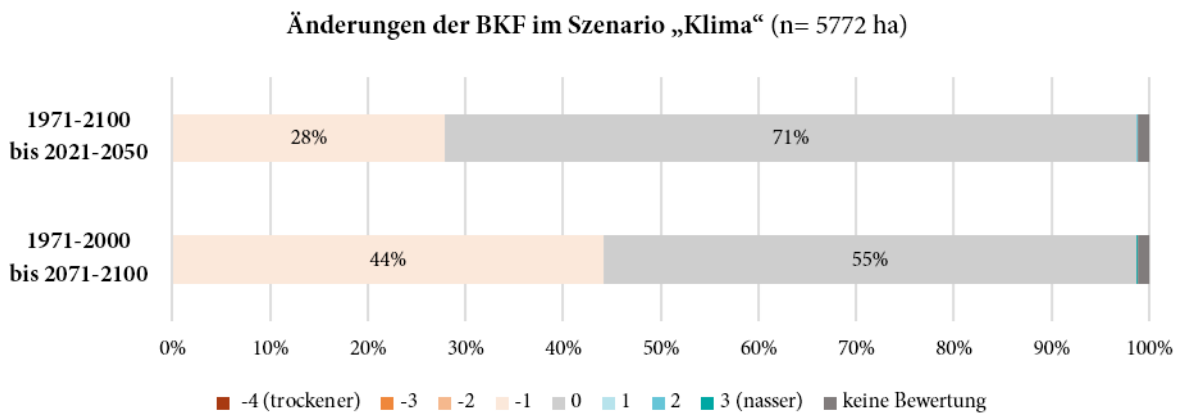


Abb. 15: Änderungssignale der Bodenfeuchtestufen der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

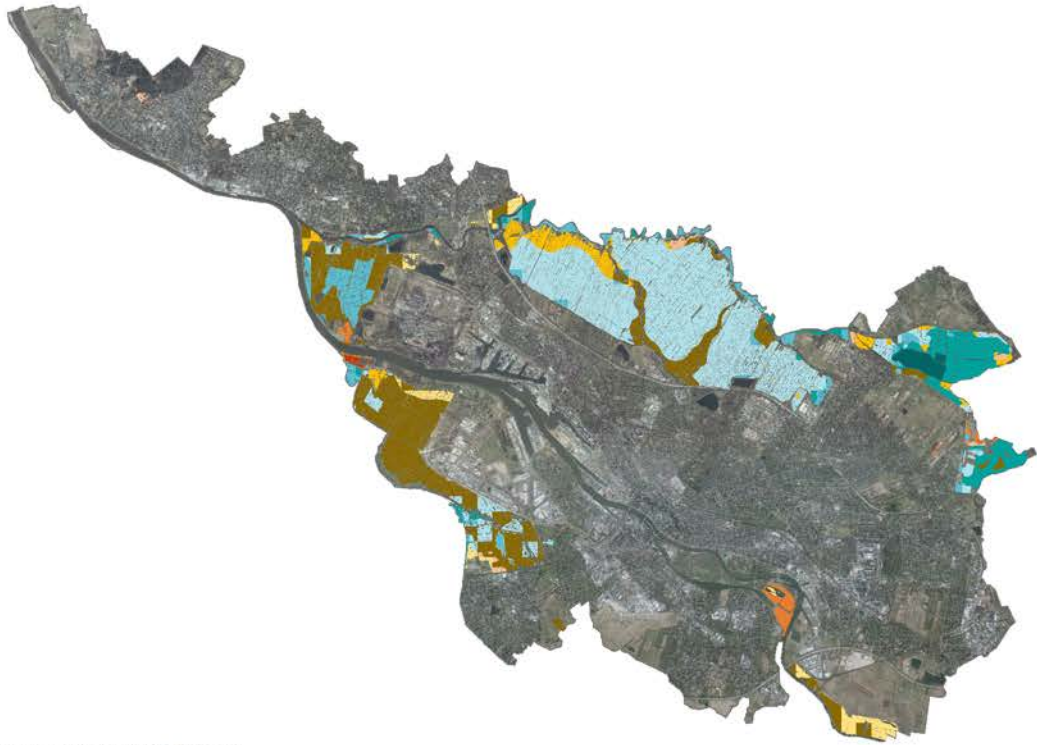
Insgesamt sind im Szenario „Klima“ leichte Veränderungen der Bodenfeuchteverhältnisse in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen zu erwarten (s. Abb. 15). Sowohl in der nahen (2021-2050) als auch fernen Zukunft (2071-2100) werden, verglichen mit dem Referenzzustand (1971-2000), mehr als die Hälfte der Flächen ein unverändertes Bodenfeuchteregime aufweisen. Bis 2021-2050 wird sich die Bodenfeuchte auf 28 % der untersuchten Flächen um eine Stufe in Richtung trockenerer Verhältnisse verändern. Dieser Trend weitet sich bis 2071-2100 auf 44 % der Flächen aus.

3.1.3 Szenario „Klima und Grundwasser“

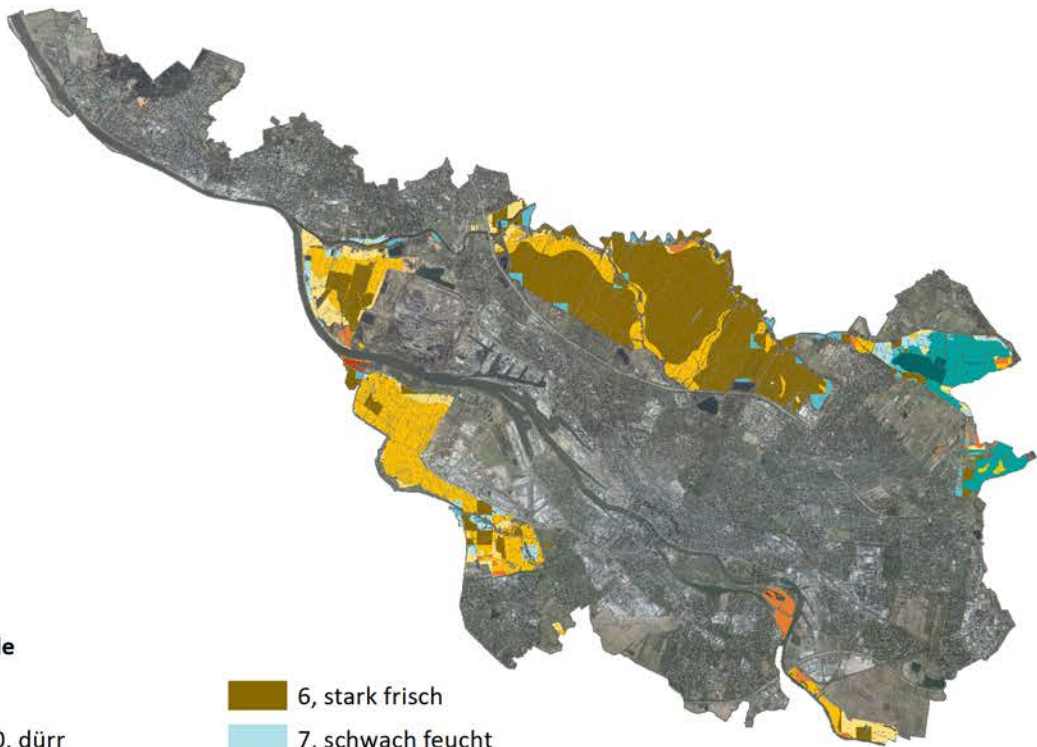
In der nahen Zukunft (2021-2050) sind im Szenario „Klima und Grundwasser“ gemäß der Modellierungen dieser Arbeit in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen stark trockene (BKF 1) bis nasse (BKF 10) Böden vorhanden (s. Abb. 16 oben). Nasse Böden finden sich, wie auch im Referenzzeitraum, ausschließlich in einem Teil des FFH-Gebiets Untere Wümme in Bremen-Ost. Ebenso sind stark trockene Böden weiterhin vereinzelt am Rand der Stadtgemeinde Bremen im Niedervieland links der Weser vertreten und die Böden des nördlichen Teils des VSG Weseraue sind auch in der nahen Zukunft überwiegend als mittel trocken zu klassifizieren. Im Szenario „Klima und Grundwasser“ weisen die untersuchten Flächen in der nahen Zukunft unterschiedliche Feuchteregime auf, welche vorrangig von stark feuchten über schwach feuchte bis hin zu stark frischen Verhältnissen reichen (s. Abb. 16 oben). Das Bodenfeuchteregime der Borgfelder Wümmewiesen und der Oberneulander Wümmeniederung, sowie der nördlichen Weseraue bleibt weitestgehend gleich. In der südlichen Weseraue werden zukünftig schwach bis stark frische Böden überwiegen. Im Schutzgebiet Werderland sind 2021-2050 mittel feuchte umgeben von einem Ring stark frischer Böden vorhanden. Im Niedervieland finden sich in der nahen Zukunft vorrangig stark frische Bodenfeuchteverhältnisse, im süd-östlichen Bereich des Schutzgebiets sind noch vereinzelt schwach feuchte Böden vorhanden. Das Blockland ist in der nahen Zukunft vorrangig von schwach, entlang der Wümme von mittel feuchten Böden geprägt, während auf den dortigen semiterrestrischen Böden mittel bis stark frische Bodenwasserverhältnisse herrschen.

In der fernen Zukunft (2071-2100) sind im Szenario „Klima und Grundwasser“ in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen stark trockene (BKF 1) bis nasse (BKF 10) Böden vorhanden (s. Abb. 16 unten). Nassen Böden liegen, wie auch im Referenzzeitraum, ausschließlich in einem Teil des FFH-Gebiets Untere Wümme in Bremen-Ost. Ebenso sind gemäß der Modellierungen dieser Arbeit stark trockene Böden weiterhin am Rand der Stadtgemeinde Bremen im Niedervieland links der Weser vertreten. Auch der nördliche Teil der Böden des VSG Weseraue ist in der fernen Zukunft überwiegend als mittel trocken einzustufen. Der Großteil der untersuchten Flächen weist im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der fernen Zukunft mittel bis stark frische Bodenfeuchteverhältnisse auf, lediglich die Borgfelder Wümmewiesen und die Oberneulander Wümmeniederung sind noch überwiegend stark feuchte Standorte (s. Abb. 16 unten). Im Schutzgebiet Werderland sind in der fernen Zukunft stark frische Böden von einem Ring schwach bis mittel frischer Böden umgeben. Im Niedervieland sind 2071-2100 überwiegend mittel frische Bodenverhältnisse zu finden, stellenweise sind noch einige stark frische bis schwach feuchte Böden vorhanden.

Nahe Zukunft (2021-2050)
















Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

BKF

 0, dürr	 6, stark frisch
 1, stark trocken	 7, schwach feucht
 2, mittel trocken	 8, mittel feucht
 3, schwach trocken	 9, stark feucht
 4, schwach frisch	 10, nass
 5, mittel frisch	 11, offenes Wasser
	 keine Bewertung

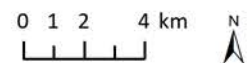


Abb. 16: Bodenfeuchte im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

In der südlichen Weseraue befinden sich auch in der fernen Zukunft überwiegend frische Böden, wobei einige Bereiche bereits trockene Standortverhältnisse aufweisen (s. Abb. 16). Das Block- und Hollerland wird in der fernen Zukunft von stark frischen Böden dominiert, auf semiterrestrischen Böden sind bereits überwiegend mittel frische Verhältnisse, an der nördlichen Grenze sogar mittel trockene Bodenverhältnisse vorzufinden. Einige Splitterflächen weisen jedoch auch mittel feuchte Böden auf.

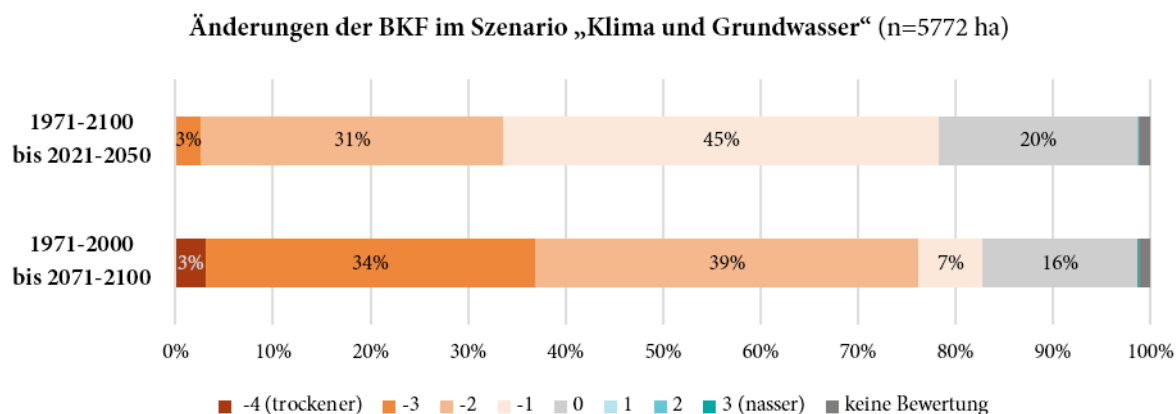


Abb. 17: Änderungssignale der Bodenfeuchtestufen der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2100)

Insgesamt sind im Szenario „Klima und Grundwasser“ deutlichere Veränderungen der Bodenfeuchteverhältnisse in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen zu erwarten als im Szenario „Klima“ (s. Abb. 17). In der nahen Zukunft (2021-2050) weisen, verglichen mit dem modellierten Referenzzustand (1971-2000) etwa ein Fünftel der Flächen unveränderte Bodenfeuchtereime auf, in der fernen Zukunft (2071-2100) sind es nur noch 16 %. Fast die Hälfte der untersuchten Flächen weisen in der nahen Zukunft Bodenfeuchteverhältnisse auf, die um eine Stufe trockener sind als im Referenzzeitraum. Auf etwa 30 % der Flächen sind sogar Sprünge von zwei Stufen in Richtung trockenerer Böden zu verzeichnen. In der fernen Zukunft macht sich im Szenario „Klima und Grundwasser“ die Entwicklung hin zu trockeneren Bodenfeuchtereimen noch stärker bemerkbar. Auf je etwa einem Drittel der untersuchten Natura-2000-Flächen verringert sich die BKF um zwei bzw. drei Stufen. Auf 3 % der Flächen ist, verglichen mit dem modellierten Zustand in 1971-2000, sogar eine Verringerung von vier Stufen und damit Austrocknung der Böden festzustellen.

3.2 Veränderungen des Entwicklungspotenzials für Biotope

3.2.1 Referenzzustand

Hinsichtlich des Entwicklungspotenzials der Vegetation konnten im Untersuchungsraum insgesamt 5112 ha von 5772 ha bewertet werden. Im Referenzzeitraum (1971-2000) sind gemäß der Modellierungen dieser Arbeit in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen Böden mit einem Entwicklungspotenzial für stark bis mäßig spezialisierte, naturschutzfachlich sehr wertvolle Vegetation vertreten, sowie Normalstandorte, auf denen sich mesophile Gesellschaften etablieren können (s. Abb. 18). Im Block- und Hollerland, sowie Werder- und Niedervieland, der südlichen Weseraue und der Oberneulander Wümmeniederung sind vorrangig Flächen mit einem BEP für mäßig spezialisierte Vegetation vorhanden. Vereinzelt finden sich Normalstandorte mit Entwicklungsmöglichkeiten für mesophile Vegetationsgesellschaften, deren naturschutzfachlicher Wert von der Nutzungsform abhängt. In den Borgfelder Wümmewiesen sind im Referenzzeitraum auch Extremstandorte vorhanden, auf denen sich stark spezialisierte Pflanzengesellschaften ausbilden können.

Referenzzeitraum (1971-2000)

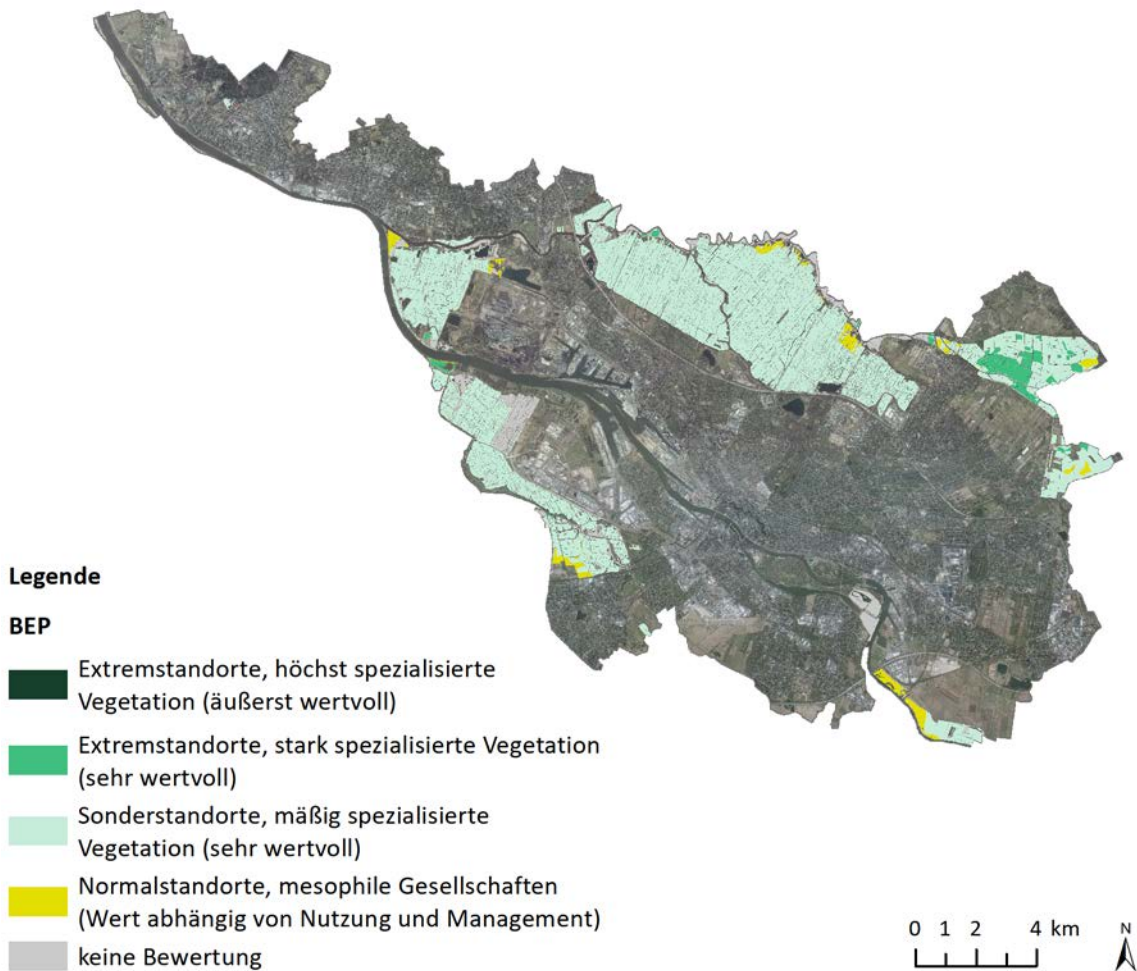


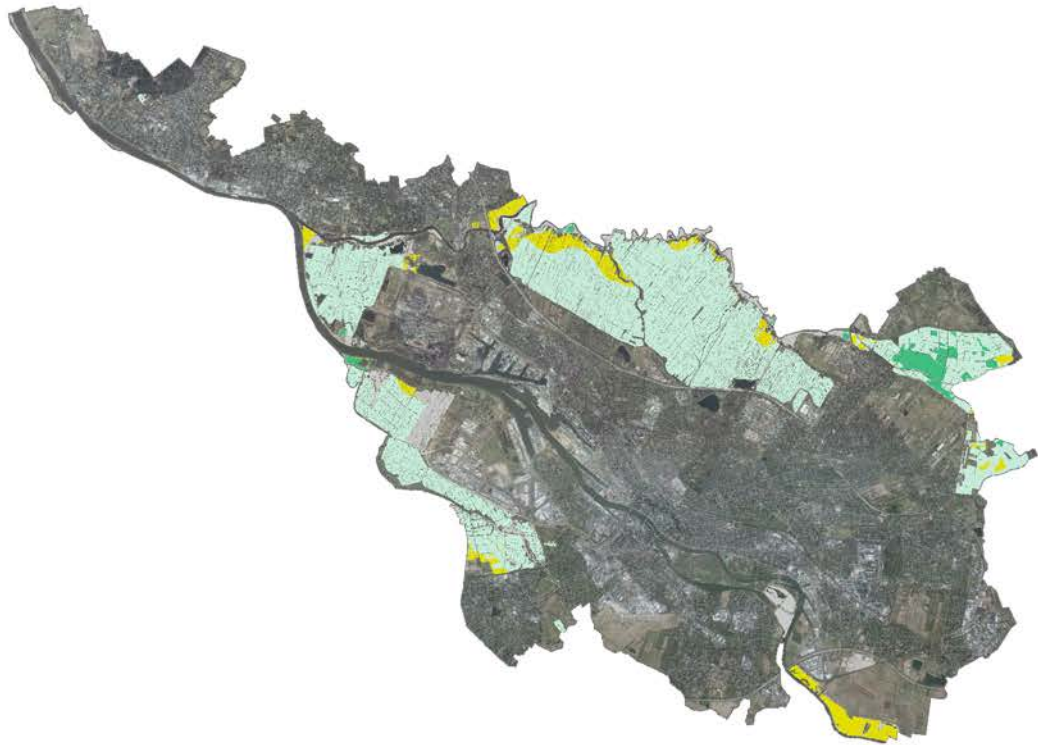
Abb. 18: Entwicklungspotenzial für Biotope im Referenzzeitraum (1971-2000) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

3.2.2 Szenario „Klima“

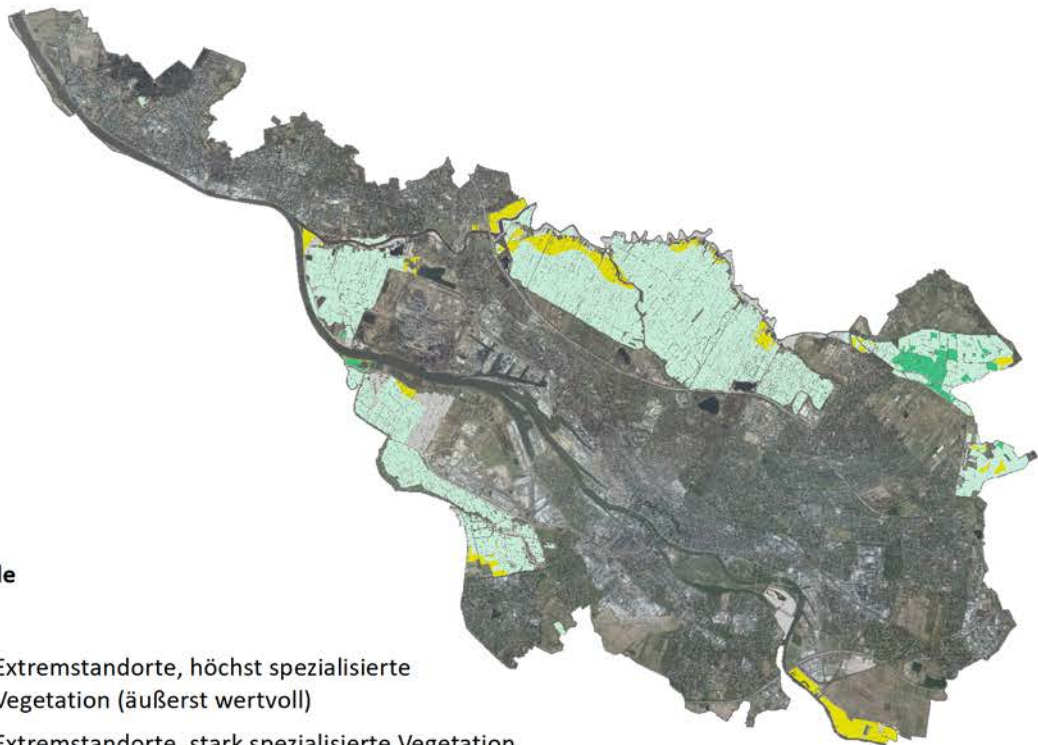
In der nahen Zukunft (2021-2050) sind im Szenario „Klima“ in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen Böden mit einem Entwicklungspotenzial für stark bis mäßig spezialisierte, naturschutzfachlich sehr wertvolle Vegetation vertreten sowie Normalstandorte, auf denen sich mesophile Gesellschaften etablieren können (s. Abb. 19 oben). Das BEP der Schutzgebiete Werder-, Niedervie- und Hollerland, Borgfelder Wümmewiesen und Oberneulander Wümmeniederung bleibt, verglichen mit dem modellierten Referenzzustand, weitgehend gleich. In der südlichen Weseraue finden sich in der nahen Zukunft ausschließlich noch Standortpotenziale für mesophile Gesellschaften. Ebenso bilden sich im Blockland auf dem Ost-West-Band der semiterrestrischen Böden entlang der Wümme und Kleinen Wümme weitere Normalstandorte aus.

In der fernen Zukunft (2071-2100) ist die räumliche Verteilung des Entwicklungspotenzials für Biotope nahezu identisch mit dem der nahen Zukunft (s. Abb. 19 unten). Lediglich einige kleinteilige Extremstandorte mit Entwicklungspotenzial für stark spezialisierte, sehr wertvolle Vegetation an der Außengrenze des Blocklandes sowie in den Borgfelder Wümmewiesen verschwinden. Hierauf entstehen Sonderstandorte, die ein Potenzial zur Ausbildung mäßig spezialisierter Pflanzengesellschaften bereitstellen.

