

Johanna Eggers



Wird das Wasser knapp in Niedersachsen?

Bewertung der Standorteignung für die
Wasserstoffproduktion bezogen auf den
Landschaftswasserhaushalt in Zeiten des
Klimawandels

Masterarbeit

Studiengang: Umweltplanung M. Sc.

Institut für Umweltplanung

Fakultät für Architektur und Landschaft

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Titel

Wird das Wasser knapp in Niedersachsen? - Bewertung der Standorteignung für die Wasserstoffproduktion bezogen auf den Landschaftswasserhaushalt in Zeiten des Klimawandels

Is water becoming scarce in Lower Saxony? - Evaluation of site suitability for hydrogen production related to the landscape water balance in times of climate change

Bearbeitung

Johanna Eggers

E-Mail: johanna.eggert@t-online.de

Betreuung

Dr.-Ing. Julia Wiehe

Ole Badelt, M. Sc.

Abgabe: Seelze, 28. Juli 2022

- Leicht überarbeitete Fassung vom 08.10.2022 -

Danksagung

Ich bedanke mich bei allen, die mir die notwendigen Daten zur Verfügung gestellt haben: Dem LBEG, dem NLWKN, dem LGLN sowie der WSV (WSA-Ems-Nordsee). Außerdem danke ich Herrn Tenzer vom Projekt GET H2 und Herrn Mäueler vom NLWKN für die Beantwortung meiner Fragen sowie Herrn Meyer zu Vilsendorf und Frau Kuwan von EWE für das gute und sehr informative Gespräch. Weiterhin gilt mein Dank meinen Betreuenden Ole Badelt und Julia Wiehe, die mir stets bei allen Fragen zur Seite standen und mich sehr unterstützt haben. Zu guter Letzt danke ich auch meiner Familie und meinen Freund*innen, die mich zu jeder Zeit unterstützt, aufgemuntert und motiviert haben.

Zusammenfassung

Wasserstoff (H, bzw. als molekulare Form H₂) gilt als die Lösung für die Entkarbonisierung in den Bereichen, in denen eine Elektrifizierung nicht oder nur mit hohen Kosten möglich ist (BMU 2020: 1). Niedersachsen ist, aufgrund der bereits hohen Produktion an erneuerbarem Strom aus On- und Offshore-Windkraft, prädestiniert für die grüne, also CO₂-freie Wasserstoffproduktion (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT, VERKEHR UND DIGITALISIERUNG o.J.: [www](#)). Neben dem erneuerbaren Strom ist auch Wasser für die Herstellung von grünem Wasserstoff erforderlich, welcher mithilfe von Strom während des Elektrolyseprozesses in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird. Für ein Kilogramm Wasserstoff werden neun Liter Wasser benötigt. Hinzu kommt noch der Wasserverbrauch für die Wasseraufbereitung, denn für die Wasserstoffherstellung ist Prozesswasser notwendig, sowie Kühlwasser für die Kühlung der Elektrolyse (BLANCO 2021: [www](#); FIUS 2020: 9; TGA FACHPLANER 2021: [www](#)). Daraus ergeben sich die Fragen, ob und wo in Niedersachsen überhaupt genug Wasser vorhanden ist, um Wasserstoff im großen Stil herstellen zu können, und, wie sich der Klimawandel auf die Wasserverfügbarkeit und den Wasserverbrauch der Raumnutzer auswirken wird. Damit bei der Auswahl der Standorte und bei der Planung der Elektrolyseanlagen direkt erkannt werden kann, ob an einem geplanten Standort für die Wasserstoffherstellung genug Wasser für diese und alle weiteren Raumnutzungen vorhanden ist, wurde in dieser Arbeit eine Methodik entwickelt, die die Wasserverfügbarkeit an dem gewählten Standort dem Wasserverbrauch der Elektrolyse sowie dem derzeitigen Verbrauch der weiteren Raumnutzungen gegenüberstellt. Daraufhin wird berechnet, ob eine Wasserentnahme für die Wasserstoffherstellung noch möglich ist, oder der kritische Punkt der Wasserentnahme, also das Erreichen der Mindestwasserführung bei Fließgewässern oder die Überschreitung einer Auslastung von mehr als 20 % bei Grundwasser, schon überschritten wird – unter der Voraussetzung, dass die derzeitige Wassernutzung aufrecht erhalten wird. Bei einer Überschreitung der verfügbaren Wassermenge, ergäben sich negative Auswirkungen auf die Ökologie des gewählten Standortes (UBA 2019a: [www](#); LAWA 2020: 14). Die entwickelte Methode wurde sowohl für die Entnahme aus Oberflächengewässern, beziehungsweise in diesem Beispiel Flusswasser, als auch für Grundwasserentnahmen entwickelt. Die Berechnungen für die nahe und ferne Zukunft (2021-2050 bzw. 2071-2100) erfolgen dabei nach demselben Prinzip, beziehen jedoch entsprechende prognostizierte Veränderungen in der Wasserverfügbarkeit sowie dem Wasserverbrauch mit ein. So ergibt sich, dass die Wasserentnahmemenge pro Jahr aus der Ems für die Elektrolyse am Beispielstandort Lingen (Landkreis Emsland) kein Problem darstellt, es in Niedrigwasserphasen aber zu zeitweisen Wasserkonkurrenzen und einer daraus folgenden Abschaltung der Wasserentnahme kommen kann. Für die Zukunft liegen, aufgrund zu vieler Ungenauigkeiten und Unsicherheiten bei den Prognosen, keine konkreten