Nahe Zukunft (2021-2050)



Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

BEP






-  Extremstandorte, höchst spezialisierte Vegetation (äußerst wertvoll)
-  Extremstandorte, stark spezialisierte Vegetation (sehr wertvoll)
-  Sonderstandorte, mäßig spezialisierte Vegetation (sehr wertvoll)
-  Normalstandorte, mesophile Gesellschaften (Wert abhängig von Nutzung und Management)
-  keine Bewertung



Abb. 19: Entwicklungspotenzial für Biotope im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

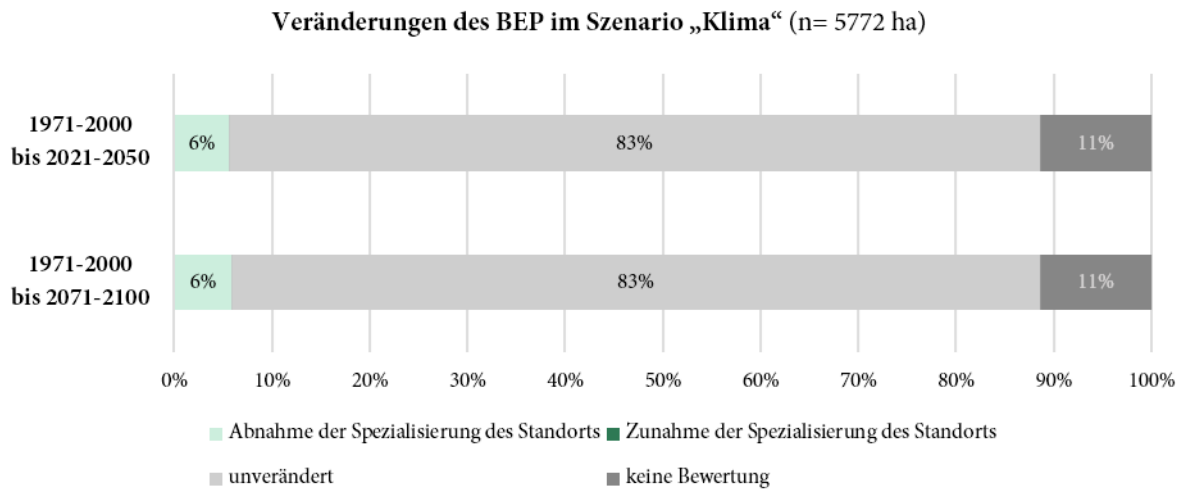


Abb. 20: Änderungssignale des Biotopentwicklungspotenzials der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

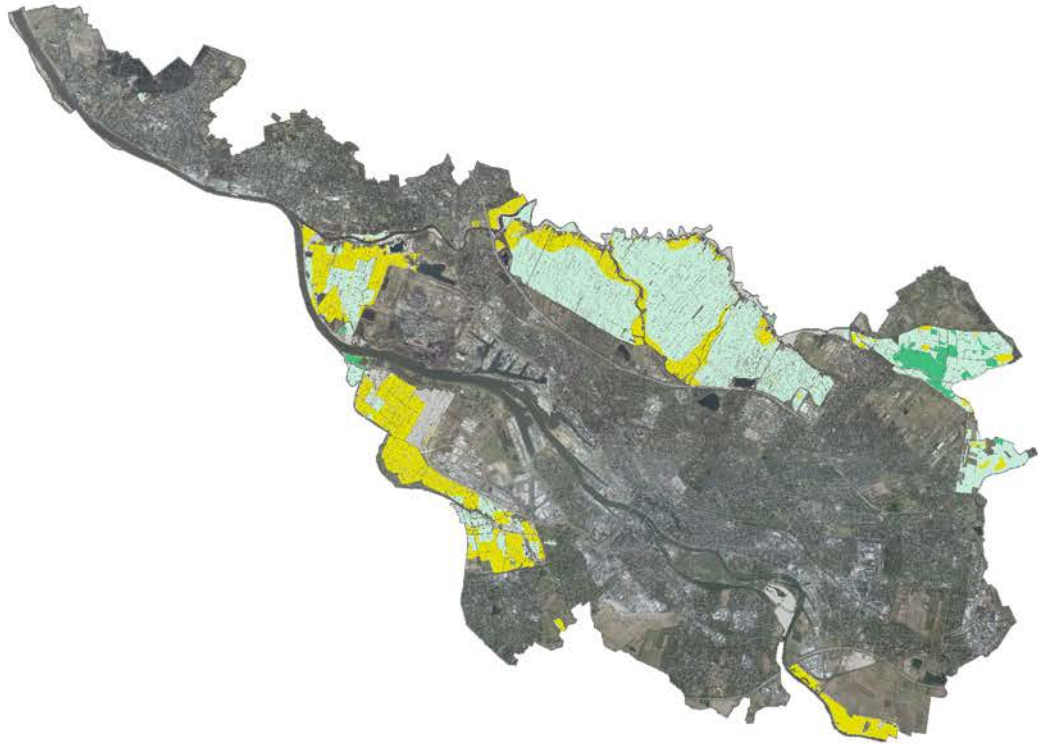
Insgesamt sind im Szenario „Klima“ in Zukunft nur geringfügige Veränderungen im Entwicklungspotenzial für die Vegetation auf den untersuchten Flächen der Natura-2000-Gebiete der Stadtgemeinde Bremen zu erwarten (s. Abb. 20). Sowohl in der nahen (2021-2050) als auch fernen Zukunft (2071-2100) weisen, verglichen mit dem modellierten Referenzzustand (1971-2000), über 80 % der Flächen ein unverändertes Entwicklungspotenzial für die Vegetation auf. Auf nur 6 % der Flächen bilden sich voraussichtlich in beiden Zeitscheiben Standorte aus, deren Vegetation wahrscheinlich geringer spezialisiert ist als im Referenzzustand.

3.2.3 Szenario „Klima und Grundwasser“

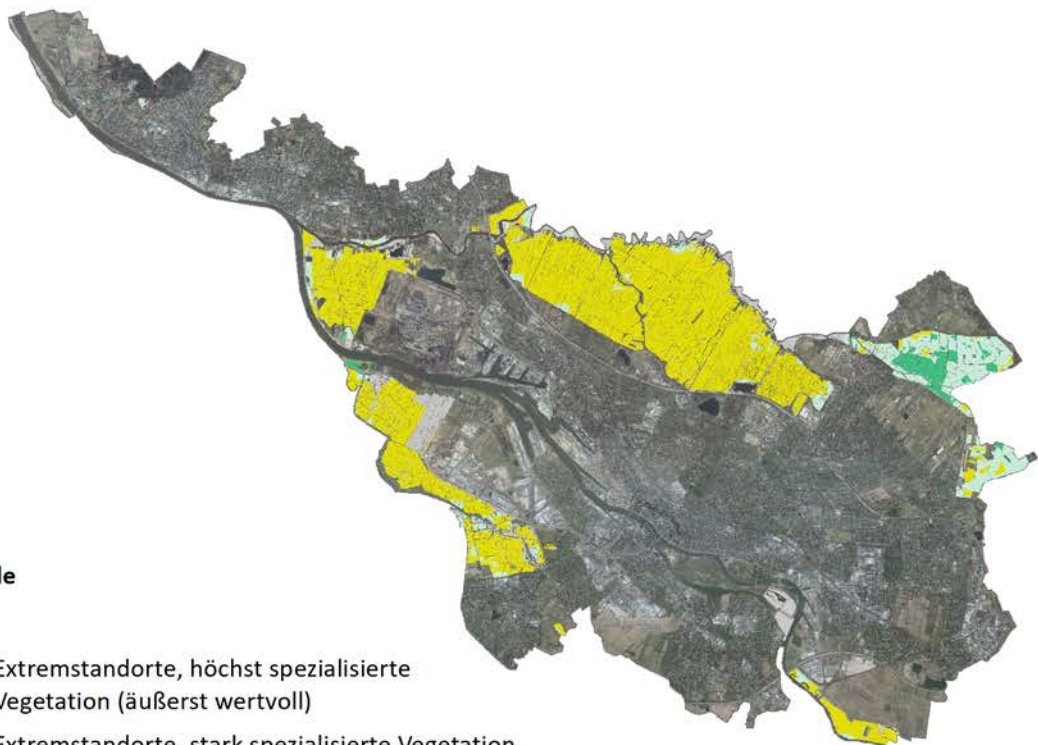
In der nahen Zukunft (2021-2050) sind im Szenario „Klima und Grundwasser“ in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen, gemäß der Modellierungen, Böden mit einem Entwicklungspotenzial für stark bis mäßig spezialisierte, naturschutzfachlich sehr wertvolle Vegetation vertreten sowie Normalstandorte, auf denen sich mesophile Gesellschaften etablieren können (s. Abb. 21 oben). Das BEP der Schutzgebiete Hollerland, Borgfelder Wümmewiesen und Oberneulander Wümmeniederung bleibt, verglichen mit dem Referenzzustand, überwiegend gleich. In der südlichen Weseraue finden sich in der nahen Zukunft ausschließlich noch Standortpotenziale für mesophile Gesellschaften. Auch im Niedervieland überwiegen in der nahen Zukunft Normalstandorte. Nur noch vereinzelt sind Flächen mit Entwicklungspotenzial für mäßig spezialisierte Vegetation vorhanden. Im Schutzgebiet Werderland werden 2021-2050 Sonderstandorte mit Potenzial für mäßig spezialisierte, sehr wertvolle Vegetation von einem Ring von Böden mit Potenzial zur Entwicklung mesophiler Gesellschaften umgeben sein. Ebenso werden im Blockland auf den semiterrestrischen Böden die Sonderstandorte durch Normalstandorte abgelöst.

In der fernen Zukunft (2071-2100) weisen im Szenario „Klima und Grundwasser“ in den Natura-2000-Gebieten der Stadtgemeinde Bremen über zwei Drittel der Flächen Eigenschaften von Normalstandorten auf, auf denen sich potenziell mesophile Gesellschaften entwickeln (s. Abb. 21 oben). In den Schutzgebieten Block- und Hollerland, Weseraue sowie Werder- und Niedervieland werden, gemäß der Modellierungsergebnisse dieser Arbeit, 2071-2100 fast ausschließlich Normalstandorte vertreten sein. Nur vereinzelte Splitterflächen sind den Sonderstandorten zuzuordnen und am Rand der Stadtgemeinde Bremen im Niedervieland links der Weser sind noch Extremstandorte mit Potenzial für stark spezialisierte Vegetation zu finden. Das BEP der Schutzgebiete Borgfelder Wümmewiesen und Oberneulander Wümmeniederung bleibt, verglichen mit dem Referenzzustand, weitgehend gleich. Hier werden auch in der fernen Zukunft Sonderstandorte für mäßig und Extremstandorte für stark spezialisierte Vegetation erhalten bleiben.

Nahe Zukunft (2021-2050)








Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

BEP

-  Extremstandorte, höchst spezialisierte Vegetation (äußerst wertvoll)
-  Extremstandorte, stark spezialisierte Vegetation (sehr wertvoll)
-  Sonderstandorte, mäßig spezialisierte Vegetation (sehr wertvoll)
-  Normalstandorte, mesophile Gesellschaften (Wert abhängig von Nutzung und Management)
-  keine Bewertung

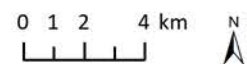


Abb. 21: Entwicklungspotenzial für Biotope im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

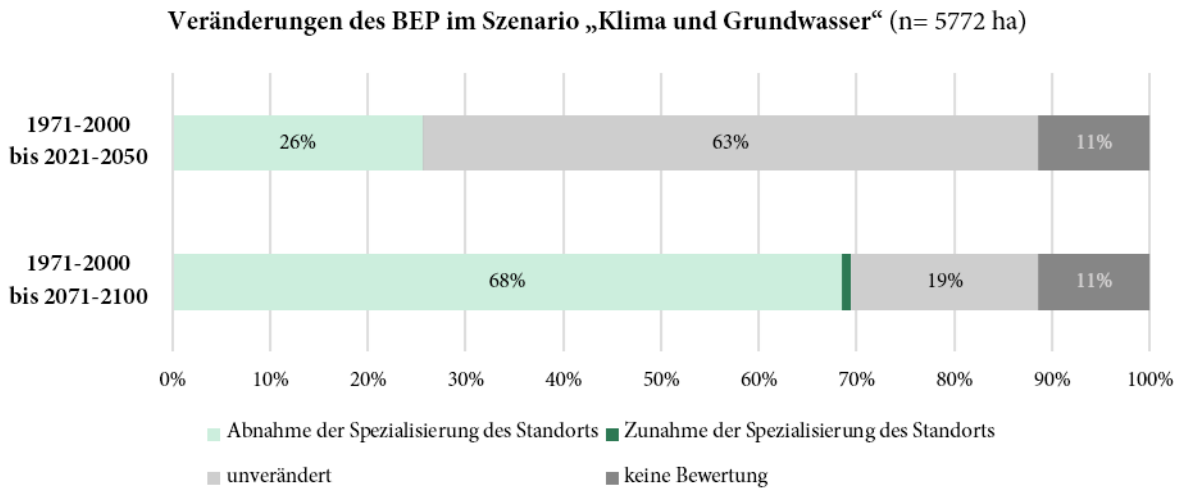


Abb. 22: Änderungssignale des Biotopentwicklungspotenzials der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

Insgesamt sind im Szenario „Klima und Grundwasser“ auf den untersuchten Flächen der Natura-2000-Gebiete der Stadtgemeinde Bremen beim Entwicklungspotenzial der Vegetation deutlichere Veränderungen zu erwarten als im Szenario „Klima“ (s. Abb. 22). Während in der nahen (2021-2050) Zukunft noch fast zwei Drittel der Flächen im Vergleich zum modellierten Referenzzustand (1971-2000) unverändert blieben, sind es in der fernen Zukunft (2071-2100) nur noch knapp ein Fünftel. Bis 2021-2050 bilden sich auf 26 %, bis 2071-2100 sogar 68 % der Flächen Standorte aus, dessen Vegetation wahrscheinlich geringer spezialisiert ist als im Referenzzustand. Nur auf einem sehr geringen Flächenanteil (< 1 %) wird in der fernen Zukunft der Boden auf einigen Standorten das Potenzial für eine stärker spezialisierte Vegetation als 1971-2000 ausbilden.

3.3 Veränderungen des Erhaltungszustandes der FFH-Lebensraumtypen

3.3.1 Referenzzustand

Hinsichtlich des Erhaltungszustandes der vier betrachteten FFH-LRT konnten im Untersuchungsraum insgesamt 119,2 ha von 174,8 ha bewertet werden. Im modellierten Referenzzeitraum (1971-2000) sind in der Stadtgemeinde Bremen alle Erhaltungszustände vertreten, davon 77,6 ha günstig (A und B) und 16,6 ha ungünstig (C). Außerdem finden sich gemäß der Modellierungsergebnisse 25,6 ha, die keine passenden Standortverhältnisse für die lebensraumtypischen Arten der betrachteten LRT bieten (Kategorie verschwunden) (s. Abb. 23). Flächen, die nicht bewertet werden konnten, finden sich im südlichen Niedervieland (hauptsächlich LRT 6510), entlang der Lesum (LRT 6430 und 6510), im Hollerland (LRT 6430) sowie im Blockland einige Pfeifengraswiesen (LRT 6410) (s. Abb. 23). Gemäß der Modellierungen dieser Arbeit weisen ausschließlich die mageren Flachland-Mähwiesen in der nördlichen Weseraue einen hervorragenden Erhaltungszustand auf. Auch viele der feuchten Hochstaudenfluren und mageren Flachland-Mähwiesen in den Borgfelder Wümmewiesen und der Oberneulander Wümmeniederung sind in einem günstigen Erhaltungszustand (Kategorie gut). Der Erhaltungszustand der Flächen im Niedervieland ist durchwachsen.

Der LRT bei dem die meisten Flächen im modellierten Referenzzeitraum (1971-2000) in der Stadtgemeinde Bremen nicht bewertet werden konnten sind die Pfeifengraswiesen (LRT 6410) (s. Abb. 24). Hier konnten nur weniger als ein Drittel der Flächen bewertet werden. Diese sind allerdings in einem guten Erhaltungszustand. Einen überwiegend günstigen Erhaltungszustand weisen außerdem die feuchten Hochstaudenfluren (LRT 6430) auf. Über 70 % der Flächen sind in einem guten Zustand, nur 5 % weisen gemäß der Modellierungen einen ungünstigen Zustand (C) auf.

Referenzzeitraum (1971-2000)

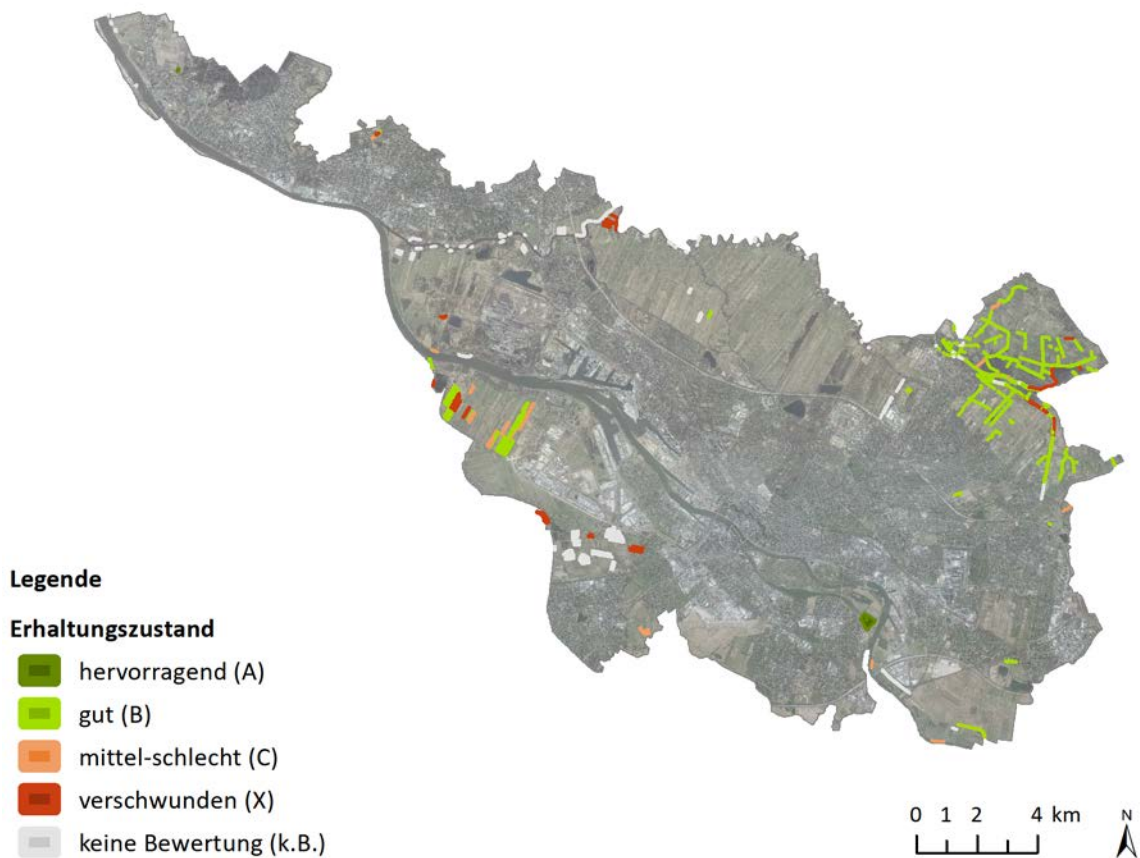


Abb. 23: Erhaltungszustand der FFH-LRT im Referenzzeitraum (1971-2000), wobei A und B einen günstigen Erhaltungszustand abbilden; zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

Erhaltungszustand im Referenzzustand (1971-2000)

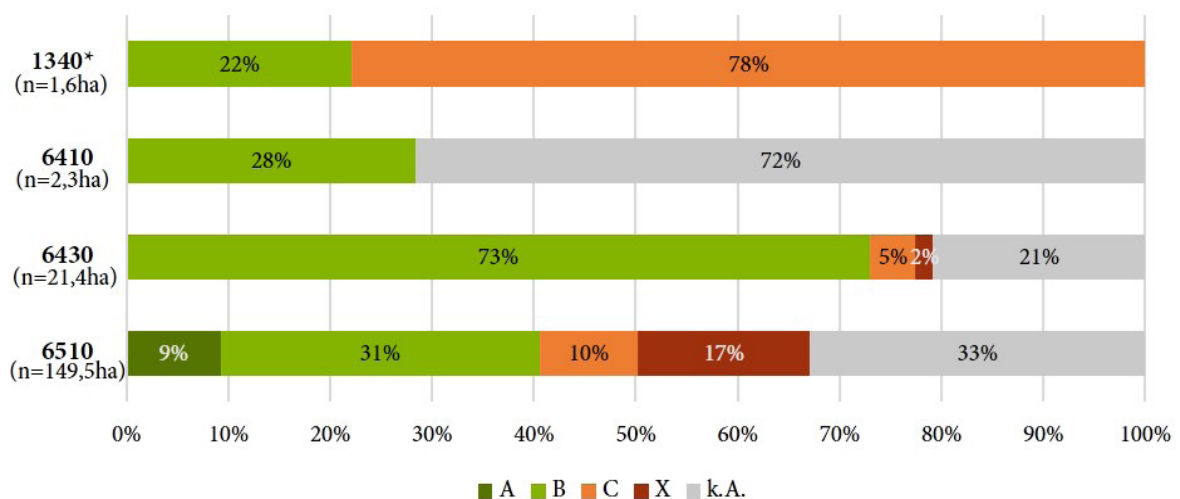


Abb. 24: Erhaltungszustand der betrachteten FFH-LRT im Referenzzustand (1971-2000), wobei 1340*= Binnenland-Salzstellen; 6410= Pfeifengraswiesen; 6430= feuchte Hochstaudenfluren; 6510= magere Flachland-Mähwiesen; A und B bilden einen günstigen Erhaltungszustand ab, C = mittel-schlecht, X = verschwunden, k.A. = keine Angabe

Etwa ein Fünftel der Flächen der feuchten Hochstaudenfluren konnten nicht bewertet werden (s. Abb. 24). Bei den mageren Flachland-Mähwiesen (LRT 6510) finden sich ein Drittel der Flächen ohne Bewertung. 40 % der Flächen dieses LRT sind in einem günstigen Erhaltungszustand (A oder B). Für 10 % der Flächen ergab die Modellierung für den Referenzzeitraum einen mittleren-schlechten Zustand und damit ungünstigen Erhaltungszustand. Außerdem weisen bei diesem LRT 17 % der Flächen Standortverhältnisse auf, auf denen potenziell keine lebensraumtypische Art vorkommt. Der prioritäre Lebensraum Binnenland-Salzstellen (LRT 1340*) ist unter den betrachteten LRT im modellierten Referenzzeitraum in der Stadtgemeinde im schlechtesten Zustand. Nur etwa ein Fünftel der Flächen sind in einem günstigen Zustand, 78 % der Flächen sind der Kategorie mittel-schlecht zuzuordnen.

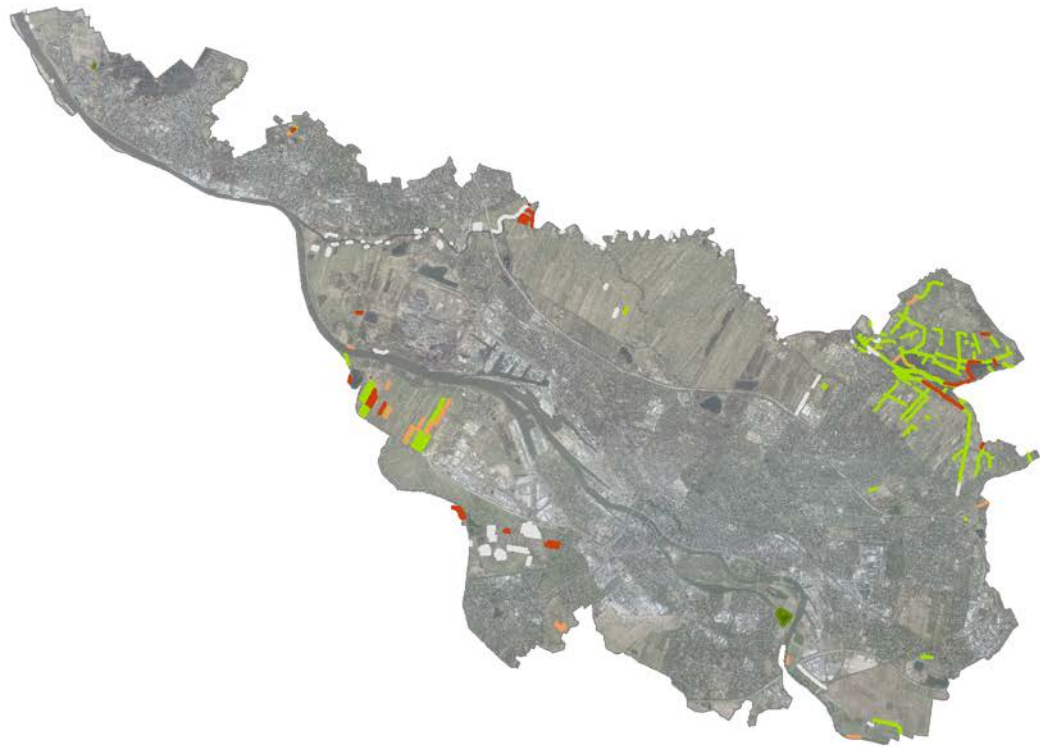
3.3.2 Szenario „Klima“

In der nahen Zukunft (2021-2050) konnten im Szenario „Klima“ in der Stadtgemeinde Bremen insgesamt 119,5 ha von 174,8 ha der vier betrachteten FFH-LRT hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes bewertet werden (s. Abb. 25). Es sind gemäß der Modellierungen dieser Arbeit alle Erhaltungszustände vertreten, davon 78,4 ha in günstigem (A und B) und 15,5 ha in ungünstigem (C) Zustand. Außerdem finden sich 25,6 ha, die keine passenden Standortverhältnisse für die lebensraumtypischen Arten der betrachteten LRT bieten (Kategorie verschwunden). In einem hervorragenden Erhaltungszustand sind laut Modellierungen ausschließlich die mageren Flachland-Mähwiesen in der nördlichen Weseraue. Auch viele der feuchten Hochstaudenfluren und mageren Flachland-Mähwiesen in den Borgfelder Wümmewiesen und der Oberneulander Wümmeniederung weisen einen günstigen Erhaltungszustand auf (Kategorie gut). Jedoch können einige Flächen der mageren Flachland-Mähwiesen im südlichen Teil der Borgfelder Wümmewiesen potenziell verschwinden. Der Erhaltungszustand der Flächen im Nordervieland ist durchwachsen und reicht von günstig bis verschwunden.

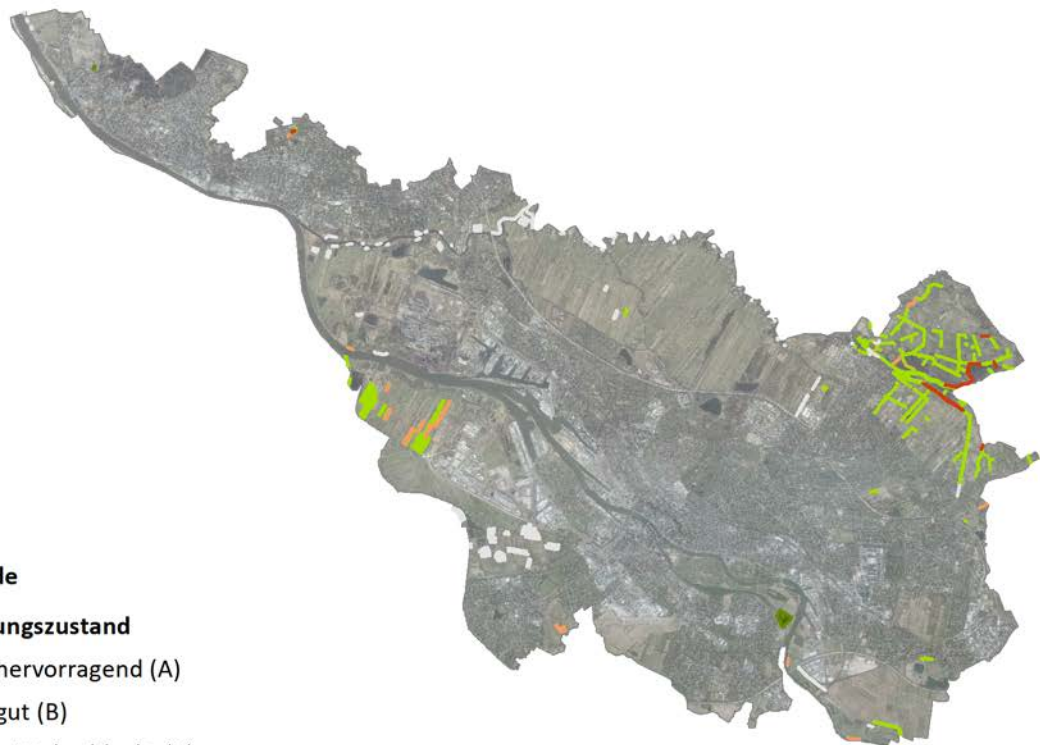
In der fernen Zukunft (2071-2100) konnten im Szenario „Klima“ auf Grundlage der Modellierungen dieser Arbeit in der Stadtgemeinde Bremen insgesamt 105,9 ha von 174,8 ha der vier betrachteten FFH-LRT hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes bewertet werden (s. Abb. 25). Es sind alle Erhaltungszustände vertreten, davon 85,7 ha in günstigem (A und B) und 15,5 ha in ungünstigem (C) Zustand. Außerdem finden sich gemäß der Modellierungsergebnisse 4,8 ha, die keine passenden Standortverhältnisse für die lebensraumtypischen Arten der betrachteten LRT bieten (Kategorie verschwunden). Auch in der fernen Zukunft weisen laut Modellierungen ausschließlich die mageren Flachland-Mähwiesen in der nördlichen Weseraue einen hervorragenden Erhaltungszustand auf. Der Erhaltungszustand der LRT in den Borgfelder Wümmewiesen und in der Oberneulander Wümmeniederung bleibt, verglichen mit der modellierten nahen Zukunft, im Szenario „Klima“ gleich und überwiegend gut. Einige Flächen der mageren Flachland-Mähwiesen dort bleiben allerdings auch in der fernen Zukunft potenziell verschwunden. Der Erhaltungszustand der Flächen im Nordervieland verbessert sich im Vergleich zur nahen Zukunft. Viele der mageren Flachland-Mähwiesen dort weisen nun einen günstigen Erhaltungszustand auf.

Eine detaillierte Aufschlüsselung der Flächenanteile der potentiellen Erhaltungszustände der jeweiligen LRT in den Modellierungen für die Zukunftszeitscheiben im Szenario „Klima“ ist Anhang XII zu entnehmen.

Nahe Zukunft (2021-2050)








Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

Erhaltungszustand

-  hervorragend (A)
-  gut (B)
-  mittel-schlecht (C)
-  verschwunden (X)
-  keine Bewertung (k.B.)

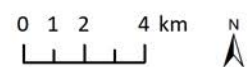


Abb. 25: Erhaltungszustand der FFH-LRT im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten), wobei A und B einen günstigen Erhaltungszustand abbilden zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

3.3.2.1 Binnenland-Salzstellen

Der Erhaltungszustand der Binnenland-Salzstellen (LRT 1340*) bleibt im Szenario „Klima“ sowohl in der nahen als auch fernen Zukunft im Vergleich zum Referenzzeitraum unverändert. Ein Großteil der Flächen werden gemäß der Modellierungen dieser Arbeit in der Zukunft potentiell einen ungünstigen Erhaltungszustand aufweisen (s. Abb. 26 und Anhang XII).

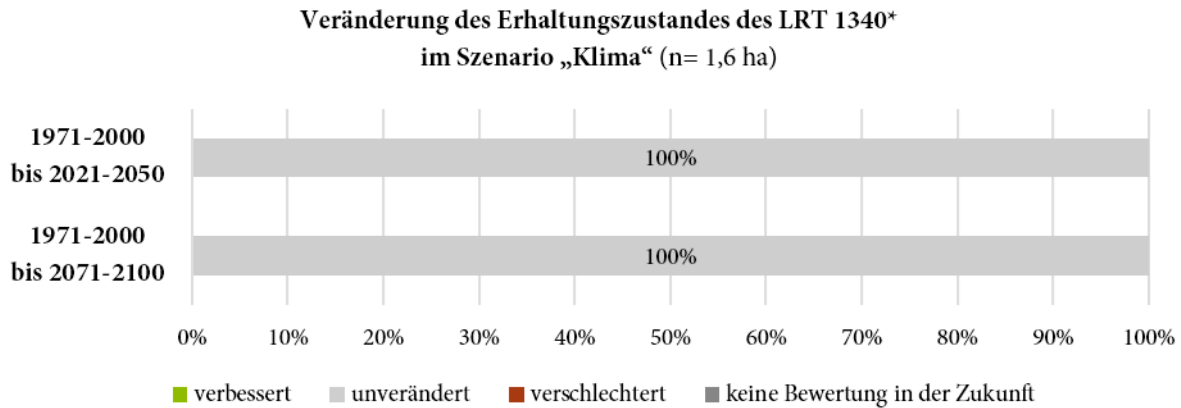


Abb. 26: Veränderung des Erhaltungszustandes der Binnenland-Salzstellen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

3.3.2.2 Pfeifengraswiesen

Der Erhaltungszustand der Pfeifengraswiesen (LRT 6410) bleibt im Szenario „Klima“ sowohl in den Modellierungen der nahen als auch fernen Zukunft im Vergleich zum Referenzzeitraum unverändert. Knapp ein Drittel der Flächen werden potentiell in günstigem Zustand erhalten bleiben, ein Großteil der Flächen konnten hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes jedoch nicht bewertet werden (s. Abb. 27 und Anhang XII).

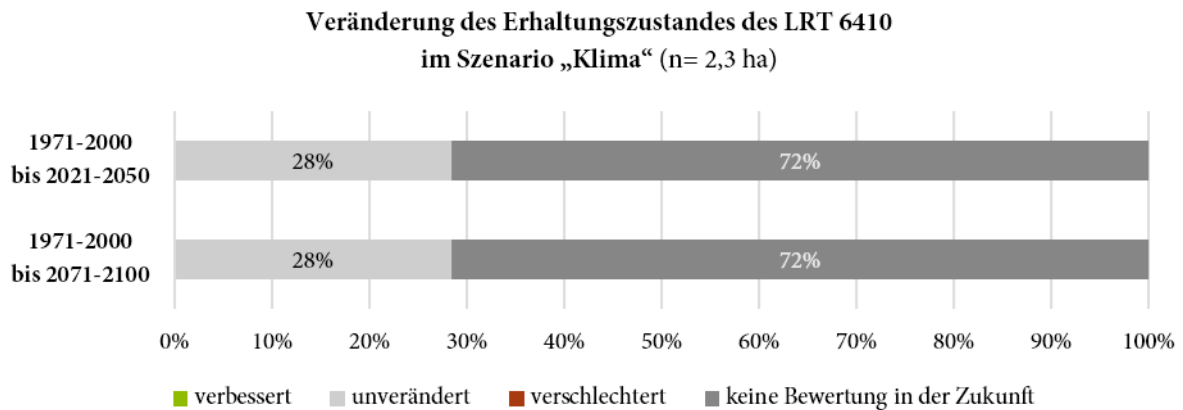


Abb. 27: Veränderung des Erhaltungszustandes der Pfeifengraswiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

3.3.2.3 Feuchte Hochstaudenfluren

Der Erhaltungszustand der feuchten Hochstaudenfluren (LRT 6430) bleibt im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft im Vergleich zum modellierten Referenzzeitraum auf allen Flächen unverändert. Ein Großteil der bewerteten Flächen werden potenziell in günstigem Zustand erhalten bleiben. Auf 21 % der Flächen konnte keine Bewertung des Erhaltungszustandes vorgenommen werden (s. Abb. 28 und Anhang XII). In der fernen Zukunft bleibt der Erhaltungszustand der feuchten Hochstaudenfluren im Szenario „Klima“ größtenteils ebenfalls unverändert. Jedoch kann gemäß der Modellierungsergebnisse auf einem geringen Teil der Flächen auch mit einer Verbesserung des Erhaltungszustandes gerechnet werden (s. Abb. 28 und Anhang XII). Einige Flächen, die im Referenzzeitraum für die lebensraumtypischen Arten potenziell keine geeigneten Standortbedingungen vorgewiesen haben, werden in der nahen Zukunft für diese Arten geeignetere Standortbedingungen vorweisen.

Veränderung des Erhaltungszustandes des LRT 6430
im Szenario „Klima“ (n= 21,4 ha)

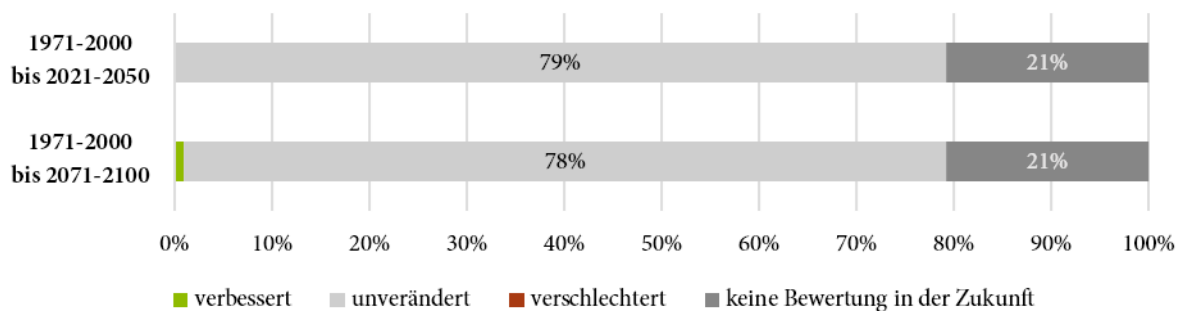


Abb. 28: Veränderung des Erhaltungszustandes der feuchten Hochstaudenfluren in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

3.3.2.4 Magere Flachland-Mähwiesen

Der Erhaltungszustand der mageren Flachland-Mähwiesen (LRT 6510) bleibt im Szenario „Klima“ in der nahen Zukunft im Vergleich zum modellierten Referenzzeitraum überwiegend unverändert. Auf einem geringen Flächenanteil ist eine Verbesserung des Zustandes in Richtung eines guten Erhaltungszustandes zu erwarten. Auf etwa einem Drittel der Flächen konnte keine Bewertung des Erhaltungszustandes vorgenommen werden (s. Abb. 29 und Anhang XII). In der fernen Zukunft führt sich diese Tendenz für die mageren Flachland-Mähwiesen im Szenario „Klima“ fort. Auf 6 % der Flächen wird ein verbesserter Erhaltungszustand als im modellierten Referenzzeitraum erwartet, wodurch der Anteil der günstig erhaltenen Flächen zunimmt. Allerdings finden sich in den Modellierungen der fernen Zukunft im Vergleich zur nahen Zukunft mehr Flächen, die nicht bewertet werden konnten (s. Abb. 29 und Anhang XII).

Veränderung des Erhaltungszustandes des LRT 6510
im Szenario „Klima“ (n= 149,5 ha)

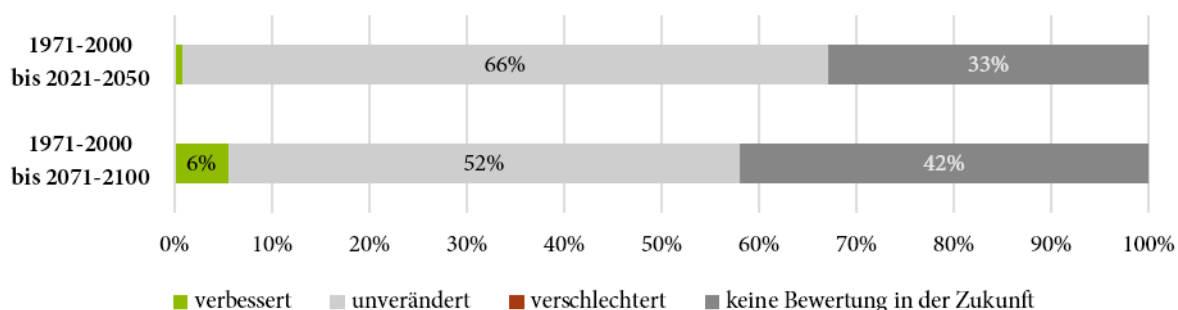


Abb. 29: Veränderung des Erhaltungszustandes der mageren Flachland-Mähwiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

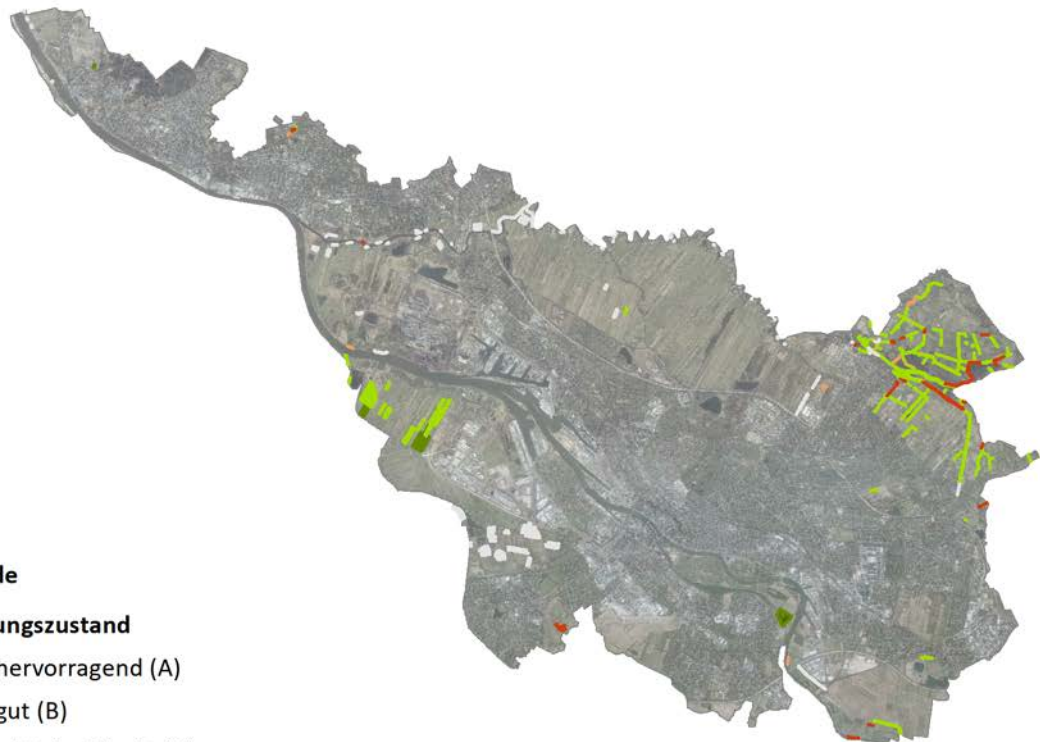
3.3.3 Szenario „Klima und Grundwasser“

In der nahen Zukunft (2021-2050) konnten im Szenario „Klima und Grundwasser“ auf Grundlage der Modellierungen dieser Arbeit in der Stadtgemeinde Bremen insgesamt 111,4 ha von 174,8 ha der vier betrachteten FFH-LRT hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes bewertet werden (s. Abb. 30). Es sind alle Erhaltungszustände vertreten, davon 98,2 ha in günstigem (A und B) und 1,9 ha in ungünstigem (C) Zustand. Außerdem finden sich in den Zukunftsmodellierungen 11,3 ha, die keine passenden Standortverhältnisse für die lebensraumtypischen Arten der betrachteten LRT bieten (Kategorie verschwunden). Einen hervorragenden Erhaltungszustand, verglichen mit dem modellierten Referenzzustand, weisen weiterhin die mageren Flachland-Mähwiesen in der nördlichen Weseraue auf, hinzukommen außerdem einige Gebiete desselben LRT im Niedervieland. Auch viele der feuchten Hochstaudenfluren und mageren Flachland-Mähwiesen in den Borgfelder Wümmewiesen und der Oberneulander Wümmeniederung weisen laut Modellierungen in der nahen Zukunft einen günstigen Erhaltungszustand auf (Kategorie gut). Einige Flächen der mageren Flachland-Mähwiesen im südlichen Teil der Borgfelder Wümmewiesen bleiben weiterhin potenziell nicht geeignet für die typischen Arten der mageren Flachland-Mähwiesen.

Nahe Zukunft (2021-2050)



Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

Erhaltungszustand

- hervorragend (A)
- gut (B)
- mittel-schlecht (C)
- verschwunden (X)
- keine Bewertung (k.B.)

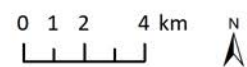


Abb. 30: Erhaltungszustand der FFH-LRT im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft (2021-2050) (oben) und fernen Zukunft (2071-2100) (unten), wobei A und B einen günstigen Erhaltungszustand abbilden; zur besseren Lesbarkeit sind die LRT gepuffert dargestellt (dunklere Farbe= tatsächliche Größe; hellere Umrandung= Puffer) (Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

In Modellierungen für die ferne Zukunft (2071-2100) konnten im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der Stadtgemeinde Bremen insgesamt 106 ha von 174,8 ha der vier betrachteten FFH-LRT hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes bewertet werden (s. Abb. 30). Es sind alle Erhaltungszustände vertreten, davon 97,9 ha in günstigem (A und B) und 1 ha in ungünstigem (C) Zustand. Außerdem finden sich gemäß der Modellierungsergebnisse 7 ha, die keine passenden Standortverhältnisse für die lebensraumtypischen Arten der betrachteten LRT bieten (Kategorie verschwunden). Die Zustände der LRT im Niedervieland und im Blockland bleiben, verglichen mit den Modellierungen der nahen Zukunft, im Szenario „Klima und Grundwasser“ gleich und überwiegend günstig. In den Borgfelder Wümmewiesen verschwinden potenziell an einigen Stellen feuchte Hochstaudendfluren. Auch der Erhaltungszustand der Binnenland-Salzstellen in Rethriehen und im Hollerland verschlechtert sich.

Eine detaillierte Aufschlüsselung der Flächenanteile der potentiellen Erhaltungszustände der jeweiligen LRT in den Modellierungen für die Zukunftszeitscheiben im Szenario „Klima und Grundwasser“ ist Anhang XII zu entnehmen.

3.3.3.1 Binnenland-Salzstellen

Der Erhaltungszustand der Binnenland-Salzstellen (LRT 1340*) bleibt im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft, im Vergleich zum Referenzzeitraum, unverändert. Ein Großteil der Flächen werden laut Modellierungen in der Zukunft potenziell einen ungünstigen Erhaltungszustand aufweisen (s. Abb. 31 und Anhang XII). In der fernen Zukunft ist mit einer Verschlechterung des Erhaltungszustandes aller Flächen der Binnenland-Salzstellen in der Stadtgemeinde Bremen zu rechnen (s. Abb. 31 und Anhang XII). Nur noch ein geringer Teil der Flächen (im Hollerland) werden in einem ungünstigen Erhaltungszustand erhalten bleiben. Die Flächen der Binnenland-Salzstelle in Rethriehen werden in den Modellierungen für die ferne Zukunft den lebensraumtypischen Arten potenziell keine geeigneten Standortbedingungen mehr bieten.

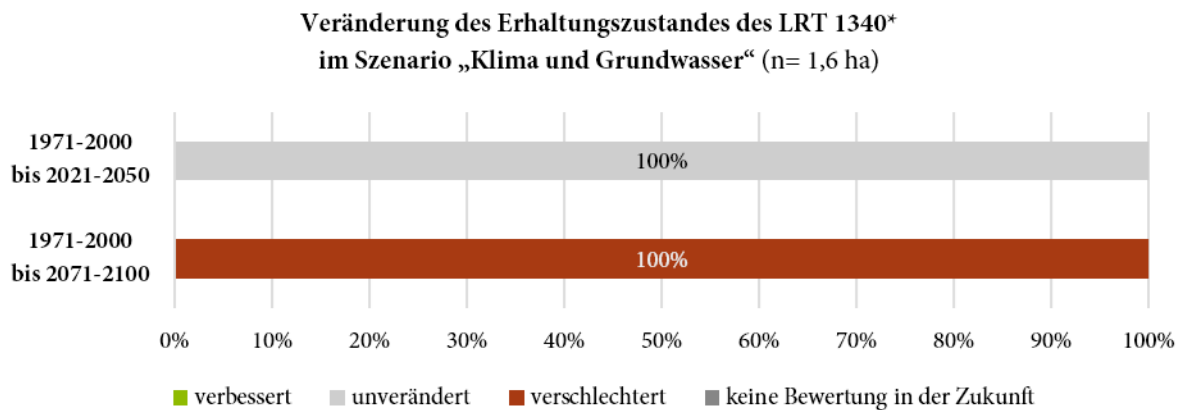


Abb. 31: Veränderung des Erhaltungszustandes der Binnenland-Salzstellen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

3.3.3.2 Pfeifengraswiesen

Der Erhaltungszustand der Pfeifengraswiesen (LRT 6410) bleibt im Szenario „Klima und Grundwasser“ sowohl in der nahen als auch fernen Zukunft im Vergleich zum modellierten Referenzzeitraum unverändert. Knapp ein Drittel der Flächen werden potentiell in günstigen Zustand erhalten bleiben, ein Großteil der Flächen konnten hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes jedoch nicht bewertet werden (s. Abb. 32 und Anhang XII).

Veränderung des Erhaltungszustandes des LRT 6410 im Szenario „Klima und Grundwasser“ (n= 2,3 ha)

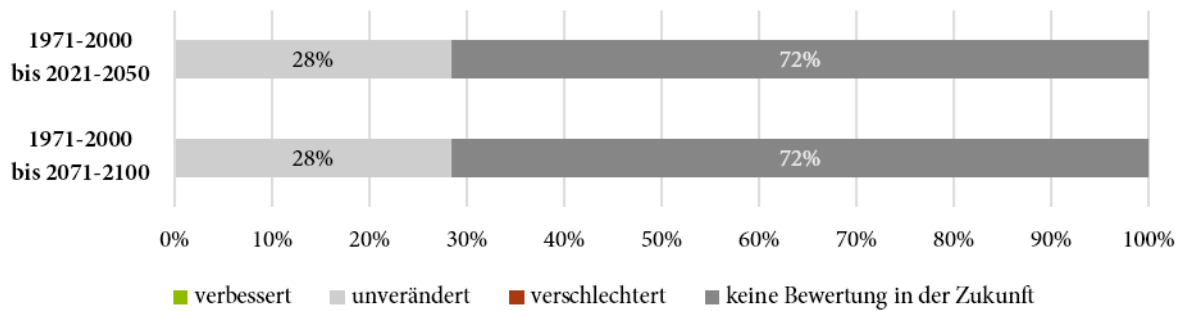


Abb. 32: Veränderung des Erhaltungszustandes der Pfeifengraswiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

3.3.3.3 Feuchte Hochstaudenfluren

Die Modellierungsergebnisse für die feuchten Hochstaudenfluren (LRT 6430) zeigen, dass im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft, im Vergleich zum modellierten Referenzzeitraum, der Erhaltungszustand auf 75 % der Flächen unverändert bleibt. Allerdings ist auf 4 % der Flächen eine Verschlechterung des Erhaltungszustandes zu erwarten. Damit nimmt der Anteil der Flächen, die für die lebensraumtypischen Arten keine geeigneten Standortbedingungen mehr bieten, zu. Dennoch werden laut Modellierungen ein Großteil der feuchten Hochstaudenfluren potenziell weiterhin in günstigem Zustand erhalten bleiben. Auf 21 % der Flächen konnte keine Bewertung des Erhaltungszustandes vorgenommen werden (s. Abb. 33 und Anhang XII). In der fernen Zukunft bleibt der Erhaltungszustand der feuchten Hochstaudenfluren im Szenario „Klima und Grundwasser“ ebenfalls größtenteils unverändert. Auf einem sehr geringen Teil der Flächen kann mit einer Verbesserung des Erhaltungszustandes gerechnet werden. Dem gegenüber stehen allerdings 5 % der Flächen, für die in den Modellierungen eine Verschlechterung erwartet wird. Die Verteilung der Erhaltungszustände ist ähnlich zu der der nahen Zukunft (s. Abb. 33 und Anhang XII).

Veränderung des Erhaltungszustandes des LRT 6430 im Szenario „Klima und Grundwasser“ (n= 21,4 ha)

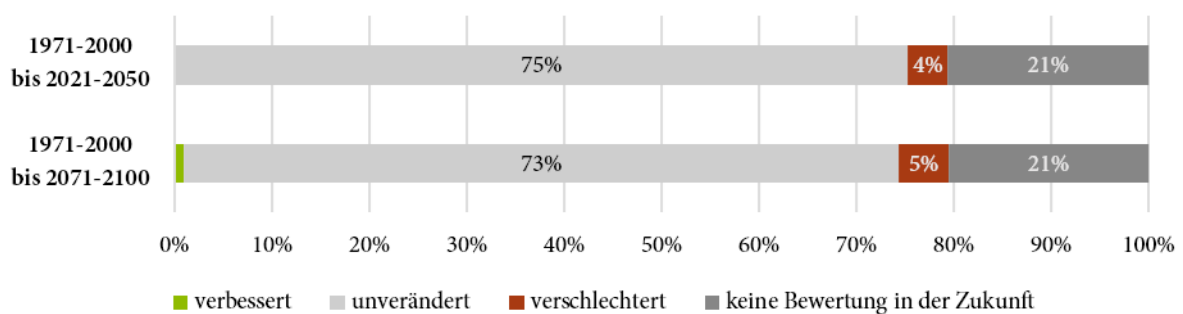


Abb. 33: Veränderung des Erhaltungszustandes der feuchten Hochstaudenfluren in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

3.3.3.4 Magere Flachland-Mähwiesen

Der Erhaltungszustand der mageren Flachland-Mähwiesen (LRT 6510) bleibt im Szenario „Klima und Grundwasser“ in der nahen Zukunft, im Vergleich zum modellierten Referenzzeitraum, auf 35 % der Flächen unverändert. Auf einem fast genauso großen Anteil (27 %) ist sogar eine Verbesserung des Zustandes in Richtung eines hervorragenden Erhaltungszustandes zu erwarten. Auf etwa einem Drittel der Flächen konnte keine Bewertung des Erhaltungszustandes vorgenommen werden (s. Abb. 34 und Anhang XII).

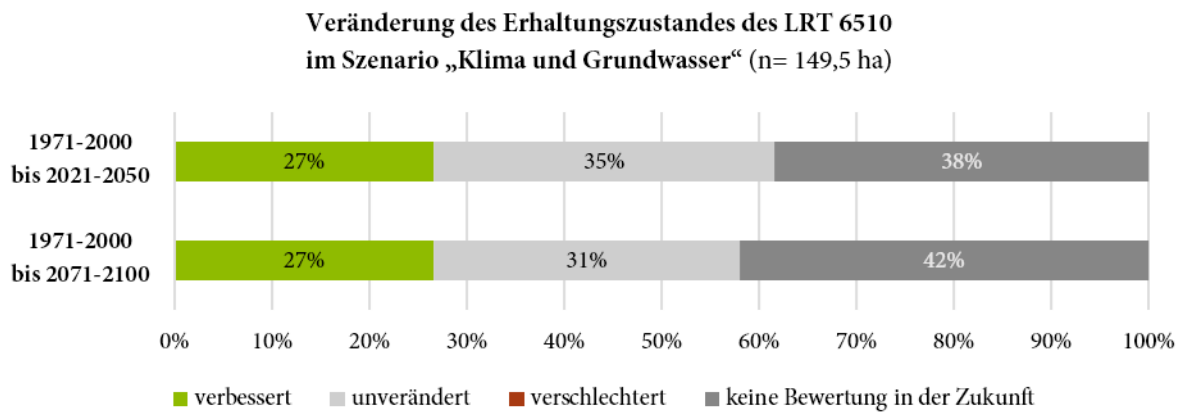


Abb. 34: Veränderung des Erhaltungszustandes der mageren Flachland-Mähwiesen in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

In der fernen Zukunft ist gemäß der Modellierungen dieser Arbeit die gleiche Entwicklungstendenz für die mageren Flachland-Mähwiesen zu erwarten. Etwa zwei Drittel der Flächen sind unverändert oder verbessert und somit in einem günstigen Zustand. Allerdings konnten 42 % der Flächen in der nahen Zukunft nicht bewertet werden (s. Abb. 34 und Anhang XII).

4 Diskussion

4.1 Bodenfeuchte

Im modellierten Referenzzeitraum finden sich in der Stadtgemeinde Bremen auf Grund des hohen Grundwasserspiegels vorwiegend mittel bis schwach feuchte Böden (BKF 7-8). Wegen ihrer hohen Bodenfeuchte sind diese Bereiche vor allem für Wiesen- und Weidennutzung geeignet (s. Tab. 14) (MÜLLER & WALDECK 2011: 225). Tatsächlich handelt es sich bei den untersuchten Flächen auch vorwiegend um Dauergrünland, das vorrangig zur Milchvieh- und Pferdehaltung genutzt wird (SUBV 2016: 55). Zusätzlich finden sich in den Erdniedermooren der Borgfelder Wümmewiesen und der Oberneulander Wümmeniederung Böden mit höheren Bodenfeuchteverhältnissen (BKF 9-10, stark feucht bis nass). Bei diesen Moorböden besteht der gesamte We aus Torfhorizonten mit einer besonders hohen Vernäsungsstufe (4 und 5). Moorböden können durch das hohe Porenvolumen im Torf das bis zu Fünffache ihres Eigengewichts als Wasser speichern und weisen deshalb eine besonders hohe Wasserspeicherfähigkeit auf (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 67f, 74, 515ff; weiterführend vgl. SUCCOW & JOOSTEN 2001). Auf Grund ihrer Bodenfeuchte sind solche Standorte für die Nutzung als Wiese nur noch bedingt geeignet und ab einer BKF von 10 für die landwirtschaftliche Nutzung gänzlich ungeeignet (s. Tab. 14) (MÜLLER & WALDECK 2011: 225). Als Realnutzung finden sich in solchen Bereichen zwar einige Sümpfe und Ruderalfluren, allerdings findet auch hier überwiegend landwirtschaftliche Nutzung statt (SUBV 2016: 43ff). Der gesamte Grünlandgürtel Bremens wird durch zahlreiche Gräben geprägt, die zur landwirtschaftlichen Nutzbarmachung der Flächen im Mittelalter angelegt wurden und noch heute zur Entwässerung der Gebiete verwendet werden (SUBV 2010: 53, 2016: 27f). Daher ist anzunehmen, dass, in Abhängigkeit der Entwässerungsintensität, die tatsächliche Bodenfeuchte von der hier modellierten mehr oder weniger abweichen kann.