Aussagen vor. Die Wasserentnahme aus dem Grundwasser am Beispielstandort Diele (Landkreis Leer) ist jedoch nicht zu empfehlen, da die bisherigen Entnahmemengen bereits über dem kritischen Punkt liegen und es laut Prognosen im schlimmsten Fall in der fernen Zukunft dazu kommen könnte, dass das Grundwasserdargebot nicht mehr ausreichend ist, um die bisherigen Wasserentnahmen der öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung zu decken. Schwachpunkte der Methode sind, dass diese nur die Gesamtwassermenge pro Jahr betrachtet und deshalb nur berechnet werden kann, ob das Wasserdargebot pro Jahr generell ausreichend ist. Außerdem ist die Anwendung der Methode nur bei ausreichender Datenverfügbarkeit möglich. Fehlen beispielsweise Daten zum genauen Wasserverbrauch der jeweiligen Raumnutzer für das entsprechende Planungsgebiet, können keine Berechnungen durchgeführt werden. Des Weiteren ist noch zu beachten, dass neben dem Haushaltswasserbedarf keine langfristigen Rechtsansprüche anderer Wassernutzer bestehen. Die Wasserkonkurrenz wird also ökonomisch/politisch entschieden, sodass sich beispielsweise die Landwirtschaft dem anpassen muss (SCHLATTMANN et al. 2021). Es geht also grundsätzlich auch um eine Frage der Priorisierung, in dieser Masterarbeit wird jedoch der Status Quo bezüglich des verfügbaren Wassers für die Wasserstoffproduktion betrachtet. Wer in Zukunft wie viel Wasser bekommt, kann sich dementsprechend ändern und sollte auch überdacht werden.

Abstract

Hydrogen (H, or H₂ in its molecular form) is considered the solution for decarbonization in areas where electrification is not possible or only possible at high cost (BMU 2020: 1). Lower Saxony, due to its location on the North Sea and the already high production of renewable electricity from wind power, turns out to be a suitable federal state for green, i.e. CO₂-free hydrogen production (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT, VERKEHR UND DIGITALISIERUNG o.J.: www). In addition to renewable electricity, water is also required for the production of green hydrogen, which is split into hydrogen and oxygen with the help of electricity during the electrolysis process. Nine liters of water are needed to generate one kilogram of hydrogen. In addition, the water consumption for the electrolysis process needs to be considered. The process requires treated water as well as cooling water (BLANCO 2021: www; FIUS 2020: 9; TGA FACHPLANER 2021: www). This raises the questions of whether there is enough water in Lower Saxony to be able to produce hydrogen on a large scale, and how climate change will affect water availability and water consumption by space users. In order to identify if there is enough water at a planned site for hydrogen production and other space users, a methodology was developed. The methodology compares the water availability at the selected site with the water consumption of the electrolysis as well as the other space users. From there, it is calculated if water withdrawal for hydrogen

production is possible. It will not be possible if the critical point of water withdrawal has been reached. The critical point can be defined as reaching the minimum water flow or exceeding a utilization of more than 20 % of groundwater. If this were the case, there would be a negative impact on the ecology of the selected site (UBA 2019a: www; LAWA 2020: 14). This methodology was developed for surface water (in this case river water) and ground water abstraction. The calculations for the near and far future (2021-2050 and 2071-2100, respectively) follow the same principle, but include corresponding projected changes in water availability as well as water consumption. The result is that the water withdrawal quantity per year from the Ems River is not a problem for electrolysis at the example site in Lingen (district of Emsland). However, during low-water phases the water withdrawal may be temporarily shut down. Due to the many uncertainties and inaccuracies in the forecasts, no concrete statements are able to be made about the future. However, water abstraction from groundwater at the example site Diele (district Leer) is not recommended, because the previous abstraction quantities are already above the critical point and according to forecasts it could come in the worst case in the distant future that the groundwater supply is no longer sufficient to cover the previous water abstractions of the public and non-public water supply. The major weakness of the methodology are that it only considers the total amount of water per year and therefore can only calculate whether the water supply per year is generally sufficient. For example, water withdrawals may have to be paused temporarily due to dry periods. Furthermore, the application of the methodology is only possible with sufficient data availability. If, for example, there is a lack of data on the exact water consumption of the respective space users for the corresponding planning area, no calculations can be carried out. Furthermore, it should be noted that there are no long-term legal claims of other water users besides the household water demand. Water competition is therefore decided economically/politically, so that agriculture, for example, must adapt to this (SCHLATTMANN et al. 2021). So basically it is also a question of prioritization, but in this master thesis the status quo regarding the available water for hydrogen production is considered. Who in the future gets how much water may change accordingly and should also be reconsidered.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Zusammenfassung.....	3
Abstract	4
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis.....	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1. Einleitung.....	13
1.1 Anlass	13
1.2 Zielsetzung	14
1.3 Grundlagen	15
1.3.1 Warum Wasserstoff?	15
1.3.2 Wasserelektrolyse	15
1.3.3 Wasserverfügbarkeit und Klimawandel.....	18
1.3.4 Landschaftswasserhaushalt	21
1.3.5 Rechtliche Grundlagen	22
2. Vorgehensweise.....	23
2.1 Literaturrecherche	23
2.2. Datenverarbeitung und -auswertung.....	24
3. Untersuchungsgebiete	28
3.1 Auswahl der Standorte	28
3.2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets Lingen (Ems) mit Landkreis Emsland	29
3.3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets Diele (Weener) mit Landkreis Leer (Ostfriesland).....	36
4. Auswertungskriterien der Daten zur Beantwortung der Forschungsfragen	42
5. Anwendung der Methodik zur Bewertung der Standorteignung bezogen auf den Landschaftswasserhaushalt (Ergebnisse).....	47
5.1 Landkreis Emsland	47
5.1.1 Wasserverfügbarkeit in der Ems und Wasserverbrauch der Elektrolyse	47
5.1.2 Wasserverbrauch anderer Raumnutzungen im Landkreis Emsland	51