Tab. 14: Landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Bodenwasserverhältnisse gem. MÜLLER & WALDECK (2011: 225); grün hinterlegt ist der Bereich des absoluten Grünlandes gem. BOESS et al. (2011)

BKF		Eignung für landwirtschaftliche Nutzung
Stufe	Bezeichnung	
0	dürr	Steppenrasen und Felsbandgesellschaften
1	stark trocken	für landwirtschaftliche Nutzung zu trocken (Trockenrasen)
2	mittel trocken	für Acker und extensive Grünlandnutzung häufig zu trocken
3	schwach trocken	für Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Sommer zu trocken, für intensive Grünlandnutzung zu trocken
4	schwach frisch	für Acker und Grünland geeignet, für intensive Grünlandnutzung im Sommer gelegentlich zu trocken
5	mittel frisch	für Acker und Grünland geeignet
6	stark frisch	für Grünland und Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Frühjahr gelegentlich zu feucht
7	schwach feucht	für Wiese und Weide geeignet, für Intensivweide und für Acker bedingt geeignet (im Frühjahr zu feucht)
8	mittel feucht	für Wiese geeignet, für Weide bedingt geeignet, für Intensivweide und Acker zu feucht
9	stark feucht	für Wiese bedingt geeignet, da häufig zu feucht (Streuwiesen)
10	nass	für landwirtschaftliche Nutzung zu nass (Kleinseggenriede)
11	-	meist offenes Wasser (Großseggenriede)

Im Bereich der nördlichen Weseraue, sowie in vereinzelt am Rand der Wümmewiesen und der Oberneulander Wümmeniederung, des Block- und Niedervielandes finden sich besonders trockene Böden (BKF 1-2, stark bis mittel trocken). Hierbei handelt es sich um Lockersyroseme, Regosole und Podsole, die der Abteilung der terrestrischen Böden angehören. Insgesamt ist die Bodenfeuchte bei terrestrischen Böden grundsätzlich geringer als bei grund- und stauwassergeprägten Böden. Lockersyroseme sind stark durch die Eigenschaften des Ausgangsgesteins beeinflusst, da sie das Initialstadium der Bodenbildung bilden. Wird die Vegetationsentwicklung nicht ständig gestört, entwickeln sich Lockersyroseme schnell zu Regosolen, Pararendzinen oder Pelosolen weiter (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 489; BLUM

2012: 106). Bei dem betrachteten Lockersyrosem in Bremen links der Weser handelt es sich um eine künstliche Auffüllung, bestehend aus Lehmschluffen mit einer sehr geringen nFK (25,5 mm). Die Regosole und Podsole mit den geringen BKF sind aus überwiegend sandigen Substraten, die Hauptbodenart hier bilden Fein- und Mittelsande (mSfs und fSms). Sande haben einen hohen Anteil an Grobporen und daher ein gutes Wasserleit- und schlechtes Wasserspeichervermögen, was die geringe Bodenfeuchtigkeit erklärt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 167, 491, 499; BLUM 2012: 49ff). Böden mit einer BKF von 1-2 sind für landwirtschaftliche Nutzungen häufig zu trocken (s. Tab. 14) (MÜLLER & WALDECK 2011: 225). Diese Flächen werden im Untersuchungsgebiet allerdings überwiegend als Grünland genutzt. Sie liegen meist in der unmittelbaren Nähe von Fließgewässern und damit im Überschwemmung- bzw. tidebeeinflussten Bereich (SKUMS o.J.: www; SUBV 2016: 176), was, entgegen der Modellierungsergebnisse dieser Arbeit, eine zumindest temporäre Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit bewirken kann.

In Abhängigkeit des betrachteten Szenarios lassen sich Veränderungen der Bodenfeuchte um eine bis drei Stufen in Richtung trockenere Bodenverhältnisse erwarten. Im Referenzzeitraum (1971-2000) liegt die Stadtgemeinde Bremen im KB 1, in der nahen Zukunft (2021-2050) im KB 0 und in der fernen Zukunft (2071-2100) schließlich im trockensten KB (00). Trotz der zu erwartenden Veränderungen des KBs um bis zu zwei Stufen bewirkt der direkte Einfluss des zukünftigen Klimas nur geringfügige Veränderungen in der Bodenfeuchte. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von HOFFMANN et al. (2005). Ihre Modellierungsergebnisse für die Unterwesermarschregion, die knapp vor Bremen endet, zeigen, dass sich die BKF dort bei Vermeidung signifikanter Grundwasserflurabstandsverringerungen nicht oder nur um eine Stufe hin zu trockeneren Bedingungen verändert (ebd.: 129f). Einen stärkeren Einfluss auf die BKF in der Stadtgemeinde Bremen haben die indirekten Klimaauswirkungen – die Absenkung des Grundwasserspiegels. Das verdeutlichen die Unterschiede zwischen den Szenarien „Klima“ und „Klima und Grundwasser“. Belastbare quantitative Daten zum Grundwasserflurabstand in 2021-2050 und 2071-2100 lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor. Üblicherweise werden Grundwassermodellierungen mit Hilfe von hydrologischen Modellen vorgenommen. Dazu müssen u.a. auch Geländeeigenschaften (z.B. Geländehöhen, Geologie, flächendifferenzierte hydraulische Parameter etc.) des betrachteten Gebiets mit einbezogen werden (HÖLTING & COLDEWEY 2013: 108ff; HUBERT 2011; weiterführend vgl. z.B. SANFORD 2002). Die in dieser Arbeit getroffenen Annahmen zur Änderung der GWS, basierend auf Projektionen zur GWNB, stellen auf Grund fehlender Daten einen Kompromiss dar. Die Aussagesicherheit und Reliabilität der Ergebnisse zur BKF und damit auch den anderen darauf aufbauenden Ergebnissen, kann jedoch leicht verbessert werden, indem die sich in Arbeit befindenden quantitativen Daten zum zukünftigen Grundwasserstand in die Modellierung miteinbezogen werden (vgl. auch Kap. 2.3.2.1). Zu beachten wäre dabei, dass sich die Grundwasserstandsmodellierungen auf dieselben Klimaprojektionen bzw. Emmissionsszenarien stützen, wie diese Arbeit.

In vielen der Bereiche, in denen eine zunehmende Trockenheit zu erwarten ist, finden sich Biotope mit sehr hoher bis mittlerer Empfindlichkeit gegenüber Grundwasserabsenkungen, deren Bestehen bei sich ändernden Grundwasserständen und Bodenfeuchteverhältnissen gefährdet sein könnte (SUBV 2016: 115). Auch faunistisch wichtige und für diese Flächen wertgebende Arten können durch abnehmende Bodenfeuchte gefährdet werden. Bremens Feuchtgrünland bildet wertvolle Habitate für Wiesenbrüter, insbesondere Wiesenlimikolen (SUBV 2010: 48; JORDAN 2012: 14). In den letzten Jahren ist die Zahl der Brutpaare in Bremens Grünlandgürtel um mehr als 65 % zurückgegangen (SUBV 2010: 62f). Watvögel, wie die schon heute vom Aussterben bedrohte (RL Deutschland 1, gem. GRÜNEBERG et al. (2015)) Bekassine (*Gallinago gallinago*), der Große Brachvogel (*Numenius arquata*) oder die Uferschnepfe (*Limosa limosa*), sind auf extensiv bewirtschaftete Grünlandflächen mit feuchten Böden angewiesen, um darin nach Nahrung (Bodeninsekten, Regenwürmer o.ä.) zu stochern (NLWKN 2011f; SÜDBECK & KRÜGER 2004: 108; NABU 2013: 52). Besonders im Blockland und im Niedervieland findet man z.T. eine sehr hohe Dichte von Wiesenvögel-Brutpaaren, und das Blockland nimmt sogar eine internationale Bedeutung für Rastvögel insbesondere Watvögel ein (SUBV 2016: 78). In diesen Bereichen ist unter Klimawandelbedingungen allerdings eine Abnahme der Bodenfeuchte zu erwarten. Eine geringere Bodenfeuchte führt zu einem schlechterem Nahrungsangebot und zu einer möglichen Nutzungsintensivierung durch die Landwirtschaft, was indirekt die Größe und den Bruterfolg der Wiesenvogelpopulation negativ beeinflussen kann (s. Abb. 35) (SÜDBECK & KRÜGER 2004: 109f; STREITBERGER et al. 2016: 148).

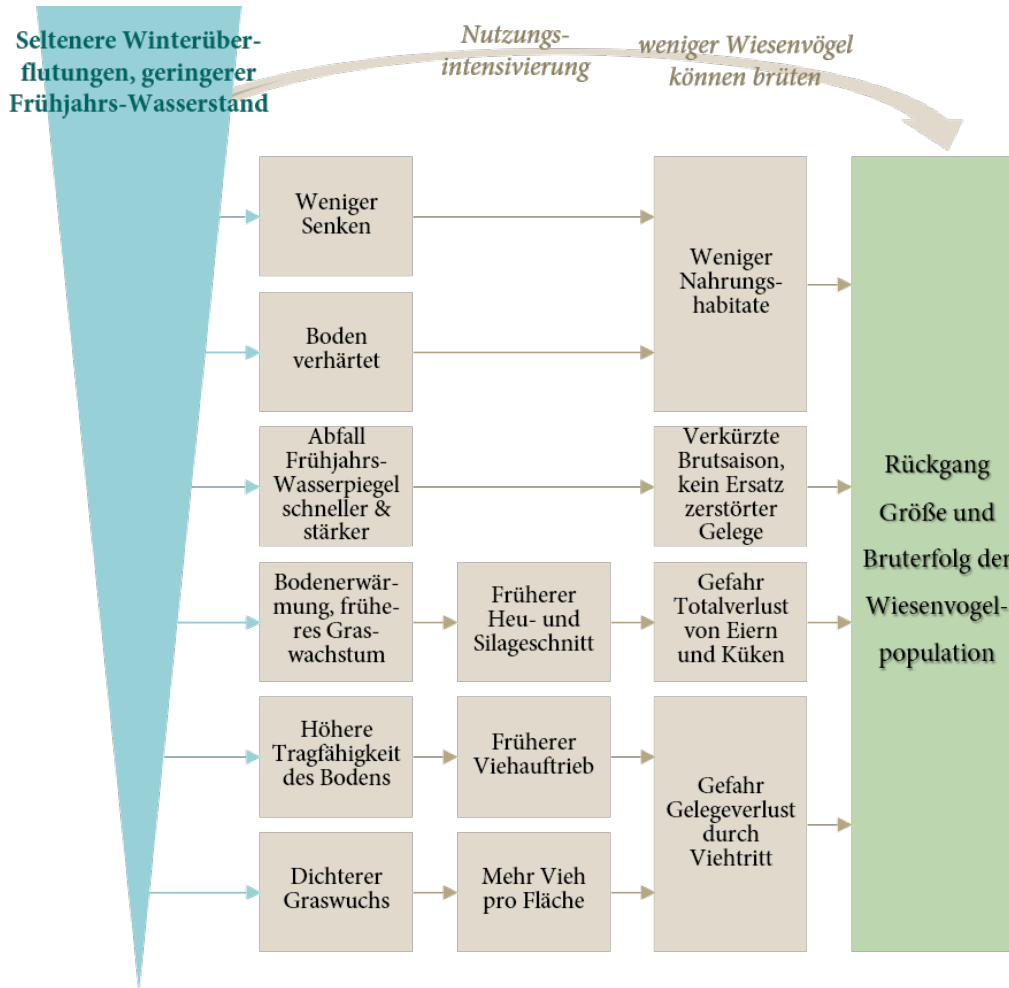


Abb. 35: Einfluss des Wasserhaushaltes auf die landwirtschaftliche Nutzung und daraus folgend auf die Wiesenvogelpopulation (verändert nach: SÜDBECK & KRÜGER 2004: 110)

HUNTLEY et al. (2007) (zit. in HANDKE 2010: 22) prognostizieren in ihrem Klima-Atlas für europäische Brutvögel einen deutlichen Rückgang von Wiesenbrütern in Norddeutschland. Zusätzlich sind Flächen ab einer BKF von 7 (schwach feucht) bereits für Intensivweiden geeignet, ab BKF 6 (stark frisch) sind bereits Ackernutzungen möglich (s. Tab. 14) (MÜLLER & WALDECK 2011: 225). Aus landwirtschaftlicher Sicht begünstigt das trockenere Bodenfeuchtre regime in der Zukunft eine intensivere Nutzung der Grünlandflächen und es fallen vermehrt Flächen außerhalb des Bereichs von absolutem Grünland (s. Tab. 14), also des Bereichs der aufgrund spezifischer Standortgegebenheiten keine ordnungsgemäße Ackernutzung zulässt (BOESS et al. 2011: 2, 5). Zwar ist ein Grünlandumbruch durch die Schutzgebietsverordnungen verboten, aber auch schleichende Nutzungsintensivierungen der Grünlandflächen, durch beispielsweise höhere Viehbesatzdichten, veränderte Mähpraktiken etc., können viele Arten, darunter auch Wiesenlimikolen, gefährden (SUBV 2016: 90; EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018: 31f; SUBV 2010: 47f). Durch die standörtlichen Voraussetzungen zur Nutzungsintensivierung in Kombination mit abnehmenden Bodenfeuchten besteht die Gefahr des Habitatverlustes für einige wertgebende Tier- und Pflanzenarten und stärkere Konflikte zwischen Landwirtschaft (Potenzial zur Wirtschaftlichkeitssteigerung) und Naturschutz sind zu erwarten. Bestehende Schutzgebietsverordnungen müssen gegebenenfalls überprüft und verschärft und gleichzeitig freiwillige Maßnahmen, wie Vertragsnaturschutz, gestärkt werden (weiterführend vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018).

Insgesamt zeigen sich Veränderungen der Bodenfeuchte vorrangig auf den semiterrestrischen Böden, was maßgeblich von der gewählten Methode beeinflusst wird. Wie bereits in Kap. 2.3.2 angemerkt, bezieht die Methode der BKF Modellierung nach MÜLLER & WALDECK (2011) bei terrestrischen Böden und Torfhorizonten keinerlei klimatische Parameter mit ein. Es besteht Forschungsbedarf zur Entwicklung einer anderen Vorgehensweise zur Bestimmung der BKF auf diesen Böden. Ein möglicher Ansatz

für die Analyse terrestrischer Böden wäre eine Kombination des Ansatzes nach HAUFFE et al. (1998) mit der Methode von MÜLLER & WALDECK (2011). Felddaten zeigen, dass Reliefmerkmale, insbesondere Hangneigung und -ausrichtung, relative Höhe und relative Hanglänge einen signifikanten Einfluss auf die Bodenfeuchte haben (CHIFFLARD et al. 2006; WESSOLEK et al. 1994). Wobei nicht nur kleinmaßstäbliche Ebenen einen Einfluss ausüben, auch Mikrotopographien machen sich in der Bodenfeuchte bemerkbar (PLOEG et al. 2012: 8f). „Unter gemäßigten Klimaverhältnissen spielen sich laterale Prozesse im Hundertermeterbereich ab, vertikale Prozesse im Zehnermeterbereich“ (STEINHARDT et al. 2012: 35). Daher sollten zukünftig Relief und Exposition in die Bestimmung der BKF mindestens auf der mesoskaligen Ebene einbezogen werden (vgl. auch Kap. 2.3.2) und bestenfalls sollte sogar ein down-scaling auf die Mikro-Ebene möglich sein, um so kleinräumigen Differenzierungen besser Rechnung zu tragen. Gerade bei besonders heterogenen Untersuchungsgebieten, wie beispielsweise die Stadtgemeinde Bremen mit ihrem ausgedehnten Grabensystem, können dadurch aussagekräftigere Ergebnisse erzielt werden. Darüber hinaus könnte das Ergebnis dieser Arbeit durch das Heranziehen detaillierterer und großmaßstäblicherer Bodenkarten verbessert werden. Zur Erstellung von Bodenkarten werden Bodendaten oft interpoliert und Profilbeschreibungen generalisiert, wobei durch das up-scaling unnatürliche Klassensprünge entstehen (GEHRT & BÖHNER 2001: 17, 21; DREXLER et al. 2000: 368f). Um Bodeninformationen lage- und inhaltsgetreu abzubilden, dies gilt insbesondere für Informationen zum Grundwasser und zur Bodenart, müssten Bohrungen im Abstand von 10-20 m vorgenommen werden, was in der Realität aus Ressourcengründen jedoch meistens nicht der Fall ist (GEHRT & BÖHNER 2001: 23). Je kleinmaßstäblicher die Bodenkarte ist, desto größer ist daher ihre Abbildungsungenauigkeit der realen Variabilität des betrachteten Gebietes (ebd.; LÖSEL 2005). Zusätzlich sollten bei weiteren Ermittlungen zur Bodenfeuchte in Bremen Informationen zu anthropogenen Eingriffen in den Wasserhaushalt, wie die Entwässerungen, in die Ermittlung der BKF integriert werden.

(Klein-)Klima und Bodenwasser ist nicht nur ein ökologischer, sondern auch ein pedogenetischer Faktor und beeinflusst Bodenbildungsprozesse (BLUM 2012: 41; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2008: 440; MA et al. 2017). Durch einen veränderten Wasserhaushalt ist damit zu rechnen, dass Bodenbildungsprozesse stattfinden, die sich auf die Bodeneigenschaften auswirken, welche wiederum die Bodenfeuchte auf diesen Standorten beeinflusst. Insbesondere die Mineralisierungsrate organischer Substanzen, die Strukturbildung, Verwitterung, Podsolierung, Tonverlagerung und Vergleyung sind stark durch die Bodenfeuchte beeinflusst (KARMAKAR et al. 2016: 58). Veränderungen in mikrobiotischen Aktivitäten, im Nährstoffhaushalt und pH-Wert des Bodens machen sich bereits innerhalb von wenigen Monaten bis zu einem Jahr bemerkbar, während Veränderungen in der Bodenstruktur, vertikale, fluviale, gleyische, stagnische Eigenschaften erst in bis zu 10 Jahre sichtbar werden (DEFRA 2005: 9). Pedogenetische Prozesse sind sehr komplex und werden neben dem Klima noch von einer Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst. Die Auswirkungen möglicher bodenbildender Prozesse auf die Bodeneigenschaften während des Modellierungszeitraums wurden in der verwendeten Methode nicht berücksichtigt. Dies würde die Komplexität und damit den Arbeitsaufwand zur Modellierung der BKF deutlich erhöhen und kann auf Regionalebene nicht geleistet werden. Vielmehr sollten stattdessen die Bodendaten durch regelmäßige Vor-Ort-Untersuchungen oder unter Einsatz neuer Technologien und Methoden überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

4.2 Entwicklungsmöglichkeiten der Vegetation

Mit etwa 5111 ha von 5772 ha konnte ein Großteil der untersuchten Flächen hinsichtlich ihres Entwicklungspotenzials für Biotope bewertet werden. Im Referenzzeitraum weisen die meisten Gebiete Potenziale für mäßig spezialisierte Vegetationsgesellschaften auf. Dies ist auf die überwiegend ähnlichen Bodeneigenschaften hinsichtlich Feuchte und Nährstoffe zurückzuführen. Nahezu alle Flächen weisen eine mittlere Nährstoffversorgung (BWZ 30-70) und feuchte Bodenverhältnisse auf (s. Abb. 36 und Abb. 13). Damit finden sich im Untersuchungsgebiet zwar keine extremen, aber immer noch stärker vom Normalzustand abweichende Sonderstandorte vor. In den Borgfelder Wümmewiesen sind bodenbürtige Potenziale zur Ausbildung von Extremstandorten und eine stark spezialisierte Vegetation vorhanden. Dies ist die einzige Fläche im Untersuchungsgebiet bei der der Referenzzustand sowohl eine höhere Bodenfeuchte als auch eine geringere Nährstoffversorgung aufweist (BWZ < 30). Tatsächlich findet sich

in diesem Schutzgebiet der in Bremen größte Anteil der nach § 30 Abs. 2 S. 2 BNatSchG geschützten Sumpfbiotope mit Vorkommen von Sumpfdotterblumen-Wiesen und einige in Deutschland u.a. stark gefährdete Pflanzenarten, wie die Sumpf-Platterbse (*Lathyrus palustris*, Rote Liste (RL) 3), das Sumpfläusekraut (*Pedicularis palustris*, RL 2) oder Sumpf-Wolfsmilch (*Euphorbia palustris*, RL 3) (SUBV 2010: 41, 50, 87, 129; RL Kategorie gem. METZING et al. 2018). All diese Vorkommen sind auf Grund ihrer Gefährdung für den Naturschutz als sehr wertvoll einzustufen, was sich mit den Ergebnissen des BEP im Referenzzeitraum deckt.

Ein Zehntel des Untersuchungsraums konnte hinsichtlich des Entwicklungspotenzials für die Vegetation nicht bewertet werden. So liegen beispielsweise keine Ergebnisse für die nördliche Weseraue und Teile des Niedervielands vor (s. Abb. 18 in Kap. 3.2.1). Fehlende Bewertungen sind auf die Datenlage zurückzuführen. Die BWZ, die zur Beschreibung der Nährstoffversorgung herangezogen wurde, deckt nicht alle Untersuchungsbereiche ab (s. Tab. 3 und Abb. 36), wodurch bei der Verschneidung mit der BKF die Informationslage für einige Flächen unvollständig ist.

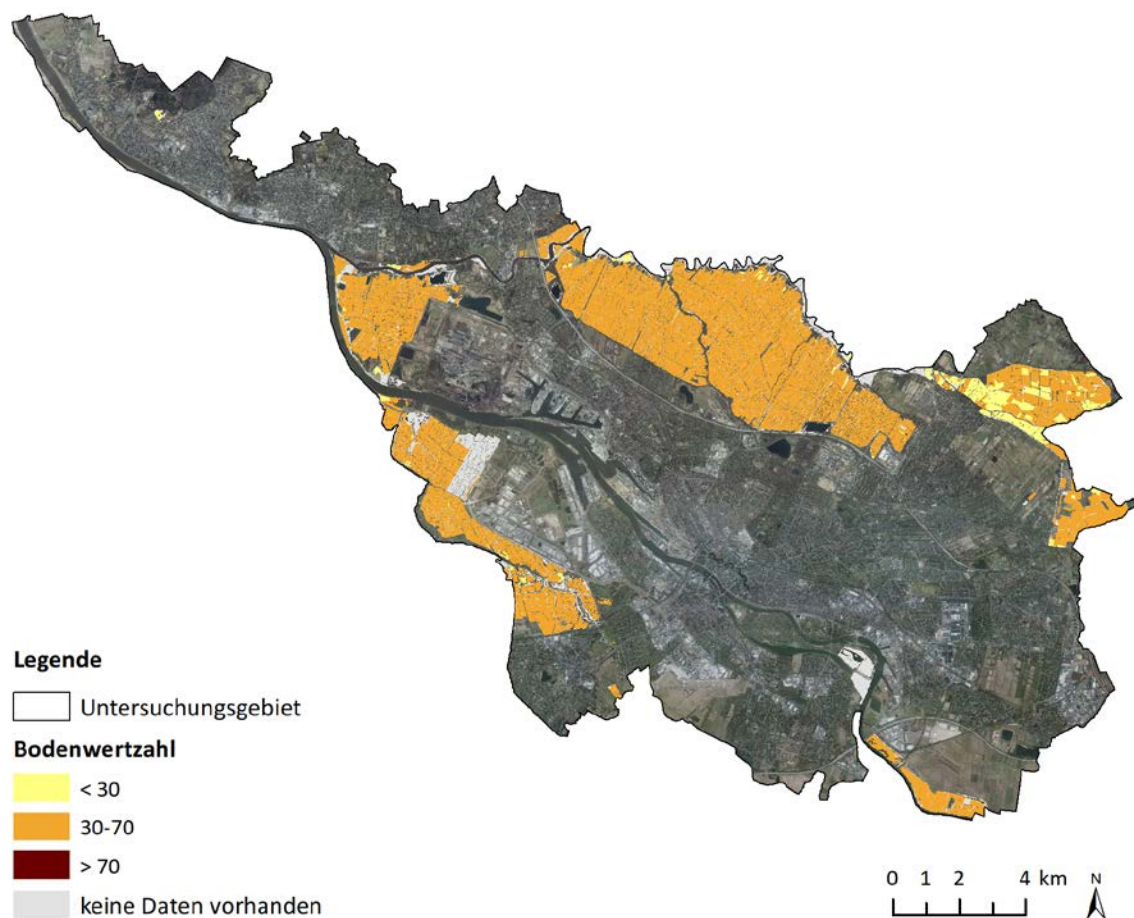


Abb. 36: Nährstoffversorgung ausgedrückt durch die Bodenwertzahl innerhalb der Natura-2000-Gebiete (Kartengrundlage: HANEG 2014; GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

Je nach Szenario kommt es in der Zukunft unter Klimawandelbedingungen zu einer mehr oder weniger starken Abnahme der Flächenanteile von Standorten für spezialisiertere Vegetation, da sich die Bodeneigenschaften in Richtung Normalverhältnisse entwickeln. Auf diesen Standorten kann damit gerechnet werden, dass, ausgehend von der potenziellen Habitatleistung des Bodens, Spezialisten verschwinden und sich, wenn nicht bereits vorhanden, überwiegend mesophile Gesellschaften ausbilden würden. Allerdings können auch hierunter Pflanzen(-gesellschaften) vertreten sein, die z.B. durch intensive Landwirtschaft gefährdet werden, was mit abnehmender BKF und damit besserer agrarischer Nutzungsmöglichkeiten (vgl. Kap. 4.1) durchaus möglich sein kann. Auch HANDKE (2010: 37) prognostiziert in seinem Bericht zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in der Stadtgemeinde Bremen, dass sich die Grünlandvegetation ändert und mehr mesophile Pflanzenarten (z.B.

Rasenschmiele) auftauchen werden. Bei Betrachtung beider Szenarien dieser Arbeit wird deutlich, dass die Gebiete Borgfelder Wümmewiesen und Oberneulander Wümmeniederung auch in Zukunft weitestgehend hohe BEP aufweisen und damit für den Naturschutz wertvoll sind. Ebenso sollten die Standorte der Niedermoorböden mit Kleimarschauflage im Blockland, sowie die Flächen mit geringer GWS im Werder- und Niedervieland für naturschutzbezogene Maßnahmen Beachtung geschenkt werden, da sie in der nahen und fernen Zukunft im Szenario „Klima“ und noch in der nahen Zukunft bei möglichen Grundwasserabsenkungen vom Boden ausgehende Potentiale zur Ausbildung von Sonderstandorten für mäßig spezialisierte Vegetationsgesellschaften bieten. Diese Flächen könnten unter Klimawandelbedingungen für Agrarumweltprogramme als vorzugswürdige Flächen im Vertragsnaturschutz (vgl. Kap. 4.1) oder als Kompensationsflächen in der Eingriffsregelung auch weiterhin relevant sein.

Die Änderungen des BEP in der Zukunft sind ausschließlich auf Bodenfeuchteänderungen zurückzuführen, da im Rahmen dieser Modellierung nur diese Variable verändert wurde. Die BWZ und damit der Nährstoffhaushalt wurde als gleichbleibend angesehen. In der Realität beeinflussen veränderte klimatische Verhältnisse (Bodenfeuchte und -temperatur) jedoch die Nährstoffverfügbarkeit im Boden auf verschiedene Weise (weiterführend vgl. JAMIESON et al. 1998; EMMETT et al. 2004; SENEVIRATNE et al. 2010; CANTAREL et al. 2013). Diese Prozesse wurden in der Ermittlung des BEP jedoch nicht berücksichtigt. Zusätzlich wird zur Ermittlung des BEP üblicherweise der pH-Wert miteinbezogen, da er ebenfalls Auswirkungen auf die Nährstoffverfügbarkeit im Boden hat. Mit abnehmendem pH-Wert sind die Kationenaustauschkapazität und damit pflanzenverfügbare Nährstoffmenge geringer (BLUM 2012: 77; HAAREN 2004b: 210f). Räumliche Daten zur Bodenacidität und -alkalität lagen jedoch nicht vor (vgl. Kap. 2.3.3). Bei der im Referenzzeitraum und in den Szenarien überwiegend vorliegende Bodenfeuchte und BWZ hätte eine weitere Differenzierung nach Boden-pH-Wert allerdings auch kaum Einfluss auf das BEP gehabt (s. Tab. 15). Bei frischen Bodenverhältnissen (Szenario „Klima und Grundwasser“) resultiert die Einstufung des BEP bei allen pH-Stufen im mittleren und geringen Nährstoffbereich in dieselbe Einstufung wie sie in dieser Arbeit vorgenommen wurde. Auch bei feuchten Bodenverhältnissen (Referenzzeitraum und Szenario „Grundwasser“) sind die Einstufungen auf nährstoffarmen Böden unabhängig des pH-Wertes überwiegend gleich. Lediglich bei stark feuchten Standorten (BKF 9) mit mittlerer Nährstoffversorgung können auf sauren oder basen-/kalkreichen Böden anstelle von Sonderstandorten für mäßig spezialisierte Vegetation Extremstandorte für stark spezialisierte Gesellschaften entstehen. Dies betrifft lediglich einige wenige Bereiche im Schutzgebiet Borgfelder Wümmewiesen.

Tab. 15: Vergleich der Einstufungen des Biotopentwicklungspotenzials (BEP) für frische und feuchte Standorte mittlerer Nährstoffversorgung (BWZ = Bodenwertzahl), aber unterschiedlichen Annahmen zum pH-Wert

		BEP nach dieser Arbeit	BEP nach HAAREN et al. (2019)			BEP nach dieser Arbeit	BEP nach HAAREN et al. (2019)				
BKF		nährstoffarm (BWZ < 30)					mittlere Nährstoffversorgung (BWZ 30-70)				
feucht	9										
	8										
	7										
frisch	6										
	5										
	4										
pH-Wert		schwach sauer- schwach alkalisch	sauer	schwach sauer- schwach alkalisch	basen- / kalkreich	schwach sauer- schwach alkalisch	sauer	schwach sauer- schwach alkalisch	basen- / kalkreich		
Extremstandorte, stark spezialisierte Vegetation (sehr wertvoll)											
Sonderstandorte, mäßig spezialisierte Vegetation (sehr wertvoll)											
Normalstandorte, mesophile Vegetationsgesellschaften (Wert abhängig von Nutzungsform und Management)											

Auch die Diasporenbank des Bodens und Einwanderungsmöglichkeiten von Arten konnten nicht miteinbezogen werden, können das Standortpotenzial zur Ausbildung schutzwürdiger Vegetation allerdings beeinflussen (HAAREN 2004b: 209). Da sich das BEP auf die BKF stützt, sollten auch hier die in Kap. 4.1 beschriebenen Unsicherheiten und vernachlässigten Bodenprozesse beachtet werden. Dass aktuelle Landnutzungsänderungen, wie Entwässerungen, in den Bodendaten nicht berücksichtigt werden, ist beim BEP jedoch nicht nachteilig, da dadurch die natürlichen Potenziale und Entwicklungsaspekte stärker in den Vordergrund treten (ebd.: 208f; HAAREN et al. 2019: 273).

4.3 Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen

Hinsichtlich des Erhaltungszustandes der FFH-LRT konnten je nach Szenario 30 % bis 40 % der untersuchten Flächen nicht bewertet werden. Dies betrifft Flächen der Pfeifengraswiesen (LRT 6410), feuchten Hochstaudenfluren (LRT 6430) und der mageren Flachland-Mähwiesen (LRT 6510), wobei (gemessen an der Flächengröße) besonders viele Flächen des LRT 6410 nicht bewertet werden konnten. Dies ist auf die Ausgangsdatenlage zurückzuführen. Bei einigen Flächen sind keine Informationen zu den Bewertungen der einzelnen Kategorien, an denen der Erhaltungszustand gemessen wird, hinterlegt. Darüber hinaus sind pro LRT und Zeitscheibe jeweils unterschiedliche Flächenanteile mit keiner Bewertung zu finden. Dies lässt sich auf den angewandten Bewertungsalgorithmus zurückführen. Ist das Arteninventar potenziell verschwunden, führte dies automatisch zur Kategorie „verschwunden“, auch wenn die anderen Kategorien des Erhaltungszustandes keine Bewertung aufweisen (vgl. Tab. 13). So kann es vorkommen, dass Flächen in der nahen Zukunft als verschwunden klassifiziert wurden, in der fernen Zukunft aber wieder Artvorkommen in unterschiedlicher Qualität prognostiziert werden konnten. In den Modellierungen werden die Zeitscheiben (2021-2050 und 2071-2100) unabhängig voneinander bewertet. Die Überlebensdauer von Diasporen im Boden können in Abhängigkeit der Art unterschiedlich sein. Nach THOMPSON et al. (1997; 1998; zit. in ZERBE & WIEGLEB 2016: 37ff) besteht die Diasporenbank von Grünlandgesellschaften in großen Teilen aus Arten mit temporären bis kurzfristig (< 1 Jahr bis < 5 Jahre) persistenten Samen oder Früchten. Allerdings steigt die Anzahl von Arten mit ausdauernderen Diasporen mit zunehmender Bodenfeuchte und Störungsregime (ebd.). Notwendige gesicherte Pauschalannahmen zur Überlebensdauer der Diasporenbank von Arten bzw. Vegetationsgesellschaften können daher nicht getroffen werden und somit auch nicht in der Modellierung dieser Arbeit miteinbezogen werden. Nach den Zielen der FFH-RL darf es allerdings gar nicht erst zu lokalen Aussterbeprozessen kommen, sodass die Berücksichtigung der Diasporenbank und Samendormanz für Re-Etablierungen in dieser Modellierung auch vernachlässigt werden darf.

Auf einzelnen Flächen sind im modellierten Referenzzustand LRT-Flächen als verschwunden klassifiziert, obwohl diese in der Realität nachgewiesen und z.T. sogar in einem günstigen Erhaltungszustand sind (gem. SUBV 2004-2006/2008-2017). Dies betrifft einige linienförmige Bereiche der mageren Flachland-Mähwiesen in den Borgfelder Wümmewiesen und im Niedervieland, auf denen der Boden gemäß Modellierung für die typischen Arten zu nass ist (BKF 9-10) und feuchte Hochstaudenfluren in den Borgfelder Wümmewiesen, auf denen für diesen LRT zu trockene Standortverhältnisse vorhanden sind (BKF 1-4).

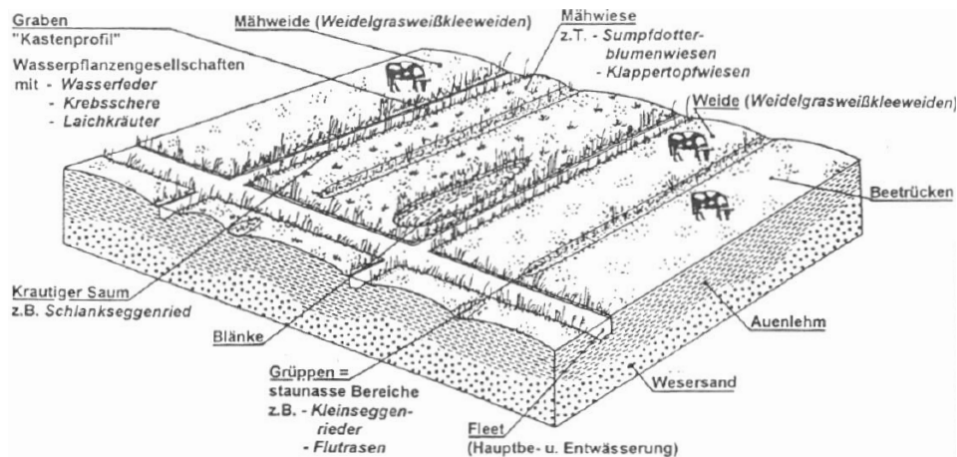


Abb. 37: Profil der für Bremen typischen Beet-Gruppen-Struktur mit unterschiedlichen Vegetationsgesellschaften (LFB 1996; zit. in HANDKE & TESCH 2018: 14)

Diese Diskrepanz zwischen modelliertem Referenz- und erhobenem Zustand ist vermutlich auf die Heterogenität des Untersuchungsgebiets zurückzuführen (s. Abb. 37). Durch die im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzbarmachung im 12. Jahrhundert anthropogen geschaffene Beet-Gruppen-Struktur im Flussmarschengebiet Bremens, entstehen viele kleinräumige Geländeunterschiede, die einen starken Einfluss auf die Bodenfeuchte und folglich auf die Ausprägung der Grünlandgesellschaften haben (HANDKE & TESCH 2018: 14; SUBV 2016: 27). Diese kleinräumigen Unterschiede werden im Maßstab der Modellierung dieser Arbeit und den herangezogenen Bodendaten in der BKF nicht deutlich (vgl. dazu auch Kap. 4.1). Vermutlich befinden sich die als verschwunden klassifizierte Flächen der mageren Flachland-Mähwiesen tatsächlich auf Flächen, die durch Entwässerung in der Realität weniger nass sind, als mittels BKF klassifiziert. Umgekehrt liegt es nahe, dass sich die feuchten Hochstaudenfluren entlang der Gräben oder Gruppen befinden, in Bereichen in denen die Bodenfeuchte tatsächlich höher ist, als modelliert (s. Abb. 38).

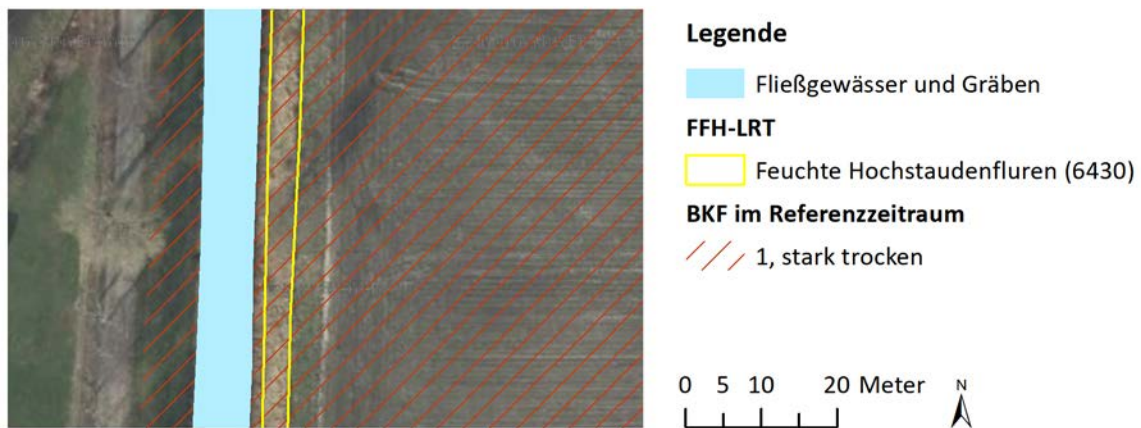


Abb. 38: Beispielausschnitt einer als verschwunden klassifizierten Fläche des LRT 6430 (feuchte Hochstaudenfluren) im modellierten Referenzzeitraum auf Böden mit der BKF 1 (Kartengrundlage: BKF: eigene Daten; SUBV 2004-2006/2008-2017; SUBV et al. 2004-2014; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012)

Die durchgeführte Parallelisierung der BKF mit den Feuchtezahlen nach Ellenberg basiert auf einem vergleichsweise geringen Datensatz, geschuldet der zum Zeitpunkt der Bearbeitung vorliegenden Datengrundlage. In nachfolgenden Arbeiten sollte die Parallelisierung mit zusätzlichen Daten oder bestenfalls sogar Felduntersuchungen unterfüttert und ggf. nachgeeicht werden. Bei der Anwendung der hier entwickelten Methode in anderen naturräumlichen Gebieten sollte die Parallelisierung der beiden Feuchtestufen ebenfalls durch empirische Methoden überprüft werden (vgl. KELSCHBACH & KLÜVER 2011: 21; SCHRÖDER et al. 2019: 124). Darüber hinaus ist der Standort einer Pflanze nicht nur vom Wasserhaushalt abhängig, sondern wird auch durch andere abiotische Faktoren, wie beispielsweise Lufthaushalt im Boden, Licht- oder Nährstoffverhältnisse geprägt (KUNZMANN 1989: 235ff). Diese Aspekte blieben in der vorliegenden Methode unberücksichtigt, können aber dazu führen, dass bei der Bewertung der Vollständigkeit des Arteninventars weitere lebensraumtypische Arten an bestimmten Standorten vermutlich nicht vorkommen können. Zudem können Pflanzen auch außerhalb des durch die Ellenbergsche Feuchtezahl charakterisierten Standortbereichs vorkommen, da die Zeigerwerte nicht die tatsächlichen Ansprüche einer Art, sondern ihr ökologisches Verhalten widerspiegeln (ELLENBERG et al. 2001: 11, 15, 25). Dennoch steht hinter jeder Zahl eine Amplitude, die Rückschlüsse auf die physiologische Potenz der Arten unter Konkurrenzbedingungen ermöglicht (ebd.: 48). Über die Einführung eines „Übergangsbereichs“ an den Außengrenzen der Gesamtamplitude des LRT, wie es KELSCHBACH & KLÜVER (2011) in ihrer Methode zur FFH-Verträglichkeitsprüfung vornehmen, kann diskutiert werden. In dieser Arbeit wurde, um dem Vorsorgeprinzip stärker Rechnung zu tragen und eindeutiger Projektionsergebnisse der Entwicklungstendenzen zu erzielen, darauf verzichtet.

Je nach Szenario und Zeitscheibe ergeben sich unterschiedlich starke Änderungen und Änderungsrichtungen der Erhaltungszustände der vier untersuchten FFH-LRT. Eine Beeinträchtigung durch die prognostizierten Klimaänderungen sind vor allem für die Binnenland-Salzstellen im Untersuchungsgebiet zu erwarten. Bereits jetzt befinden sich alle Flächen in einem ungünstigen Zustand (vgl. Kap. 2.2.4.1). SSYMANK et al. (1998: 135) geben im BfN-Handbuch zur Umsetzung von Natura 2000 als eine

der Hauptgefährdungsursachen für diesen prioritären Lebensraum die Entwässerung von Flächen an. Die Modellierungen dieser Arbeit zeigen die gleichen Ergebnisse. Bei zunehmender Grundwasserabsenkung (Szenario „Klima und Grundwasser“) kommen weniger typische Arten vor und der Erhaltungszustand verschlechtert sich. Die Binnenland-Salzstelle bei Rethriehen könnte dadurch in ferner Zukunft komplett verschwinden. Auch feuchte Hochstaudenfluren sind vor allem durch Änderungen des hydrologischen Regimes bzw. Grundwasserabsenkungen gefährdet (ACKERMANN et al. 2016c: www; SSYMANK et al. 1998: 262). Für diesen LRT lässt sich in den Modellierungen dieser Arbeit im Szenario „Klima“ überwiegend keine Veränderung ausmachen, lediglich auf einer kleinen Teilfläche (0,2 ha von gesamt 21,4 ha) in der Oberneulander Wümmeniederung wurde eine geringfügige Verbesserung des Zustandes prognostiziert. Wie bereits oben diskutiert ist der für den Referenzzeitraum modellierte schlechtere Erhaltungszustand auf die schwer erfassbare Heterogenität des Untersuchungsgebiets zurückzuführen. Daher ist die vermeintlich positive Entwicklung in der Realität vermutlich nicht zu erwarten. Zusätzlich wird im Szenario „Klima und Grundwasser“ deutlich, dass bei Grundwasseränderungen für die feuchten Hochstaudenfluren leicht negative Entwicklungstendenzen zu erwarten sind. Der LRT magere Flachland-Mähwiesen hingegen wird vom Klimawandel und zunehmender sommerlicher Trockenheit in der Stadtgemeinde Bremen voraussichtlich profitieren. Die Modellierungen dieser Arbeit zeigen, dass sich ihr Erhaltungszustand voraussichtlich verbessern wird, da sich der Zustand des lebensraumtypischen Arteninventars der Mähwiesen verbessert. Insgesamt umfasst der LRT magere Flachland-Mähwiesen eine relativ breite Spanne unterschiedlicher Ausprägungen (vgl. SSYMANK et al. 1998; NLWKN 2011d), was auch in der breiten Feuchteamplitude der typischen Arten deutlich wird (Feuchtezahl 3-7 vertreten) (s. Anhang XI). Allerdings ist damit zu rechnen, dass feuchtere Ausprägungen in trockenere übergehen werden, der zukünftige Erhaltungszustand ansonsten aber wie derzeit stärker durch Pflege und Nutzung der Flächen beeinflusst wird (vgl. ACKERMANN et al. 2016d: www). Über die Veränderungen des Erhaltungszustandes von Pfeifengraswiesen lassen sich auf Grundlage der Modellierungen dieser Arbeit keine gesicherten Aussagen treffen, da hierfür zu wenig Flächen bewertet werden konnten. Die überwiegend expertenbasierten Prognosen von HANDKE (2010) zu den Auswirkungen des Klimawandels auf FFH-LRT in Bremen bis 2050 ähneln den Ergebnissen dieser Arbeit. Insgesamt kann ein Rückgang vieler naturschutzrelevanter Arten vor allem im mesophilen Grünland und Salzrasen sowie eine zunehmende Dominanz von Wechselzeigern auf Grund der häufigeren Änderungen von Nass- und Trockenphasen erwartet werden (ebd.: 37, 39). Für magere Flachland-Mähwiesen wird, wie in den Ergebnissen dieser Arbeit, mit einer Verbesserung des Erhaltungszustandes gerechnet (ebd.: 45, 48), während für Binnenland-Salzstellen und Pfeifengraswiesen Verschlechterungen prognostiziert werden (ebd.: 48). Für feuchte Hochstaudenfluren erwartet HANDKE größtenteils keine Veränderungen (ebd.: 49). Die Ähnlichkeit der Prognoseergebnisse von HANDKE (2010) zu denen dieser Arbeit belegt insgesamt die Reliabilität und Aussagekraft der vorliegenden Modellierung. Ein Vergleich der modellierten Erhaltungszustände im Referenzzeitraum mit den gemeldeten Erhaltungszuständen (SUBV 2004-2006/2008-2017) lässt einen weiteren Rückschluss über die Modellgüte zu. Allerdings ist dabei zu beachten, dass die abgebildeten Zeitausschnitte der beiden Datensätze nicht exakt übereinstimmen. Für etwa 60 % der Flächen, die in beiden Datensätzen bewertet werden konnten, wurde nach der Methode dieser Arbeit derselbe Erhaltungszustand prognostiziert wie in der Realität erhoben. Nur ein geringer Anteil (1 %) der Flächen wurde in seinem Zustand in den Modellierungen überschätzt, knapp 40 % wurden unterschätzt. So ist die entwickelte Methode zwar noch mit einigen Unsicherheiten verbunden, aber ein größerer Anteil an Prognosefehlern zu einem schlechteren Zustand ist im Sinne des europäisch und national gebotenen Vorsorgeprinzips der Landschafts- und Umweltplanung (vgl. § 8 BNatSchG; Art. 6 Abs. 3 FFH-RL; weiterführend: ERBGUTH & SCHLACKE 2016) durchaus hinnehmbar. Insgesamt kann daher festgehalten werden, dass die hier entwickelte Projektionsmethode bereits zuverlässige Informationen zur Entwicklungsrichtung des Erhaltungszustandes von FFH-LRT liefert.

5 Schlussfolgerungen: Handlungsempfehlungen und Anwendungsbereiche

In der Planungspraxis können die in dieser Arbeit entwickelten bzw. angewandten Methoden und generierten Prognoseergebnisse als wissenschaftlich fundierte Entscheidungsbasis für Naturschutz-Bemühungen herangezogen werden. Auf Grundlage des BEP können Bereiche identifiziert werden, in denen verstärkte Naturschutzbemühungen auch unter Klimawandelbedingungen besonders Erfolg versprechend sein können (vgl. Kap. 4.2). Zusätzlich können die Prognoseergebnisse zu den Veränderungen des Erhaltungszustandes von FFH-LRT bei der Planung des jeweiligen Gebietsmanagements herangezogen werden. Beispielsweise wird für die Stadtgemeinde Bremen im Klimawandel deutlich, dass insbesondere für Binnenland-Salzstellen und z.T. für feuchte Hochstaudenfluren Zustandsverschlechterungen auf Grund zunehmender sommerlicher Trockenheit zu erwarten sind. Daher muss in Zukunft neben den notwendigen Unterhaltungsmaßnahmen, wie extensive Mahd oder Beweidung (weiterführende Hinweise dazu vgl. z.B. SSYMANK et al. 1998; ACKERMANN et al. 2016a; NLWKN 2011a; EUROPEAN COMMISSION 2019: www) auf den Flächen dieser LRT vermehrt der Schwerpunkt auf Managementmaßnahmen gelegt werden, mit denen einer Austrocknung entgegengesteuert werden kann. Ein Beispiel hierfür wäre zunächst die Aufgabe von Drainagen und ggf. zusätzliche Grabenanstauungen. Anstauungen können mit Hilfe von technischen Lösungen, wie Stauwerken, oder mittels naturnäherer Lösungen, wie Sohlgleiten, die den Wasserabfluss im Graben verlangsamen, erreicht werden (NLWKN 2011e; LUA 2010: 21ff). Mögliche Konflikte der technischen Lösung mit den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie (insbesondere der Durchgängigkeit) sind allerdings zu beachten und zu vermeiden. Durch Anstaumaßnahmen könnten die für Bremen zukünftig prognostizierten zunehmenden Winterniederschläge zurückgehalten und dadurch ein ausreichendes ganzjähriges Wasserdargebot auf den Flächen gesichert werden (RÖSSLING & HERMANN 2009; zit. in. ACKERMANN et al. 2016b: www). So kann auf den Flächen der Binnenland-Salzstellen der notwendige kapillare Salzwasseraufstieg dauerhaft sichergestellt (RÖSSLING & HERMANN 2009; zit. in. ACKERMANN et al. 2016b: www) und für die feuchten Hochstaudenfluren ein regelmäßiges Überflutungs-/Vernässungsregime erhalten bzw. notfalls künstlich herbeigeführt werden (NLWKN 2011c). Neben der Funktion als Informationsgrundlage für jetzige Managementplanungen können die in dieser Arbeit angewandten bzw. entwickelten Methoden zusätzlich im Rahmen eines Controlling ähnlichen Monitoringprinzips in Zukunft regelmäßig angewendet werden (weiterführend zum Controlling in der Umweltplanung vgl. JACOBY 2009; WILKE et al. 2011: 161; PENKER 2005). Durch ihr regelhaftes Verfahren können die Methoden in einem GIS in Modellen angelegt werden, was ermöglicht, die Prognosen mit wenig Zeitaufwand regelmäßig zu wiederholen. So können bei verbesserter bzw. neuer Datenlage (bspw. in Form neuer Klimaprojektionen) die Ergebnisse schnell aktualisiert werden und Naturschutz- und Managementaktivitäten überprüft und ggf. angepasst werden. Dadurch kann mit Hilfe der Methoden dieser Arbeit ein Frühwarnsystem zur Prognose möglicher negativer wie positiver Auswirkungen des Klimawandels auf Biotope und Arten etabliert werden, was dazu beiträgt, dem Vorsorgeprinzip des Umweltschutzes besser gerecht zu werden.

6 Quellenverzeichnis

Literatur

- ACKERMANN, W., STEINBERGER, M. & LEHRKE, S., 2016a: Maßnahmenkonzepte für ausgewählte Arten und Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie zur Verbesserung des Erhaltungszustands von Natura 2000-Schutzgütern in der atlantischen biogeografischen Region. Zielstellung, Methoden und ausgewählte Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3511 82 1600), 122 S. BfN-Skripten 449. Bonn-Bad Godesberg: BfN.
- AD-HOC-AG BODEN, 2007: Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung. 2. Aufl., 80 S. Dokument, veröffentlicht.
- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN, 2005: Bodenkundliche Kartieranleitung mit 41 Abbildungen, 103 Tabellen und 31 Listen. 5. Aufl., 438 S. Hannover.
- ARAÚJO, M. B., ALAGADOR, D., CABEZA, M., NOGUÉS-BRAVO, D. & THUILLER, W., 2011: Climate change threatens European conservation areas. *Ecology letters* 14 (5): 484–492. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x
- BAILEY, R. G., 2009: *Ecosystem Geography. From Ecoregions to Sites*. New York, NY: Springer Science+Business Media LLC.
- BAKKENES, M., ALKEMADE, J. R. M., IHLE, F., LEEMANS, R & LATOUR, J. B., 2002: Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 8: 390–407.
- BALZER, S., DIETERICH, M. & BEINLICH, B., 2007: *Natura 2000 und Klimaänderungen*. *Naturschutz und biologische Vielfalt* 46. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- BEIERKUHNLEIN, C., JENTSCH, A., REINEKING, B., SCHLUMPRECHT, H. & ELLWANGER, G., 2014a: Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes. *Naturschutz und biologische Vielfalt* 137. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- BEIERKUHNLEIN, C., 2014b: Notwendigkeit optimierter Entscheidungsgrundlagen für den Naturschutz angesichts des Klimawandels. In: Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., Reineking, B., Schlumprecht, H. & Ellwanger, G. (Hrsg.): *Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes*. 11–19, Münster: Landwirtschaftsverlag (*Naturschutz und biologische Vielfalt* 137).
- BELLARD, C., BERTELSMEIER, C., LEADLEY, P., THUILLER, W. & COURCHAMP, F., 2012: Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology letters* 15 (4): 365–377. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x
- BENDER, S., GROTH, M., PFEIFER, S. & RAUB, T., 2018: *Regionale Klimainformationen für Bremen. Überprüfung, Erweiterung und Anwendung*, 33 S. City Series 02. Hamburg: CLimate Service Center Germany.
- BENZLER, J.-H., ECKELMANN, W. & OELKERS, K.-H., 1987: Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 53: 95–101.
- BfN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.), 2014a: *Grünland-Report. Alles im Grünen Bereich?*, 34 S. Bericht, veröffentlicht.
- BfN & BLAK FFH-MONITORING UND BERICHTSPFLICHT – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ & BUNDE-LÄNDER-ARBEITSKREIS FFH-MONITORING UND BERICHTSPFLICHT, 2017: *Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungsgrades von Arten und Lebensraumtypen als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. Teil II: Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie (mit Ausnahme der marinen und Küstenlebensräume)*, 242 S. BfN-Skripten 481. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- BITTNER, T. & BEIERKUHNLEIN, C., 2014: Entwicklung von Szenarien zur Beeinflussung und Veränderung von Lebensräumen durch den Klimawandel. In: Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., Reineking, B., Schlumprecht, H. & Ellwanger, G. (Hrsg.): *Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes*. 274–367, Münster: Landwirtschaftsverlag (*Naturschutz und biologische Vielfalt* 137).

- BLUM, W. E. H., 2012: Bodenkunde in Stichworten. 7. Aufl., 176 S. Stuttgart: Gebr. Borntraeger.
- BOESS, J., GEHRT, E., MÜLLER, U., OSTMANN, U., SBRESNY, J. & STEININGER, A., 2004: Erläuterungsheft zur digitalen nutzungsdifferenzierten Bodenkundlichen Übersichtskarte 1:50.000 (BÜK50n) von Niedersachsen. Hannover. Arbeitshefte Boden Heft 2004/3.
- BOESS, J., FORTMANN, J., MÜLLER, U. & SEVERIN, K., 2011: Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten, 20 S. Geofakten 27. Hannover: LBEG.
- BOHNER, A., 2015: Zur Bedeutung von Zeigerpflanzen im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum: 39–44.
- BRAHMS, M., VON HAAREN, C. & JANSEN, J., 1989: Ansatz zur Entwicklung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotential. Landschafts- und Stadtplanung 21 (3): 110–114.
- BRUNET, J. & NEYMARK, M., 1992: Importance of Soil Acidity to the Distribution of Rare Forest Grasses in South Sweden. *Flora* 187: 317–326. doi:10.1016/S0367-2530(17)32237-5
- BURKE, I. C., LAUENROTH, W. K., VINTON, M. A., HOOK, P. B., KELLY, R. H., EPSTEIN, H. E., AGUIAR, M. R., ROBLES, M. D., AGUILERA, M. O., MURPHY, K. L. & GILL, R. A., 2011: Plant-Soil interactions in temperate grasslands. In: Breemen, N. van (Hrsg.): Plant-induced soil changes. Processes and feedbacks. 121–143, Dordrecht, London: Springer.
- CANTAREL, A. A. M., BLOOR, J. M. G. & SOUSSANA, J.-F., 2013: Four years of simulated climate change reduces above-ground productivity and alters functional diversity in a grassland ecosystem. *Journal of Vegetation Science* 24 (1): 113–126. doi:10.1111/j.1654-1103.2012.01452.x
- CAVAGNARO, T. R., 2016: Soil moisture legacy effects: Impacts on soil nutrients, plants and mycorrhizal responsiveness. *Soil Biology and Biochemistry* 95: 173–179. doi:10.1016/j.soilbio.2015.12.016
- CHIFFLARD, P., GALL, S. & ZEPP, H., 2006: Untersuchungen zur räumlichen Variabilität der Oberbodenfeuchte in Abhängigkeit von Relief und Boden. In: Nüesch, R. & Scheuermann, A. (Hrsg.): Beiträge zum 1. Workshop „Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis“. Karlsruhe, 3. - 4. Juli 2003, Berichtsband zum Workshop 2003. 283–306, Freiburg: Aedificatio Publ.
- COUNCIL OF EUROPE, 2009: Impacts of Climate Change on European Invertebrates, with reference to the vulnerability of Bern Convention species. Bericht, veröffentlicht.
- DAHMEN, F. W. & DAHMEN, H.-C., 1994: TERRA BOTANICA. Wildpflanzen-Datenbank und -Informationssystem. Handbuch. Blankenheim: Rose GmbH.
- DANNOWSKI, M. & WURBS, A., 2003: Räumlich differenzierte Darstellung maximaler Durchwurzelungstiefen unterschiedlicher Pflanzengesellschaften auf einer Feldgehölzfläche des Nordostdeutschen Tieflandes. *Die Bodenkultur* 54 (2): 93–108.
- DANNOWSKI, M., 2004: Erfassung und Quantifizierung der Strukturen von Wurzelsystemverbänden heterogener Pflanzengesellschaften mittels Bild- und Fraktalanalyse. In: Merbach, W., Egle, K. & Augustin, J. (Hrsg.): Wurzelinduzierte Bodenvorgänge. 14. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraumes. 20–28, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag.
- DEFRA – DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, 2005: Impacts of climate change on soil functions. Final Report. Bericht, veröffentlicht.
- DEMPE, H., BITTNER, T., JAESCHKE, A. & BEIERKUHNLIN, C., 2012: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Kohärenz von Schutzgebiets-Netzwerken. Ein Konzept für das Natura-2000-Netzwerk in Deutschland. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 44 (4): 101–107.
- DIERSSEN, K., 2008: Perspektiven einer integrierten Landschaftsplanung auf der Basis der Biodiversitätskonvention und des Millennium Assessment. In: Feit, U. & Zander, U. (Hrsg.): Vilmer Handlungsempfehlungen zur Förderung einer umsetzungsorientierten Biodiversitätsforschung in Deutschland. Ergebnisse eines Professorensymposiums zur Förderung der Biodiversitätsforschung in Deutschland vom 30.9. bis 3.10.2007, Insel Vilm. 103–110, Bonn - Bad Godesberg: BfN (BfN-Skripten 223).
- DRACHENFELS, O. von, 2014: Hinweise zur Definition und Kartierung der Lebensraumtypen von Anh. I der FFH-Richtlinie in Niedersachsen auf Grundlage des Interpretation Manuals der Europäischen Kommission (Version EUR 27 vom April 2007), 80 S. Bericht, veröffentlicht.
- DREXLER, O., GROTTENTHALER, W., GRUBER, H.-P., MARTIN, W. & SCHMIDT, F., 2000: Die bodenkundliche Landesaufnahme. Grundlage für Bodenschutz und Daseinsvorsorge. In: Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.): Geo-Wissen für die Zukunft. Beiträge zur Geologie,

- Bodenkunde und Geochemie Bayerns. Festband zum Jubiläum 150 Jahre staatlicher geologischer Dienst in Bayern. 363–378, München: GLA (Bavarica 105).
- DWD & SUBV – DEUTSCHER WETTERDIENST & SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN, 2018: Klimaanpassungsstrategie Bremen. Bremerhaven. Begleitstudie Wetter und Klima im Land Bremen. Bremen: Deutscher Wetterdienst; Senator für Umwelt, Bau und Verkehr.
- EBERLEIN, K., PLUQUET, E. & KUES, J., 1999: Erfassung und Dokumentation der Bodensituation im Lande Bremen. Bodenmessprogramm Bremen. Schwermetalle und Bodenfruchtbarkeit, 51 S. Bericht, veröffentlicht.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W., 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Aufl., 262 S. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG.
- ELLWANGER, G., 2009: Das Schutzgebietsnetz NATURA 2000 im Klimawandel. Risiken und Handlungsoptionen. In: Korn, H., Schliep, R. & Stadler, J. (Hrsg.): Biodiversität und Klima. Vernetzung der Akteure in Deutschland V. Ergebnisse und Dokumentation des 5. Workshops. 48–53 (BfN-Skripten 252).
- ELLWANGER, G. & SSYMANK, A., 2012: Thesis and Chances for the Adaptation of the Ecological Network „Natura 2000“ to Climate Change. In: BfN (Hrsg.): Natura 2000 and climate change. A challenge. 7–28, Bonn-Bad Godesberg: Landwirtschaftsverlag (Naturschutz und biologische Vielfalt 118).
- EMMETT, B. A., BEIER, C., ESTIARTE, M., TIETEMA, A., KRISTENSEN, H. L., WILLIAMS, D., PEUELAS, J., SCHMIDT, I. & SOWERBY, A., 2004: The Response of Soil Processes to Climate Change: Results from Manipulation Studies of Shrublands Across an Environmental Gradient. *Ecosystems* 7 (6). doi:10.1007/s10021-004-0220-x
- ENGEL, N., 2013: Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene. Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung, 46 S. Hannover.
- ERBGUTH, W. & SCHLACKE, S., 2016: Umweltrecht. 6. Aufl. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2015a: Der Zustand der Natur in der Europäischen Union. Bericht über den Zustand und die Trends von unter die Vogelschutz- und die Habitat-Richtlinie fallenden Lebensraumtypen und arten für den Zeitraum 2007-2012 gemäß Artikel 17 der Habitat-Richtlinie und Artikel 12 der Vogelschutzrichtlinie. Bericht, veröffentlicht.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2018: Landwirtschaft für Natura 2000. Leitlinien zur Förderung einer erhaltungsorientierten Landbewirtschaftung in Natura-2000-Gebieten, basierend auf bewährten Verfahren der Mitgliedstaaten. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.
- EUROPEAN COMMISSION, 2013: Interpretation Manual of European Union Habitats. EUR 28.
- EVANS, D., 2012: The Habitats od Annex I and Climate Change. In: Ellwanger, G. (Hrsg.): Natura 2000 and climate change - a challenge. Presentations and conclusions of the workshop „Natura 2000 and Climate Change - a Challenge“, 3rd to 7th May 2010, Isle of Vilm, Germany. 73–82, Bonn: Federal Agency for Nature Conservation.
- FEEHAN, J., HARLEY, M. & MINNEN, J., 2009: Climate change in Europe. 1. Impact on terrestrial ecosystems and biodiversity. *A review. Agronomy for Sustainable Development* 29 (3): 409–421. doi:10.1051/agro:2008066
- FORSTER, P. M., MAYCOCK, A. C., MCKENNA, C. M. & SMITH, C. J., 2020: Latest climate models confirm need for urgent mitigation. *Nature Climate Change* 10 (1): 7–10. doi:10.1038/s41558-019-0660-0
- GEHRT, E. & BÖHNER, H., 2001: Vom Punkt zur Fläche: Probleme des „upscaling“ in der Bodenkartierung. In: Studiengang Bodenwissenschaften (Hrsg.): Vom Bohrstock zum Bildschirm. Der Einsatz von digitalen Bodeninformationen. 17–34 (Beiträge Diskussionsforum Bodenwissenschaften 2).
- GIES, M., 2018: Klimafolgenadaption durch Verwaltungsverfahrenrecht. Die Erhaltung von Natura 2000-Gebieten unter den Bedingungen des Klimawandels. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- GRÜNEBERG, C., BAUER, H.-G., HAUPT, H., HÜPPOF, O., RYSLAVY, T. & SÜDBECK, P., 2015: Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 5. Fassung, 30. November 2015. *Berichte zum Vogelschutz* 52
- GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N. E., 2000: Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135 (2-3): 147–186. doi:10.1016/S0304-3800(00)00354-9

- HAAREN, C. von, 2004a: Erfassen und Bewerten des Biotopentwicklungspotenzials. In: Haaren, C. von (Hrsg.): Landschaftsplanung. 206–215, Stuttgart: Ulmer.
- HAAREN, C. von, 2004b: Landschaftsplanung: UTB GmbH.
- HAAREN, C. von, BUG, J. & BARKMANN, J., 2019: Identification and Evaluation of Habitat Development Potentials. In: Haaren, C. von, Lovett, A. A. & Albert, C. (Hrsg.): Landscape planning with ecosystem services. Theories and methods for application in Europe. 267–276, Dordrecht: Springer Nature.
- HABER, W., BÜCKMANN, W. & ENDRES, E., 2010: Anpassung des Landmanagements in Europa an den Klimawandel. *Natur und Recht* 32 (6): 377–383. doi:10.1007/s10357-010-1883-z
- HANDKE, K., 2010: Auswirkung des Klimawandels auf Arten und Biotope in der Stadtgemeinde Bremen. Studie, veröffentlicht.
- HANDKE, K. & TESCH, A., 2018: Abschlussbericht zur Kompensationsmaßnahme GVZ-Erweiterung (GVZ-E). Grünlandpolder im zentralen Niedervieland. Bericht, veröffentlicht.
- HANNAH, L., MIDGLEY, G., HUGHES, G. & BOMHARD, G., 2005: The View from the Cape: Extinction Risk, Protected Areas, and Climate Change. *BioScience* 55 (3): 231. doi:10.1641/0006-3568(2005)055[0231:TVFTCE]2.0.CO;2
- HANSPACH, J., KÜHN, I. & KLOTZ, S., 2013: Risikoabschätzung für Pflanzenarten, Lebensraumtypen und ein funktionelles Merkmal. In: Vohland, K., Badeck, F., Böhning-Gaese, K., Ellwanger, G., Hanspach, J., Ibisch, P., Klotz, S., Kreft, S., Kühn, I., Schröder, E., Trautmann, S. & Cramer, W. (Hrsg.): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel. Risiken und Handlungsoptionen. 71–102, Münster: Landwirtschaftsverlag.
- HAUFFE, H.-K., AUGENSTEIN, I., VOGELANG, W. & LEHLE, M., 1998: Bewertung von Böden als „Standort für die natürliche Vegetation“. Vorschlag zur Ermittlung des Standort-Wasserhaushaltes. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 30 (7): 214–219.
- HEILAND, S. & KOWARIK, I., 2008: Anpassungserfordernisse des Naturschutzes und seiner Instrumente an den Klimawandel und dessen Folgewirkung. *Informationen zur Raumentwicklung* (6/7): 415–422.
- HEILAND, S., SCHLIER, R., BARTZ, R., SCHÄFFLER, L., DZIOCK, S., RADTKE, L., TRAUTMANN, S., KOWARIK, I., DZIOCK, F., SUDFELDT, C. & SUKOPP, U., 2018: Indikatoren zur Darstellung von Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. *Natur und Landschaft* 93 (1): 2–13.
- HELLBERG, F. & NAGLER, A., 2013: Kartierschlüssel für Biotoptypen in Bremen. unter besonderer Berücksichtigung der nach § 30 BNatSchG geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. Dokument, veröffentlicht.
- HODGSON, J. A., THOMAS, C. D., WINTLE, B. A. & MOILANEN, A., 2009: Climate change, connectivity and conservation decision making: back to basics. *Journal of Applied Ecology* 46 (5): 964–969. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01695.x
- HODGSON, J. A., MOILANEN, A., WINTLE, B. A. & THOMAS, C. D., 2011: Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology* 48 (1): 148–152. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01919.x
- HOFFMANN, B., MECKELBURG, M. & MEINKEN, M., 2005: Folgen einer Klimaänderungen für den Grund- und Bodenwasserhaushalt der Unterwesermarsch. In: Schuchardt, B. & Schirmer, M. (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. 103–138, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- HOLSTEN, A., VETTER, T., VOHLAND, K. & KRYSANOVA, V., 2013: Veränderungen des Bodenwassers in Brandenburg - eine Fallstudie. In: Vohland, K., Badeck, F., Böhning-Gaese, K., Ellwanger, G., Hanspach, J., Ibisch, P., Klotz, S., Kreft, S., Kühn, I., Schröder, E., Trautmann, S. & Cramer, W. (Hrsg.): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel. Risiken und Handlungsoptionen. 47–54, Münster: Landwirtschaftsverlag.
- HÖLTING, B. & COLDEWEY, W. G., 2013: Hydrogeologie. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- HOSSELL, J. E., ELLIS, N. E., HARLEY, M. J. & HEPBURN, I. R., 2003: Climate change and nature conservation: Implications for policy and practice in Britain and Ireland. *Journal for Nature Conservation* 11 (1): 67–73. doi:10.1078/1617-1381-00034
- HUBERT, T., 2011: Methodische Ansätze zur geologischen 3D-Modellierung oberflächennaher Schichtenfolgen und ihre Auswirkung auf die numerische Grundwassermodellierung. Dissertation

- an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Bericht, veröffentlicht.
- HUNTLEY, B., GREEN, R. E., COLLINGHAM, Y. C. & WILLIS, S. G., 2007: A Climatic Atlas of European Breeding Birds. Barcelona: Durham University, The RSPB and Lynx Ediciones.
- IBISCH, P. & KREFT, S., 2008: Anpassung an den Klimawandel: eine systematische Analyse von Handlungsoptionen für den Naturschutz. *Anliegen Natur* 32 (1): 3–23.
- IBISCH, P. & KREFT, S., 2009: Natura 2000 und Klimawandel. In: BBN (Hrsg.): Stimmt das Klima? Naturschutz im Umbruch. 51–64, Bonn (Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 57).
- INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE, 2009: Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten Nordrhein-Westfalen. Münster, Studie, veröffentlicht
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2002: Climate Change and Biodiversity. IPCC Technical Paper V. Bericht, veröffentlicht.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Hrsg.), 2013: Climate Change 2013. The physical science basis Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1535 S. New York: Cambridge University Press.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Hrsg.), 2015: Climate Change 2014. Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 151 S. Genf: IPCC.
- JACOBY, C. (Hrsg.), 2009: Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung, 203 S. Hannover: Verl. der ARL.
- JAESCHKE, A., BITTNER, T., GELLESCH, E., HEIN, R., SCHLUMPRECHT, H., NADLER, S., JENTSCH, A. & BEIERKUHNLIN, C., 2014: Stand der Forschung. In: Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., Reineking, B., Schlumprecht, H. & Ellwanger, G. (Hrsg.): Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes. 20–70, Münster: Landwirtschaftsverlag (Naturschutz und biologische Vielfalt 137).
- JAMIESON, N., BARRACLOUGH, D., UNKOVICH, M. & MONAGHAN, R., 1998: Soil N dynamics in a natural calcareous grassland under a changing climate. *Biology and Fertility of Soils* 27 (3): 267–273. doi:10.1007/s003740050432
- JENSSEN, M., HOFMAN, G., NICKEL, S., PESCH, R., RIEDIGER, J. & SCHRÖDER, W., 2013: Bewertungskonzept für die Gefährdung der Ökosystemintegrität durch die Wirkungen des Klimawandels, 124 S. UBA Texte 87/2013. Dessau-Roßlau: UBA.
- JESSEL, B., 2008: Zukunftsaufgabe Klimawandel - der Beitrag der Landschaftsplanung. *Natur und Landschaft* 83 (7): 311–317.
- JORDAN, R., 2012: Fachbeitrag zur Neuaufstellung des Landschaftsprogramms Bremen für die Schutzgüter Boden, Wasser, Arten und Biotope. Bericht, veröffentlicht.
- KARMAKAR, R., DAS, I., DUTTA, D. & RAKSHIT, A., 2016: Potential Effects of Climate Change on Soil Properties: A Review. *Science International* 4 (2): 51–73. doi:10.17311/sciintl.2016.51.73
- KELSCHBACH, M. & KLÜVER, A., 2011: Erheblichkeit bei graduellen Funktionsverlusten durch Bodenfeuchte-Änderungen. Vorschlag zur Vorgehensweise im Rahmen der FFH-VP am Beispiel des LRT 9190. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 43 (1): 15–22.
- KOERNER, C., 2012: Was steuert das Pflanzenwachstum? *Biologie in unserer Zeit* 42 (4): 238–243. doi:10.1002/biuz.201210484
- KRAMER, P. J., 1994: Soil Moisture in Relation to Plant Growth. *Botanical Review* 10 (9): 525–559.
- KUNZMANN, G., 1989: Der Ökologische Feuchtegrad als Kriterium zur Beurteilung von Grünlandstandorten, ein Vergleich bodenkundlicher und vegetationskundlicher Standortmerkmale. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- LANA – BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT NATURSCHUTZ, LANDSCHAFTSPFLEGE UND ERHOLUNG, 2001: Beschlüsse der Arbeitsgemeinschaft „Naturschutz“ der Landes-Umweltministerien (LANA). Bericht, veröffentlicht.
- LANA – BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT NATURSCHUTZ, LANDSCHAFTSPFLEGE UND ERHOLUNG, 2011: Thesenpapier „Klimawandel und Naturschutz“. Bericht, veröffentlicht.
- LEE, J. & MUDGE, K. W., 2013: Water deficit affects plant and soil water status, plant growth, and ginsenoside contents in American ginseng. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 54 (6): 475–483. doi:10.1007/s13580-013-0090-2

- LENTON, T. M., HELD, H., KRIEGLER, E., HALL, J. W., LUCHT, W., RAHMSTORE, S. & SCHELLNHUBER, H. J., 2008: Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (6): 1786–1793. doi:10.1073/pnas.0705414105
- LENTON, T. M., ROCKSTRÖM, J., GAFFNEY, O., RAHMSTORE, S., RICHARDSON, K., STEFFEN, W. & SCHELLNHUBER, H. J., 2019: Climate tipping points - too risky to bet against. *Nature* 575 (7784): 592–595. doi:10.1038/d41586-019-03595-0
- LEUSCHNER, C. & SCHIPKA, F., 2004: Vorstudie. Klimawandel und Naturschutz in Deutschland, 40 S. BfN-Skripten 115. Bonn: BfN.
- LEYER, I. & WESCHE, K., 2008: *Multivariate Statistik in der Ökologie. Eine Einführung*, 221 S. Berlin, Heidelberg: Springer.
- LFB – LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE FORSCHUNGSSTELLE BREMEN, 1996: Pflegeplan für die Ausgleichsmaßnahmen der GVZ-Erweiterung (B-Plan 1984) Bremen-Niedervieland. Bericht, unveröffentlicht.
- LFU BAYERN – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2005: Bodenschutz im Landschaftsplan. Planungshilfen für die Landschaftsplanung. Augsburg.
- LÖSEL, G., 2005: Informationsgüte kleinmasstäbiger Bodenkarten. Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten: Dissertation am Fachbereich Geowissenschaften und Geographie, Leibniz Universität. Hannover.
- LUA – LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, 2003: Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg. Handlungsanleitung. Potsdam.
- LUA – LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, 2010: Sicherung und Entwicklung der Binnensalzstellen Brandenburgs. TECHNICAL FINAL REPORT, LIFE Project Number LIFE05 NAT/DE/000111. Bericht, veröffentlicht.
- LUBW – LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG, 2010: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Bodenschutz 23. Karlsruhe: LUBW.
- MA, Y.-J., LI, X.-Y., GUO, L. & LIN, H., 2017: Hydropedology: Interactions between pedologic and hydrologic processes across spatiotemporal scales. *Earth-Science Reviews* 171: 181–195. doi:10.1016/j.earscirev.2017.05.014
- MEA – MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005: *Ecosystems and human well-being. Synthesis*, 137 S. Washington DC: Island Press.
- METZING, D., HOFBAUER, N., LUDWIG, G. & MATZKE-HAJEK, G., 2018: Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen, 784 Seiten. Naturschutz und biologische Vielfalt 70 (7). Bonn-Bad Godesberg: BfN.
- MÖCKEL, S. & KÖCK, W., 2009: Naturschutzrecht im Zeichen des Klimawandels. *Natur und Recht* 31 (5): 318–325. doi:10.1007/s10357-009-1661-y
- MÜLLER-BENEDICT, V., 2011: *Grundkurs Statistik in den Sozialwissenschaften. Eine leicht verständliche, anwendungsorientierte Einführung in das sozialwissenschaftlich notwendige statistische Wissen*. 5. Aufl., 279 S. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- MÜLLER, U. & WALDECK, A., 2011: *Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodendatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS)*, 419 S. Hannover.
- NABU – NATURSCHUTZBUND, 2013: *Vögel der Agrarlandschaften. Gefährdung und Schutz*. Berlin: Broschüre, veröffentlicht.
- NEWTON, A. C., WALLS, R. M., GOLICHER, D., KEITH, S. A., DIAZ, A. & BULLOCK, J. M., 2012: Structure, composition and dynamics of a calcareous grassland metacommunity over a 70-year interval. *Journal of Ecology* 100 (1): 196–209. doi:10.1111/j.1365-2745.2011.01923.x
- NICKEL, S. & SCHRÖDER, W., 2017: Fuzzy modelling and mapping soil moisture for observed periods and climate scenarios. An alternative for dynamic modelling at the national and regional scale? *Annals of Forest Science* 74 (4). doi:10.1007/s13595-017-0667-5
- NILA, M. U. S., BEIERKUHNEIN, C., JAESCHKE, A., HOFFMANN, S. & HOSSAIN, M. L., 2019: Predicting the effectiveness of protected areas of Natura 2000 under climate change. *Ecological Processes* 8 (13). doi:10.1186/s13717-019-0168-6
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, 2011a: *Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer*

- Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen: Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Hannover: Bericht, veröffentlicht.
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, 2011b: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Artenreiche Pfeifengraswiesen: Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Hannover: Bericht, veröffentlicht.
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, 2011c: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Feuchte Hochstaudenfluren: Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Hannover: Bericht, veröffentlicht.
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, 2011d: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Magere Flachland-Mähwiesen: Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Hannover: Bericht, veröffentlicht.
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, 2011e: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Salzwiesen im Binnenland: Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Hannover: Bericht, veröffentlicht.
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, 2011f: Vollzugshinweise zum Schutz von Gastvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Gastvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität bzw. Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Limikolen des Binnenlandes. – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Hannover: Bericht, veröffentlicht.
- PANTELEIT, B., JENSEN, S., SEITER, K. & SIEBERT, Y., 2018: Das Bremerhavener Grundwasser im Klimawandel. *Grundwasser* 23 (3): 233–244. doi:10.1007/s00767-017-0385-9
- PENKER, M., 2005: Die Implementierung von Naturschutzverträgen. In: Darnhofer, I., Penker, M. & Wytrzens, H. K. (Hrsg.): *Agrarökonomie zwischen Vision und Realität. Beiträge der 10. ÖGA-Jahrestagung, die an der Universität für Bodenkultur Wien am 28. und 29. September 2000 abgehalten wurde.* 137–151, Wien: Facultas (Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie 10).
- PETERMANN, J., BALZER, S., ELLWANGER, G., SCHÖDER, E. & SSYMANK, A., 2007: Klimawandel - Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: Balzer, S., Dieterich, M. & Beinlich, B. (Hrsg.): *Natura 2000 und Klimaänderungen.* 127–148, Münster: Landwirtschaftsverlag (Naturschutz und biologische Vielfalt 46).
- PIECHOCKI, R., OTT, K., POTTHAST, T. & WIERSBINSKI, N., 2010: *Vilmer Thesen zu Grundsatzfragen des Naturschutzes. Vilmer Sommerakademien 2001-2010.* BfN-Skripten 281. Bonn-Bad Godesberg: BfN.
- PLOEG, M. J. van der, APPELS, W. M., CIRKEL, D. G., OOSTERWOUD, M. R., WITTE, J.-P.M. & ZEE, S.E.A.T.M. van der, 2012: Microtopography as a Driving Mechanism for Ecohydrological Processes in Shallow Groundwater Systems. *Vadose Zone Journal* 11 (3). doi:10.2136/vzj2011.0098
- POMPE, S., BERGER, S., BERGMANN, J., BADECK, F., LÜBBERT, J., KLOTZ, S., REHSE, A.-K., SÖHLKE, G., SATTLER, S., WALTHER, G.-R. & KÜHN, I., 2011: Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben FKZ 805 81 001, 98 S. BfN-Skripten 304. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- RASCH, B., 2008: *Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik.* 2. Aufl., 245 S. Heidelberg: Springer.

- ROMMELFANG, E. & KÖHLER, W., 2005: Verknüpfung von Standortdaten und Vegetationsmodellen über die Zeigerwerte nach Ellenberg. In: Fleuren, H., Hertog, D. & Kort, P. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2004. Selected Papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR). Jointly Organized with the Netherlands Society for Operations Research (NGB) Tilburg, September 1-3, 2004. 400–407, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- RÖSSLING, H. & HERMANN, A., 2009: Management von Salzstellen in Brandenburg. Erfahrungen aus einem LIFE-Natur-Projekt in Brandenburg. In: Balzer, S., Dieterich, M. & Kolk, J. (Hrsg.): Management- und Artenschutzkonzepte bei der Umsetzung der FFH-Richtlinie. Tagungsband. 159–170, Münster: Landwirtschaftsverlag (Naturschutz und biologische Vielfalt 69).
- RUSTAD, L. E., 2008: The response of terrestrial ecosystems to global climate change: towards an integrated approach. *The Science of the total environment* 404 (2-3): 222–235. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.04.050
- SANFORD, W., 2002: Recharge and groundwater models: an overview. *Hydrogeology Journal* 10 (1): 110–120. doi:10.1007/s10040-001-0173-5
- SCHAFFERS, A. P. & SÝKORA, K. V., 2000: Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 2000 (11): 225–244.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P., 2008: Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl., 593 S. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- SCHLIEP, R., BARTZ, R., DRÖSCHMEISTER, R., DZIOCK, F., DZIOCK, S., FINA, S., KOWARIK, I., RADTKE, L., SCHÄFFLER, L., SIEDENTOP, S., SUDFELDT, C., TRAUTMANN, S., SUKOPP, U. & HEILAND, S., 2017: Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt, 80 S. BfN-Skripten 470. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- SCHLUMPRECHT, H., BITTNER, T., JAESCHKE, A., JENTSCH, A., REINEKING, B. & BEIERKUHNLEIN, C., 2010: Gefährdungsdiskussion von FFH-Tierarten Deutschlands angesichts des Klimawandels. Eine vergleichende Sensitivitätsanalyse. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42 (10): 293–303.
- SCHRÖDER, W., NICKEL, S., JENSSEN, M., HOFMAN, G., SCHLUTOW, A., NAGEL, H.-D., BURKHARD, B., DWORCZYK, C., ELSASSER, P., LORENZ, M., MEYERHOFF, J., WELLER, P. & ALTENBRUNN, K., 2019: Anwendung des Bewertungskonzepts für die Ökosystemintegrität unter Berücksichtigung des Klimawandels in Kombination mit Stoffeinträgen. Abschlussbericht Forschungskennzahl (UFOPLAN) 3713 83 254, 504 S. UBA Texte 97/2019. Dessau, Vechta.
- SCHUMACHER, A. & SCHUMACHER, J., 2013: Tauglichkeit der Vogelschutz- und FFH-Richtlinie für Anpassungen an den Klimawandel. *Natur und Recht* 35 (6): 377–387. doi:10.1007/s10357-013-2457-7
- SCHUMACHER, J., SCHUMACHER, A., KRÜSEMANN, E., REBSCH, S., BECKER, R., NIEDERSTADT, F., KONOLD, W. & WATTENDORF, P., 2014: Naturschutzrecht im Klimawandel. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- SENEVIRATNE, S. I., CORTI, T., DAVIN, E. L., HIRSCHI, M., JAEGER, E. B., LEHNER, I., ORLOWSKY, B. & TEULING, A. J., 2010: Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews* 99 (3-4): 125–161. doi:10.1016/j.earscirev.2010.02.004
- SIECK, M., IBISCH, P. L., MOLONEY, K. A. & JELTSCH, F., 2011: Current models broadly neglect specific needs of biodiversity conservation in protected areas under climate change. *BMC ecology* 11: 1–12. doi:10.1186/1472-6785-11-12
- SMUL, LFULG, LANDESFORSTENPRÄSIDIUM & LANDESTALSPERRENVERWALTUNG DES FREISTAATES SACHSEN, 2005: Klimawandel in Sachsen. Sachstand und Ausblick. Bericht, veröffentlicht.
- SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C., SCHRÖDER, E. & MESSER, D., 1998: Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG). Münster: Landwirtschaftsverlag.
- STEINHARDT, U., BARSCH, H. & BLUMENSTEIN, O., 2012: Lehrbuch der Landschaftsökologie. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, 299 S. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- STREITBERGER, M., ACKERMANN, W., FARTMANN, T., KRIEGEL, G., RUFF, A., BALZER, S. & NEHRING, S., 2016: Artenschutz unter Klimawandel. Perspektiven für ein zukunftsfähiges Handlungskonzept;

- Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3513 86 0800), 367 S. 147. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- SUBV – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN, 2010: Bericht zur Lage der Natur in Bremen. Bericht, veröffentlicht.
- SUBV – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN, 2013: Grundwassergütebericht 2013 der Freien Hansestadt Bremen, 141 S. Bericht, veröffentlicht.
- SUBV – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN, 2016: Landschaftsprogramm Bremen 2015. Teil Stadtgemeinde Bremen: Textband. Ziele, Maßnahmen und Begründung. Bericht, veröffentlicht.
- SUBV & UMWELTSCHUTZAMT – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN & UMWELTSCHUTZAMT, 2018: Klimaanpassungsstrategie. Bremen. Bremerhaven. Studie, veröffentlicht.
- SUBV – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN, 2019: Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungsgrades der im Land Bremen vorkommenden Arten und Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie. Teil II: Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie (mit Ausnahme der marinen und Küstenlebensräume), 74 S. Bremen.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H., 2001: Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., 622 S. Stuttgart: E. Schweizerbart.
- SÜDBECK, P. & KRÜGER, T., 2004: Wiesenvogelschutz in Niedersachsen. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 41
- TER BRAAK, C. J. F. & GREMMEN, N. J. M., 1987: Ecological Amplitudes of Plant Species and the Internal Consistency of Ellenberg's Indicator Values for Moisture. *Vegetatio* 69 (1/3): 79–87.
- THOMAS, C. D., CAMERON, A., GREEN, R. E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L. J., COLLINGHAM, Y. C., ERASMUS, B. F. N., SIQUEIRA, M. F. de, GRAINGER, A., HANNAH, L., HUGHES, L., HUNTLEY, B., VAN JAARVELD, A. S., MIDGLEY, G. F., MILES, L., ORTEGA-HUERTA, M. A., PETERSON, A. T., PHILLIPS, O. L. & WILLIAMS, S. E., 2004: Extinction risk from climate change. *Nature* 427 (6970): 145–148. doi:10.1038/nature02121
- THOMPSON, K., BAKKER, J. P. & BEKKER, R. M., 1997: The soil seed bank of North Western Europe: methodology, density and longevity. Cambridge: Cambridge University Press.
- THOMPSON, K., BAKKER, J. P., BEKKER, R. M. & HODGSON, J. G., 1998: Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology* 78: 81–92.
- TIEMEYER, B., BECHTOLD, M., BELTING, S., FREIBAUER, A., FÖRSTER, C., SCHUBERT, E., DETTMANN, U., FRANK, S., FUCHS, D., GELBRECHT, J., JEUTHER, B., LAGNER, A., ROSINSKI, EVA, LEIBER-SAUHEITL, K., SACHTELEBEN, J., ZAK, D. & DRÖSLER, M., 2017: Moorschutz in Deutschland. Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen ; Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren, 319 S. BfN-Skripten 462. Bonn - Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- TOUTENBURG, H. & HEUMANN, C., 2008: Induktive Statistik. Eine Einführung mit R und SPSS, 490 S. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT, 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel, 689 S. Climate Change 24. Dessau-Roßlau: UBA.
- USHER, M. B., 2005: Conserving european biodiversity in the context of climate change. Convention on the conservation of european wildlife and natural habitats: T-PVS (2005) 21. Bericht, veröffentlicht.
- VOHLAND, K., SCHOENBERG, W., JENSEN, K., DOYLE, U., ELLWANGER, G., LÜTTGER, G., ROTTGARDT, E., RUNGE, K., SCHRÖDER, E., STRASDAS W & ZEPPENFELD, R., 2012a: Anpassung und Mitigation - Zielkonflikte und Synergien mit Biodiversität und Naturschutzzielen. In: Mosbrugger, V., Brasseur, G., Schaller, M. & Stribny, B. (Hrsg.): Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland. 343–371, Darmstadt: WBG.
- VOHLAND, K., 2012b: Climate Change Challenges the Natura 2000 Network - and Shows its Irreplaceability. In: Ellwanger, G. (Hrsg.): Natura 2000 and climate change - a challenge. Presentations and conclusions of the workshop „Natura 2000 and Climate Change - a Challenge“, 3rd to 7th May 2010, Isle of Vilm, Germany. 153–166, Bonn: Federal Agency for Nature Conservation.
- VOHLAND, K., BADECK, F., BÖHNING-GAESE, K., ELLWANGER, G., HANSPACHT, J., IBISCH, P., KLOTZ, S., KREFT, S., KÜHN, I., SCHRÖDER, E., TRAUTMANN, S. & CRAMER, W. (Hrsg.), 2013: Schutzgebiete

- Deutschlands im Klimawandel. Risiken und Handlungsoptionen. 1. Aufl., 240 S. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- WEISSE, R. & MEINKE, I., 2017: Meeresspiegelanstieg, Gezeiten, Sturmfluten und Seegang. In: Brasseur, G. P., Jacob, D. & Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. 78–83, Berlin, Heidelberg: Springer.
- WESSOLEK, G., ROTH, C., KÖNIG, R. & RENGER, M., 1994: Influence of slope and exposition on water balance of loess soils. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 157 (3): 165–173. doi:10.1002/jpln.19941570304
- WIECHMANN, H., 2000: Die bodensystematische Kennzeichnung von Auenböden. In: Friese, K., Witter, B., Rode, M. & Miehlich, G. (Hrsg.): Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. 19–25, Berlin, Heidelberg: Springer.
- WILKE, C., BACHMANN, J., HAGE, G. & HEILAND, S., 2011: Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben (FKZ 3508 82 0800) „Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels“, 235 S. Naturschutz und biologische Vielfalt 109. Bonn- Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- WULF, A., 2018: Alexander von Humboldt und die Erfindung der Natur. 1. Aufl., 555 S. München: Penguin Verlag.
- ZEPP, H., 1995: Klassifikation und Regionalisierung von Bodenfeuchtereime-Typen. Relief Boden Palöklima 9. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- ZERBE, S. & WIEGLEB, G. (Hrsg.), 2016: Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. 1. Aufl., 498 S. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- ZIEBISCH, M., GROTHMAN, T., SCHRÖTER, D., HASSE, C., FRITSCH, U. & CRAMER, W., 2005: Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, 205 S. Climate Change 8. Dessau: UBA.

Internetquellen

- ACKERMANN, W., STREITBERGER, M. & LEHRKE, S., 2016b: Maßnahmenkonzepte für ausgewählte Arten und Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie zur Verbesserung des Erhaltungszustands von Natura 2000-Schutzgütern in der atlantischen biogeografischen Region. LRT 1340*. Stand: 2016. Aufgerufen am 03.04.2020, <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/management/massnahmenkonzepte.html>
- ACKERMANN, W., STREITBERGER, M. & LEHRKE, S., 2016c: Maßnahmenkonzepte für ausgewählte Arten und Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie zur Verbesserung des Erhaltungszustands von Natura 2000-Schutzgütern in der atlantischen biogeografischen Region. LRT 6430. Stand: 2016. Aufgerufen am 03.04.2020, <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/management/massnahmenkonzepte.html>
- ACKERMANN, W., STREITBERGER, M. & LEHRKE, S., 2016d: Maßnahmenkonzepte für ausgewählte Arten und Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie zur Verbesserung des Erhaltungszustands von Natura 2000-Schutzgütern in der atlantischen biogeografischen Region. LRT 6510. Stand: 2016. Aufgerufen am 03.04.2020, <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/management/massnahmenkonzepte.html>
- AG BODENSYSTEMATIK DER DBG – ARBEITSGRUPPE BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT, 2018: Vollständige Übersicht der deutschen Bodensystematik. Aufgerufen am 19.01.2020, <https://www.bodensystematik.de/vary-18.pdf>
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2011a: * Salzwiesen im Binnenland. Stand: 15.12.2011. Aufgerufen am 04.11.2019, <https://www.bfn.de/lrt/0316-typ1340.html>
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2011b: Extensive Mähwiesen der planaren bis submontanen Stufe (Arrhenatherion, Brachypodio-Centaureion nemoralis). Stand: 20.12.2011. Aufgerufen am 04.11.2019, <https://www.bfn.de/lrt/0316-typ6510.html>
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2011c: Feuchte Hochstaudensäume der planaren bis alpinen Höhenstufe inkl. Waldsäume. Stand: 20.12.2011. Aufgerufen am 04.11.2019, <https://www.bfn.de/lrt/0316-typ6430.html>
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2011d: Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden und Lehmboden (Eu-Molinion). Stand: 20.12.2011. Aufgerufen am 04.11.2019, <https://www.bfn.de/lrt/0316-typ6410.html>

- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2012a: Landschaftssteckbrief. 61201 Wesermarschen. Stand: 01.03.2012. Aufgerufen am 29.10.2019, https://www.bfn.de/landschaften/steckbriefe/landschaft/show/61201.html?tx_lisprofile_pi1%5Bbundesland%5D=13&tx_lisprofile_pi1%5BbackPid%5D=13857&cHash=16bfaa907695c176fc5fb8a1e860cf26
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2012b: Landschaftssteckbrief. 63301 Wesermünder Geest. Stand: 01.03.2012. Aufgerufen am 29.10.2019, https://www.bfn.de/landschaften/steckbriefe/landschaft/show/63301.html?tx_lisprofile_pi1%5Bbundesland%5D=13&tx_lisprofile_pi1%5BbackPid%5D=13857&cHash=e35c13226ef1d8331c934dce274e0c57
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2014b: Richtlinien & Grundsätze. Stand: 12.11.2014. Aufgerufen am 30.03.2020, <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/richtlinien-grundsaeetze.html>
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2019a: Ergebnisübersicht - Nationaler Bericht 2019. Stand: 03.09.2019. Aufgerufen am 25.09.2019, <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/berichte-monitoring/nationaler-ffh-bericht/ergebnisuebersicht.html>
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2019b: FFH-Gebiete in Deutschland. Stand November 2017. Aufgerufen am 25.09.2019, https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/natura2000/Dokumente/Meldeueb_FFH_20171123_barrierefrei.pdf
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2019c: Liste der in Deutschland vorkommenden Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie. Aufgerufen am 01.11.2019, https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/natura2000/Dokumente/lebensraumtypenliste_20180925.pdf
- BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 2019d: Zum Stand der Umsetzung von Natura 2000 in Deutschland. Stand: 14.06.2019. Aufgerufen am 25.09.2019, <https://www.bfn.de/themen/natura-2000/natura-2000-gebiete.html>
- BUNDESREGIERUNG, 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Stand: 17.12.2008. Aufgerufen am 23.09.2019, https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf
- DLR – DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V., 2020: KommKlima - Kompensationsflächenmanagement im Klimawandel: Anpassungsmaßnahmen im Bremer Feuchtgrünland zum Erhalt von Ökosystemleistungen und Empfehlungen für die Eingriffsregelung. Stand: 17.01.2020. Aufgerufen am 31.03.2020, <https://www.nbs-forschung-umsetzung.de/299.php>
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2015b: Europäische Kommission - Grundlegendes - Schutzgebiete in der EU – Natura 2000. Stand: 14.10.2015. Aufgerufen am 27.09.2019, https://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/natura2000/index_de.htm
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2019: Schutzgebiete in der EU – Natura 2000. Stand: 07.08.2019. Aufgerufen am 30.03.2020, https://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/natura2000/index_de.htm
- EUROPEAN COMMISSION, 2019: Management of Natura 2000 Habitats. Stand: 07.08.2019. Aufgerufen am 17.04.2020, https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/habitats/models_en.htm
- FREIE HANSESTADT BREMEN, o.J.: Gebietsmanagement in Bremen. Grünland. Stand: o.J. Aufgerufen am 01.11.2019, https://www.bauumwelt.bremen.de/umwelt/natur/gebietsmanagement_in_bremen-95112
- GERICS – CLIMATE SERVICE CENTER GERMANY, o.J.: Vegetationsperiode. Aufgerufen am 26.03.2020, https://www.gerics.de/products_and_publications/publications/detail/063213/index.php.de
- LANUV – LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN, 2020: Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Aufgerufen am 14.02.2020, <https://www.lanuv.nrw.de/natur/landschaftsplanung/fachbeitrag>
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019i: Klimaprojektionen. Metadaten. Stand: 21.10.2019. Aufgerufen am 19.11.2019, <https://nibis.lbeg.de/net3/public/ikxcms/default.aspx?pgid=1037>
- LUH – LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER, 2016: Management of compensation areas and climate change – adaptation measures to preserve ecosystem services in the wetland of Bremen and recommendation for the impact mitigation regulation. Climate-induced requirements and ecological efficiency research. Stand: 07.11.2016. Aufgerufen am 31.03.2020, https://www.umwelt.uni-hannover.de/219.html?&tx_tkforschungsberichte_pi1%5BshowUid%5D=221&tx_

tkforschungsbereiche_pi1%5Bbackpid%5D=998&cHash=526f7f78a07c1c2ffc73d0e19d4b89f7
NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND
NATURSCHUTZ, 2019: Vollzugshinweise für Arten und Lebensraumtypen | Nds. Landesbetrieb
für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Aufgerufen am 12.03.2020, https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/natura_2000/vollzugshinweise_arten_und_lebensraumtypen/vollzugshinweise-fuer-arten-und-lebensraumtypen-46103.html#FFH

SKUMS – SENATORIN FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, MOBILITÄT, STADTENTWICKLUNG UND
WOHNUNGSBAU BREMEN, o.J.: Überschwemmungsgebiete. Aufgerufen am 25.03.2020, https://www.bauumwelt.bremen.de/umwelt/wasserwirtschaft__hochwasser__und_kuestenschutz/ueberschwemmungsgebiete-23706

UBA – UMWELTBUNDESAMT, 2014: Stauwasserboden: Boden des Jahres. Stand: 04.12.2014. Aufgerufen
am 13.01.2020, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/stauwasserboden-boden-des-jahres>

Mündliche bzw. schriftliche Auskünfte

BLANKENBURG, J. (Geologischer Dienst für Bremen): AW: [EXTERN]-Anfrage Geodaten für
Masterthesis: Email Urteil vom 23.01.2020a.

BLANKENBURG, J. (Geologischer Dienst für Bremen): AW: [EXTERN]-Anfrage Geodaten für
Masterthesis: Email Urteil vom 05.02.2020b.

PANTELEIT, B. (Geologischer Dienst für Bremen, Universität Bremen Fachbereich Geowissenschaften):
mündliche Mitteilung Urteil vom 31.01.2020.

Gesetze, Verordnungen und Urteile

Durchführungsbeschluss der Kommission über den Datenbogen für die Übermittlung von
Informationen zu Natura-2000-Gebieten (2011/484/EU) Urteil vom 11.07.2011, ABL L 198/39.
Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) Urteil vom
01.03.2010, BGBl I 2009, S. 2542.

Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Erhaltung der
wildlebenden Vogelarten (VS-RL) Urteil vom 26.01.2010, ABL L 20/7.

Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und
Pflanzen (FFH-RL) Urteil vom 22.07.1992, ABL L 206 S. 7.

EUGH Urteil vom 20.10.2005: Vertragsverletzung eines Mitgliedstaats – Richtlinie 92/43/EWG –
Erhaltung der natürlichen Lebensräume – Wild lebende Tiere und Pflanzen. Aktenzeichen C-6/04

Geodaten

Änderung der mittleren Grundwasserneubildung der Jahre 2021-2050 im Vergleich zu 1971 – 2000
(Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019g
Änderung der mittleren Grundwasserneubildung der Jahre 2071-2100 im Vergleich zu 1971 – 2000
(Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019h
Biotoptypenkartierung, SUBV, GfL, POLYGONIS & HANEG – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND
VERKEHR BREMEN, PLANUNGS- UND INGENIEURGESELLSCHAFT, POLYGONIS & HANSEATISCHE
NATURENTWICKLUNG GMBH, 2004-2014

bk25_profile_HB (Excel-File), GDfB – GEOLOGISCHER DIENST FÜR BREMEN, 2002/2009-2010

Bodenkarte_HB_Horizonte (Excel-File), GDfB – GEOLOGISCHER DIENST FÜR BREMEN, 2002/2009

Bodenkarten_Bremen, GDfB – GEOLOGISCHER DIENST FÜR BREMEN, o.J.a

Bodenschätzung_2014_Project, HANEG – HANSEATISCHE NATURENTWICKLUNG GMBH, 2014

FFH-Gebiete, Schutzgebiete-Naturschutz Bremen, SKUMS – SENATORIN FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT,
MOBILITÄT, STADTENTWICKLUNG UND WOHNUNGSBAU BREMEN, 2017a

FFH-Lebensraumtypen im Land Bremen, SUBV – SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR
BREMEN, 2004-2006/2008-2017

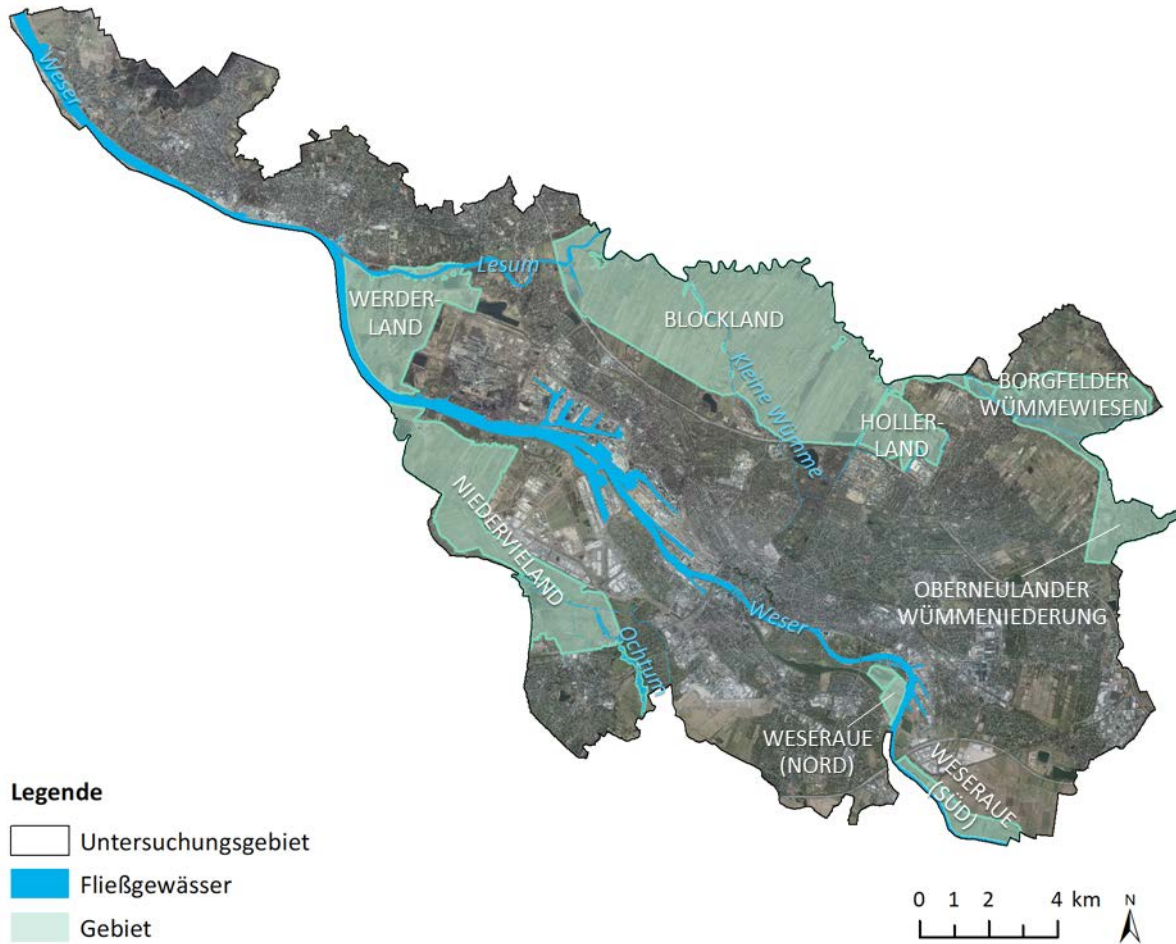
HB_We_Profile (Excel-File), GDfB – GEOLOGISCHER DIENST FÜR BREMEN, 2009

Klimaprojektionen (Gruppe), LBEG, 2019a, WMS Daten: <https://nibis.lbeg.de/net3/public/ogc.ashx?NodeId=1037&Service=WMS&Request=GetCapabilities&>

- Landesfläche Bremens (ohne Bremerhaven), GEOINFORMATIONEN BREMEN, 2013
- Mittlere Grundwasserneubildung der Jahre 2021-2050 (Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019e
- Mittlere Grundwasserneubildung der Jahre 2071-2100 (Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019f
- Mittlere klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr der Jahre 1971-2000 (Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019b
- Mittlere klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr der Jahre 2021-2050 (Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019c
- Mittlere klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr der Jahre 2071-2100 (Projektion), LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN, 2019d
- Orthophotos, GEOINFORMATIONEN BREMEN, 2012, WMS: <http://gdi1.geo.bremen.de/mapproxy/Apps4Bremen/service?>
- Vogelschutzgebiete, Schutzgebiete-Naturschutz Bremen, SKUMS – SENATORIN FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, MOBILITÄT, STADTENTWICKLUNG UND WOHNUNGSBAU BREMEN, 2017b

Anhang

I Gebietsnamen



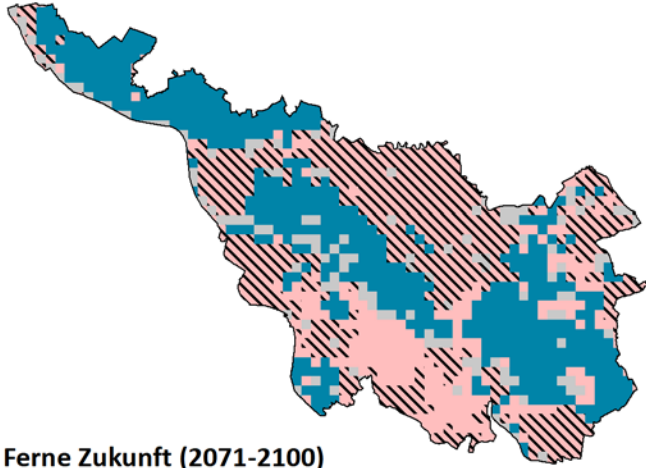
Kartengrundlage: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013; SKUMS 2017a, 2017b; Kartenhintergrund: GEOINFORMATIONEN BREMEN 2012

II Übersicht über aktuelle Klimaprojektionen für Bremen

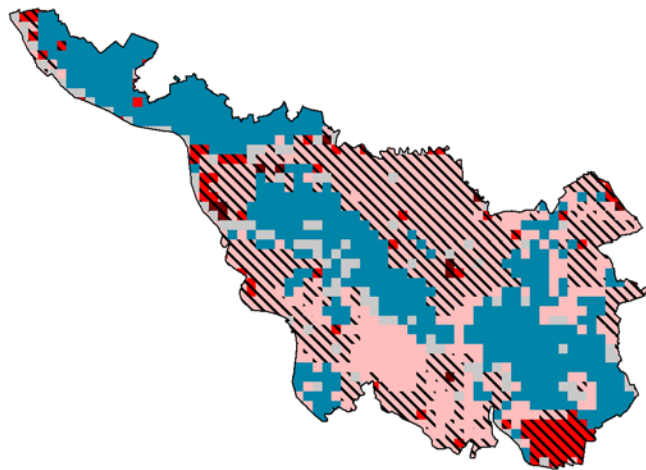
Grundlage	Bender et al. (2018)			DWD & SUBV (2018)			LBEG (2019b,c,d)					
	Bezugs- zeitraum	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	Bezugs- zeitraum	RCP2.6	RCP8.5	Bezugs- zeitraum	RCP8.5			
	1971-2000	2021-2050		2021-2050	2071-2100	2021-2050	2071-2100	1971-2000	2021-2050	2071-2100		
Temperatur	in °C	Änderung zum Bezugszeitraum (Median) in °C			in °C	Änderung zum Bezugszeitraum (Mittelwert) in °C			Änderung zum Bezugszeitraum (Mittelwert) in °C			
Mittl. Jahr	8,2	1,6	1,2	1,3	9,2	1	1,1	1,3	3,6	9,1	1,4	3,7
Frühling	7,4	1,7	1,1	1,5	8,5	0,9	1	1,1	2,9			
Sommer	16,1	1,5	0,9	1	16,6	1	1	1,3	3,6	k.E.		
Herbst	8,9	1,5	1,4	1,4	9,5	1,1	1,2	1,5	4			
Winter	1,3	1,1	1,2	2,3	2,1	0,9	1,1	1,3	3,9			
Niederschlag	in mm/Tag (Median)	Änderung zum Bezugszeitraum (Median) in %			in mm/Jahres zeit	Änderung zum Bezugszeitraum (Mittelwert) in %			in mm/Jahr	Änderung zum Bezugszeitraum (Mittelwert) in %		
Mittl. Jahr	2,5	8	8	8	720	2	2	5	10	717,3	2,4	-1,6
Frühling	2,2	9	5	9	151	6	4	7	14			
Sommer	3	0	-3	-3	211	-5	-1	2	-4	k.E.		
Herbst	2,4	8	0	4	190	3	0	2	9			
Winter	2,4	8	13	8	169	5	6	7	18			
Klimatische Wasserbilanz	in mm/Jahr											
Jahr	k.A.			k.A.			k.A.			103,4	81,2	21,3
Sommer	k.A.			k.A.			k.A.			-130,7	-165,7	-246,8
Winter	k.A.			k.A.			k.A.			235,2	248,0	268,4
Anmerkungen: RCP2.6 = Klimaschutzszenario												
RCP4.5 = moderates Emissionsszenario												
RCP8.5 = Business as usual												
k.A. = keine Angabe zu diesem Parameter												
k.E. = Angabe vorhanden, aber keine Einordnung auf Grund unterschiedlicher Zeitbezüge möglich												

III Karte Projektionen zur Grundwasserneubildungsrate für die Zeitscheiben 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000) bei RCP8.5

Nahe Zukunft (2021-2050)



Ferne Zukunft (2071-2100)



Legende

Untersuchungsgebiet

Grundwasserneubildung

Grundwasserzehrung

Änderung der mittleren Grundwasserneubildung (in mm/a) im Vergleich zu 1971-1990

< -100

-51 bis -100

-1 bis -50

unverändert

1 bis 50

0 3 6 km



Kartengrundlage: LBEG 2019a, 2019e, 2019g, 2019h, GEOINFORMATIONEN BREMEN 2013

IV In der Stadtgemeinde Bremen vorkommende FFH-LRT (Stand 2018, basierend auf: SUBV 2004-2006/2008-2017)

Code	LRT Bezeichnung	Fläche (ha)
Lebensräume in Küstenbereichen und halophytische Vegetation		1,58
1340*	Salzwiesen im Binnenland	1,58
Dünen an Meeresküsten und im Binnenland		2,60
2310	Trockene Sandheiden mit <i>Calluna</i> und <i>Genista</i> (Dünen im Binnenland)	1,46
2330	Dünen mit offenen Grasflächen mit <i>Corynephorus</i> und <i>Agrostis</i> (Dünen im Binnenland)	1,14
Süßwasserlebensräume		64,48
3110	Oligotrophe, sehr schwach mineralische Gewässer der Sandebenen (<i>Littorelletalia uniflorae</i>)	1,04
3130	Oligo- bis mesotrophe stehende Gewässer mit Vegetation der <i>Littorelletea uniflorae</i> und/oder der <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>	15,35
3140	Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Gewässer mit benthischer Vegetation aus Armelechteralgen	25,13
3150	Natürliche eutrophe Seen mit einer Vegetation des Magnopotamions oder Hydrocharitions	21,28
3160	Dystrophe Seen und Teiche	0,17
3260	Flüsse der planaren bis montanen Stufe mit Vegetation des <i>Ranunculion fluitantis</i> und des <i>Callitricho-Batrachion</i>	1,51
Gemäßigte Heide- und Buschvegetation		6,06
4010	Feuchte Heiden des nordatlantischen Raumes mit <i>Erica tetralix</i>	0,15
4030	Trockene europäische Heiden	5,91
Natürliches und naturnahes Grasland		177,04
6230*	Artenreiche montane Borstgrasrasen (und submontan auf dem europäischen Festland) auf Silikatböden	3,84
6410	Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (<i>Molinion caeruleae</i>)	2,29
6430	Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe	21,43
6510	Magere Flachland-Mähwiesen (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	149,48
Hoch- und Niedermoore		1,08
7140	Übergangs- und Schwingrasenmoore	0,48
7150	Torfmoor-Schlenken (<i>Rhynchosporion</i>)	0,60
Wälder		102,74
9110	Hainsimsen-Buchenwald (<i>Luzulo-Fagetum</i>)	22,51
9120	Atlantischer, saurer Buchenwald mit Unterholz aus Stechpalme und gelegentlich Eibe (<i>Quercion robori-petraeae</i> oder <i>Illici-Fagenion</i>)	5,77
9130	Waldmeister-Buchenwald (<i>Asperulo-Fagetum</i>)	5,59
9160	Subatlantischer oder mitteleuropäischer Stieleichenwald oder Hainbuchenwald (<i>Carpinion betuli</i>) [<i>Stellario-Carpinetum</i>]	1,49
9190	Alte bodensaure Eichenwälder auf Sandebenen mit <i>Quercus robur</i>	12,28
91D0*	Moorwälder	3,60
91E0*	Auen-Wälder mit <i>Alnus glutinosa</i> und <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)	51,49

V Betrachtete Biotoptyp-Obergruppen innerhalb der Natura-2000-Gebiete

Code	Bezeichnung
BA	Weidengebüsch der Auen und Ufer
BN	Moor- und Sumpfbüsch
FW	Flusswatt
GA	Grünland-Einsaat
GF	Sonstiges artenreiches Feucht- und Nassgrünland
GI	Artenarmes Grünland
GM	Mesophiles Grünland
GN	Seggen-, binsen- oder hochstaudenreiche Nasswiese
GW	Sonstige Weidefläche
HC	Sand-/Silikat-Zwergstrauchheide
MP	Pfeifengras-Moorstadium
MZ	Anmoorheide
NH	Salzvegetation des Binnenlandes
NP	Pioniervegetation (wechsel-)nasser Standorte/vegetationsarmer Uferbereich
NR	Landröhricht
NS	Seggen-, Binsen- und Stauden-Sumpf
NU	Uferstaudenflur
UH	Halbruderale Gras- und Staudenflur
UR	Ruderalflur
VE	Verlandungsbereich nährstoffreicher Stillgewässer
VO	Verlandungsbereich nährstoffarmer Stillgewässer
WA	Erlen-Bruchwald
WB	Birken- und Kiefern-Bruchwald
WE	Erlen- und Eschenwald der Auen und Quellbereiche
WH	Hartholzauwald
WN	Sonstiger Sumpfwald
WW	Weiden-Auwald (Weichholzaue)

VI Zuordnung der BK25 Bodentypen zu Bodenabteilungen bzw. -klassen

Moorböden		Semiterrestrische Böden		Terrestrische Böden		Stauwasserböden	
Bodentyp gemäß BK25		Bodentyp gemäß BK25		Bodentyp gemäß BK25		Bodentyp gemäß BK25	
HHv32//P-G	AB53	MC52	Q/MN33	B33	P32	YO/P31	AB-S21
HHv33	AB-G43	MK22	Q/MN34	B34	P33	YO/Q32	AB-S31
HHv33//S-G	AB-G51	MK23	Q-G34	B43	P42	YO/S-B34	AB-S32
HHv42	E/P-G42	MK23//HN	Q-G51	B45	P43	YO3//S	AB-S33
HHv44	G25	MK32	YO/AB33	B-P22	P-B33	YO3//S-B	B-S31
HHv52	G33	MK33	YO/AB44	E/G-P32	Q34//B	YUhh3	E/B-S31
HHv53	G34	MN/HH33	YO/AB54	E/P32	Q34//MN	YUhh4	G-S21
HN3	G34//MN	MN3	YO/AB55	E/P42	Q34//S	YUhn4	G-S33
HN5	G42	MN32//HN	YO/AB-G52	E/P-B33	Q35//YR	YUp3	P-S32
HNv32	G51	MN34	YO/G-AB33	E/P-S31	Q44	YUp-b3	P-S33
HNv33	G-AB33	MN34//HN	YO/G-AB34	E/S-B34	Q45	YUs3	P-S42
HNv34	GM33	MN35	YO/MN31	E33//B	Q52	YUs4	Q-S32
HNv42	GM34	MN41	YO/MN32	E33//G	Q54	Z33	S22
HNv43	GM42	MN42	YO/MN33	E34	Q55	Z44	S23
HNv44	G-S23//MN	MN43	YO/MN41	E34//P	S-B34	Z55	S32
HNv52	HNv/G33	MN44	YO/MN43	E34//S	S-P32		S42
HNv53	HNv/G34	MN51	YO/MN51	E35//B-S	S-P33		S-E33
HNv54	HNv/G42	MN52	YO/MN52	E43	S-Q35		S-G42
MN/HN32	HNv/G43	MN53	YO/MN53	G-B34	YO/B32	YO/G-S31	YO/G-S31
MN/HN33	HNv/G52	MO34//HN	YO/P-G51	G-P23	YO/B-P31	YO/P-S42	YO/P-S42
MN/HN34	HNv/P-G33	MO43	YO/S-AB35	G-P32	YO/G41	YO/S32	YO/S32
MN/HN43	HNv/P-G34	MR23	YO3//G	G-P43	YO/G51		
MN/HN44	HNv/P-G42	P-G33	Z33//MN	G-Q34	YO/G52		
MN/HN52	MC33	P-G43	Z34//G	G-Z34	YO/G-B33		
MN/HN53	MC42	P-GM33	Z34//MN	K34//G	YO/G-B-P31		
MN/HN54	MC43	P-GM42		OL42	YO/G-P31		
YO/HN53	MC51	P-GM43		OL45	YO/G-P32		

VII Biotoptypen als Indikator für Sonderstandorte

Biotoptyp		Vorkommen (✓ = ja; X = nein)	
Code	Name	Vorkommen im Land Bremen	Vorkommen in Stadtgemeinde Bremen
Biotoptypen auf Böden mit hohem Salzgehalt			
DOK	Kali-/Salzhalde	X	X
FGS	Salzreicher Graben	X	X
GMM	Mesophiles Marschengrünland mit Salzeinfluss	✓	X
KH, ohne KHM	Küstensalzwiese, ohne Strandwiesen	✓	X
KL	Naturnahes salzhaltiges Stillgewässer der Küste	z.T. ✓	X
KPF	Salz-/Brackwasserriel mit Bachzufluss	X	X
KPH	Salzmarsch-/Strandriel	X	X
KVH	Spülfläche mit Salzwiese	✓	X
KW	Salz-/Brackwasserwatt	z.T. ✓	X
KYA	Naturfernes salzhaltiges Abtragungsgewässer der Küste	✓	X
KYG	Salz- und Brackwassergraben im Küstenbereich	✓	X
KYS	Sonstiges anthropogenes Salz- und Brackgewässer im Küstenbereich	✓	X
NH	Salzbiotop des Binnenlands	✓	✓
SS	Naturnahes salzhaltiges Stillgewässer des Binnenlands	✓	X
Biotoptypen auf Schwermetallböden			
RM	Schwermetallrasen	X	X

VIII Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 1340*

1340* typische Pflanzenarten nach NLWKN (2011e)		Feuchtezahl nach Ellenberg et al. (2001)												RL D	RL NI + HB	
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sonstiges		
<i>Aster tripolium</i>	Strand-Aster													X=	*	*
<i>Juncus gerardii</i>	Salz-Binse													X=	*	*
<i>Puccinellia distans</i>	Gewöhnlicher Salzschwaden					•								~	*	*
<i>Bupleurum tenuissimum</i>	Salz-Hasenohr						•							~	2	2
<i>Spergularia salina</i>	Salz-Schuppenmiere							•						=	*	*
<i>Trifolium fragiferum</i>	Erdbeer-Klee							•						=	V	*
<i>Triglochin maritimum</i>	Strand-Dreizack							•						=	V	*
<i>Apium graveolens</i>	Echter Sellerie								•						3	3
<i>Glaux maritima</i>	Milchkraut								•						*	*
<i>Halimione pedunculata</i>	Stielfrüchtige Salz-Melde								•						3	3
<i>Salicornia ramosissima</i>	Gewöhnlicher Kurzföhren-Queller								•						*	*

Anmerkung: x= indifferent; ~ = Zeiger für starken Wechsel; = = Überschwemmungszeiger
 0 = ausgestorben oder verschollen; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste; * = ungefährdet

IX Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 6410

6410 typische Pflanzenarten nach NLWKN (2011b)		Feuchtezahl nach Ellenberg et al. (2001)												RL D	RL NI + HB	
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sonstiges	RL D	RL NI + HB
<i>Betonica officinalis</i>	Heil-Ziest													x~	V	3
<i>Potentilla erecta</i>	Blutwurz													x	*	*
<i>Serratula tinctoria</i>	Färber-Scharte													x~	3	2
<i>Silau silaus</i>	Wiesen-Silge													x~	V	2
<i>Galium wirtgenii</i>	Wirtgen-Labkraut			•										~	V	2
<i>Primula veris</i>	Echte Schlüsselblume			•										V	V	V
<i>Luzula multiflora</i>	Vielblütige Hainsimse			•										~	*	*
<i>Carex distans</i>	Entferntährige Segge					•								~	3	V
<i>Colchicum autumnale</i>	Herbstzeitlose					•								~	*	3
<i>Galium boreale</i>	Nordisches Labkraut					•								~	V	3
<i>Inula salicina</i>	Weidenblättriger Alant					•								~	V	3
<i>Carex tomentosa</i>	Filz-Segge						•							~	3	2
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	Lungen-Enzian						•							~	2	2
<i>Juncus conglomeratus</i>	Knäuel-Binse						•							~	*	*
<i>Molinia caerulea</i>	Gewöhnliches Pfeifengras						•							~	*	*
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	Gewöhnliche Natterzunge						•							~	3	3
<i>Selinum carvifolia</i>	Kümmel-Silge						•							~	V	3
<i>Succisa pratensis</i>	Teufelsabbiss						•							~	V	3
<i>Carex nigra</i>	Wiesen-Segge								•					~	*	*
<i>Cirsium dissectum</i>	Englische Kratzdistel								•					~	2	2
<i>Dactylorhiza maculata</i>	Geflecktes Knabenkraut								•					~	3	3
<i>Iris sibirica</i>	Sibirische Schwertlilie								•					~	3	2
<i>Thalictrum lucidum</i>	Glänzende Wiesenraute								•					~	3	3
<i>Achillea ptarmica</i>	Sumpf-Schafgarbe									•				*	*	*
<i>Carex hostiana</i>	Saum-Segge									•				~	2	1
<i>Hierochloë odorata</i>	Duftendes Mariengras									•				~	2	3

Anmerkung: x= indifferent; ~ = Zeiger für starken Wechsel; = = Überschwemmungszeiger
 0 = ausgestorben oder verschollen; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Vorwarnliste; * = ungefährdet

X Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 6430

6430 typische Pflanzenarten nach NLWKN (2011c)		Feuchtezahl nach Ellenberg et al. (2001)												Sonstiges	RL D	RL NI + HB	
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
<i>Geranium palustre</i>	Sumpf-Storchschnabel							•							=	*	*
<i>Inula britannica</i>	Wiesen-Alant						•									V	3
<i>Euphorbia palustris</i>	Sumpf-Wolfsmilch								•						~	3	2
<i>Pseudolysimachion longifolium</i>	Langblättriger Ehrenpreis								•						~	V	3
<i>Rumex aquatilis</i>	Wasser-Ampfer								•						=	V	V
<i>Scutellaria hastifolia</i>	Spießblättriges Helmkraut								•						=	2	2
<i>Sonchus palustris</i>	Sumpf-Gänsedistel								•						~	*	V
<i>Thalictrum flavum</i>	Gelbe Wiesenraute								•						~	V	3
<i>Thalictrum lucidum</i>	Glänzende Wiesenraute								•							3	3
<i>Cucubalus baccifer</i>	Taubenkropf									•					=	3	2
<i>Senecio paludosus</i>	Sumpf-Greiskraut								•						=	3	2
<i>Senecio sarracenicus</i>	Fluss-Greiskraut								•						=	3	*
<i>Urtica dioica</i> spp. <i>galeopsifolia</i>	Hohlnährblättrige Brennnessel															*	*
<i>Valeriana officinalis</i> agg.	Artengruppe Arznei-Baldrian															*	*
<i>Calystegia sepium</i>	Gewöhnliche Zaunwinde						•									*	*
<i>Carduus crispus</i>	Krause Distel						•									*	*
<i>Dipsacus pilosus</i>	Behaarte Karde						•									*	*
<i>Petasites albus</i>	Weißer Pestwurz						•									*	*
<i>Scrophularia nodosa</i>	Knotige Braunwurz						•									*	*
<i>Senecio hercynicus</i>	Hain-Greiskraut						•									*	*
<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	Knolliger Kälberkropf							•								*	*
<i>Cirsium oleraceum</i>	Kohl-Kratzdistel							•								*	*
<i>Cuscuta europaea</i>	Europäische Seide							•								*	*
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Wasserdost							•								*	*
<i>Stachys palustris</i>	Sumpf-Ziest							•							~	*	*
<i>Achillea ptarmica</i>	Sumpf-Schafgarbe								•							*	*
<i>Angelica sylvestris</i>	Wald-Engelwurz								•							*	*
<i>Brassica nigra</i>	Schwarzer Senf								•						=	*	*
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	Rauhaariger Kälberkropf								•							*	*
<i>Epilobium hirsutum</i>	Zottiges Weidenröschen								•						=	*	*
<i>Filipendula ulmaria</i>	Echtes Mädesüß								•							*	*
<i>Hypericum tetrapterum</i>	Geflügeltes Johanniskraut								•						=	*	*
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Gilbweiderich								•						~	*	*
<i>Lythrum salicaria</i>	Blut-Weiderich								•						~	*	*
<i>Mentha longifolia</i>	Ros-Minze								•						=	*	*
<i>Petasites hybridus</i>	Gewöhnliche Pestwurz								•						=	*	*
<i>Angelica archangelica</i>	Echte Engelwurz									•					=	*	*
<i>Scrophularia umbrosa</i>	Geflügelte Braunwurz									•					=	*	3

Anmerkung: x = indifferent; ~ = Zeiger für starken Wechsel; = = Überschwemmungszeiger
 0 = ausgestorben oder verschollen; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Vorwarnliste; * = ungefährdet

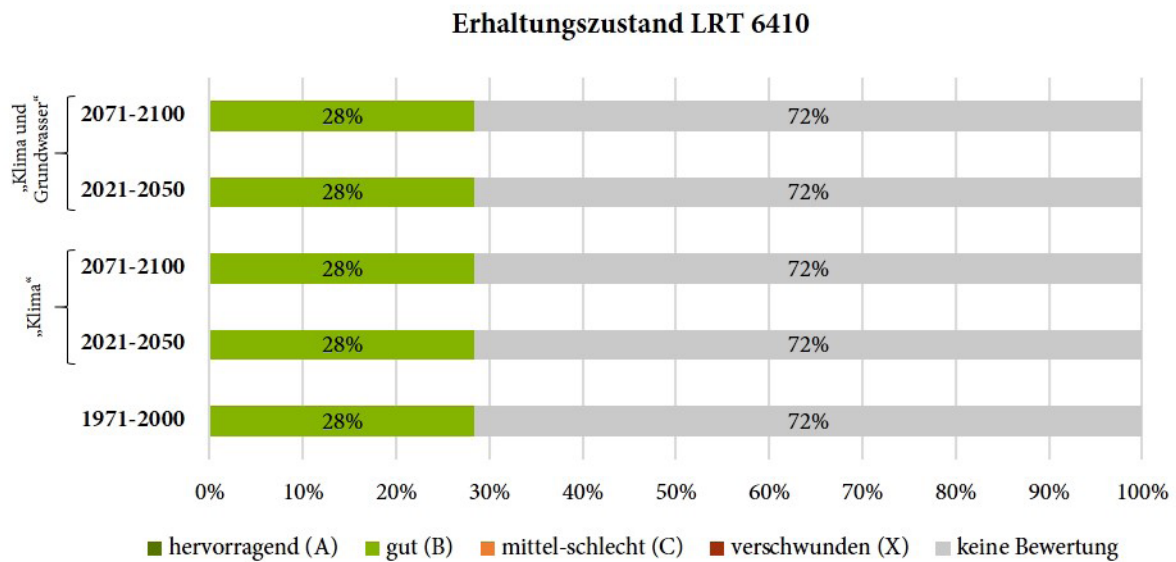
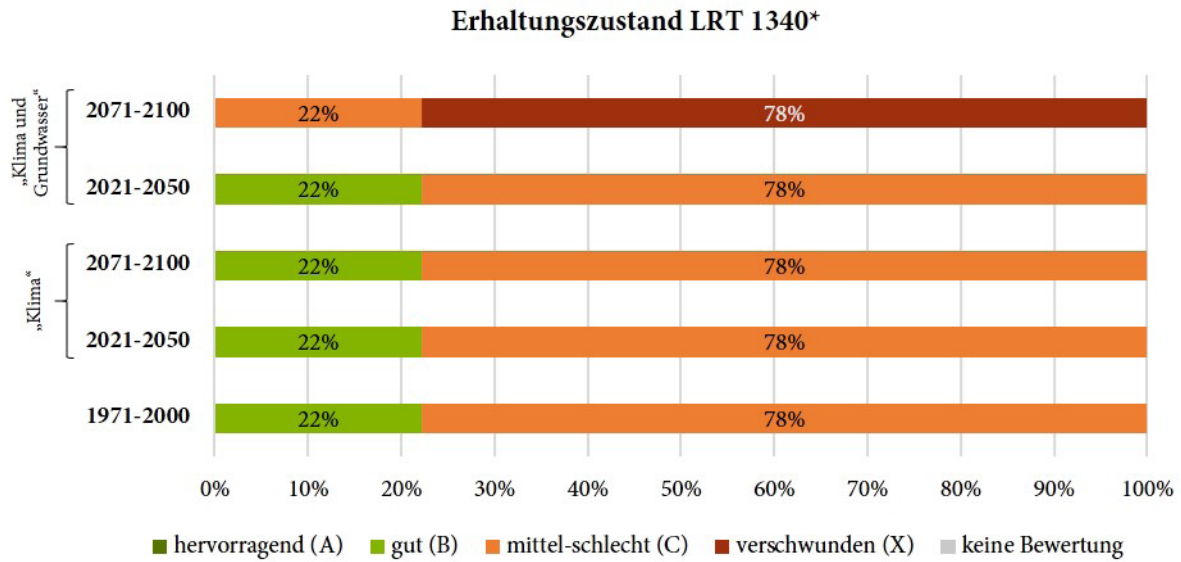
Fortsetzung

XI Artenreferenzliste und zugehörige Ellenbergsche Feuchtezahlen des LRT 6510

6510 typische Pflanzenarten nach NLWKN (2011d)		Feuchtezahl nach Ellenberg et al. (2001)												RL D	RL NI + HB		
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sonstiges			
<i>Trifolium pratense</i>	Rot-Klee					•										*	*
<i>Veronica chamaedrys</i>	Gamander-Ehrenpreis					•										*	*
<i>Vicia sepium</i>	Zaun-Wicke					•										*	*
<i>Ajuga reptans</i>	Kriechender Günsel						•									*	*
<i>Cardamine pratensis</i>	Wiesen-Schaumkraut						•									*	*
<i>Crepis biennis</i>	Wiesen-Pippau						•									*	*
<i>Festuca rubra</i>	Gewöhnlicher Rot-Schwingel						•									*	*
<i>Hordeum secalinum</i>	Roggen-Gerste						•								3	V	
<i>Lathyrus pratensis</i>	Wiesen-Platterbse						•									*	*
<i>Leontodon saxatilis</i>	Nickender Löwenzahn						•							~		*	*
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut						•							~		*	*
<i>Primula elatior</i>	Hohe Schlüsselblume						•									*	*
<i>Ranunculus acris</i>	Scharfer Hahnenfuß						•									*	*
<i>Ranunculus ficaria</i>	Scharbockskraut						•									*	*
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Großer Wiesenknopf						•							~	V	3	
<i>Vicia cracca</i>	Vogel-Wicke						•									*	*
<i>Silene flos-cuculi</i>	Kuckucks-Lichtnelke													~		*	*

Anmerkung: x = indifferent; ~ = Zeiger für starken Wechsel; = = Überschwemmungszeiger
 0 = ausgestorben oder verschollen; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Vorwarnliste; * = ungefährdet

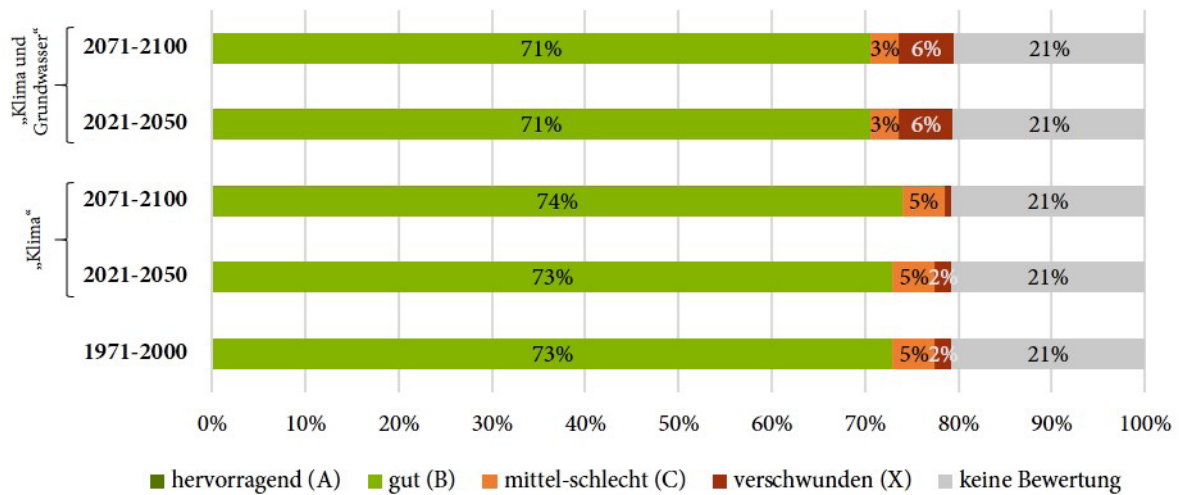
XII Zukünftige Erhaltungszustände der betrachteten LRT in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ und „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)



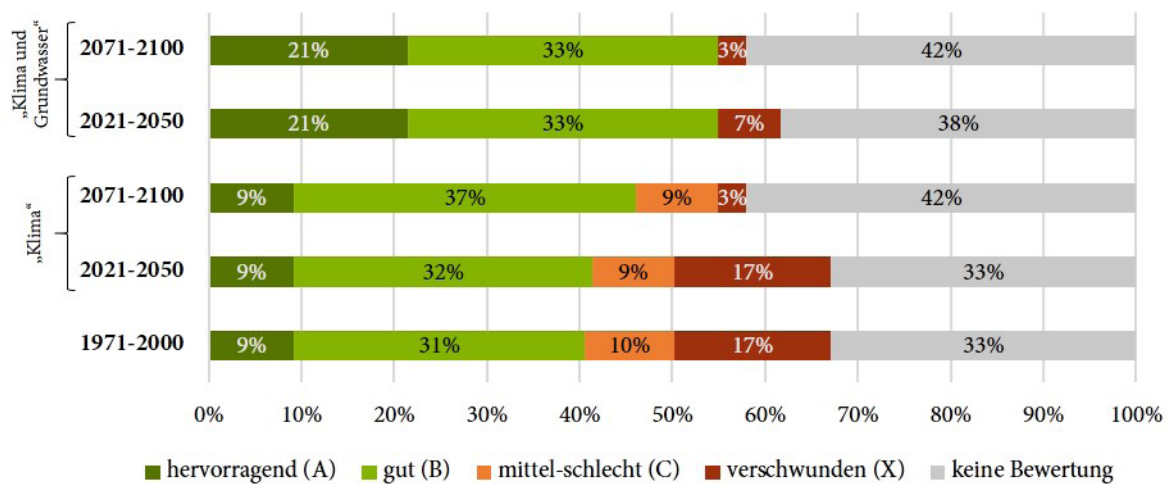
Fortsetzung

XII Zukünftige Erhaltungszustände der betrachteten LRT in der nahen (2021-2050) und fernen Zukunft (2071-2100) im Szenario „Klima“ und „Klima und Grundwasser“ im Vergleich zum Referenzzustand (1971-2000)

Erhaltungszustand LRT 6430



Erhaltungszustand LRT 6510



XIII Digitaler Anhang: Geodaten

Der digitale Anhang enthält folgende Geodaten:

Bodenfeuchtereime

- » Bodenkundliche Feuchtestufe im Referenzzeitraum
- » Szenario „Klima“
 - » Bodenkundliche Feuchtestufe in der nahen Zukunft
 - » Bodenkundliche Feuchtestufe in der fernen Zukunft
- » Szenario „Klima und Grundwasser“
 - » Bodenkundliche Feuchtestufe in der nahen Zukunft
 - » Bodenkundliche Feuchtestufe in der fernen Zukunft

Entwicklungsmöglichkeiten für Biotope

- » Biotopentwicklungspotenzial im Referenzzeitraum
- » Szenario „Klima“
 - » Biotopentwicklungspotenzial in der nahen Zukunft
 - » Biotopentwicklungspotenzial in der fernen Zukunft
- » Szenario „Klima und Grundwasser“
 - » Biotopentwicklungspotenzial in der nahen Zukunft
 - » Biotopentwicklungspotenzial in der fernen Zukunft

Erhaltungszustand der beispielhaft betrachteten Grünland-LRT

- » Erhaltungszustand der FFH-LRT im Referenzzeitraum
- » Szenario „Klima“
 - » Erhaltungszustand der FFH-LRT in der nahen Zukunft
 - » Erhaltungszustand der FFH-LRT in der fernen Zukunft
- » Szenario „Klima und Grundwasser“
 - » Erhaltungszustand der FFH-LRT in der nahen Zukunft
 - » Erhaltungszustand der FFH-LRT in der fernen Zukunft