5.1.3 Voraussichtliche Änderungen der Wasserverfügbarkeit im Zuge des Klimawandels und sich daraus ergebende Änderungen für den Landschaftswasserhaushalt im Landkreis Emsland	57
5.2 Landkreis Leer	62
5.2.1 Wasserverfügbarkeit aus dem Grundwasser und Wasserverbrauch der Elektrolyse	63
5.2.2 Wasserverbrauch anderer Raumnutzungen im Landkreis Leer	65
5.2.3 Voraussichtliche Änderungen der Wasserverfügbarkeit im Zuge des Klimawandels und sich daraus ergebende Änderungen für den Landschaftswasserhaushalt im Landkreis Leer	66
6. Diskussion	71
6.1 Ergebnisdiskussion.....	71
6.2 Methodendiskussion.....	82
7. Fazit und Ausblick	84
Quellenverzeichnis	87
Anhang	104

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Grafische Darstellung des Aufbaus der Elektrolyse (ELEMENT EINS o.J.a: www) ..	16
Abb. 2: Grafische Darstellung der PEM-Elektrolyse (TÜV NORD o.J.: www)	17
Abb. 3: Der Wasserkreislauf und die Prozesse der Grundwasserneubildung, schematische Darstellung (ERTL et al. 2019: 9)	19
Abb. 4: Mögliche Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser (NLWKN 2020: 2).....	22
Abb. 5: Der Wasserkörper 03001 und der entsprechende Abschnitt der Ems	30
Abb. 6: Lage der Elektrolyseanlage im Landkreis Emsland	31
Abb. 7: Lage des Landkreises Emsland in Niedersachsen	32
Abb. 8: Bodentypen im Landkreis Emsland	33
Abb. 9: Anteile der Flächennutzungen im Landkreis Emsland (Datenquelle: LSN 2022c: www)	34
Abb. 10: Flächennutzungen im Landkreis Emsland	35
Abb. 11: Klimadiagramm Lingen (Datenquelle: DWD 1981-2010)	36
Abb. 12: Ungefähre Lage der Elektrolyseanlage im Landkreis Leer	37
Abb. 13: Lage des Landkreises Leer in Niedersachsen	37
Abb. 14: Bodentypen im Landkreis Leer	39
Abb. 15: Anteile der Flächennutzungen im Landkreis Leer (Datenquelle: LSN 2022d: www).....	39
Abb. 16: Flächennutzungen im Landkreis Leer	40
Abb. 17: Klimadiagramm aus den Daten den Stationen Weener und Emden (Datenquelle: DWD 1981-2010)	41
Abb. 18: Grundwasserkörper im Landkreis Leer	42
Abb. 19: Methodik für die Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve nach Abzug des Wasserverbrauchs durch die Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen	43
Abb. 20: Methodik zur Berechnung des Flusswasserdargebots nach Abzug des Wasserverbrauchs durch die Elektrolyse (und weiterer Raumnutzungen).....	44
Abb. 21: Lage des Pegels Dalum im Landkreis Emsland	48
Abb. 22: Berechnung der letztendlichen Wasserverfügbarkeit in der Ems (Pegel Dalum) abzüglich des Wasserverbrauchs durch die Elektrolyse	50
Abb. 23: Lage der Biotoptypen im Landkreis Emsland	54
Abb. 24: Lage der Biotoptypen im WK 03001	56
Abb. 25: Mögliche prognostizierte Änderungen der Abflüsse für Niedersachsen in der nahen und fernen Zukunft (MU 2019a: 63).....	58
Abb. 26: Tendenz der mittleren Abflüsse des Gesamtjahres am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Datenquellen: BFG 2000-2015; WSA 2022)	59

Abb. 27: Tendenz der mittleren Abflüsse des hydrolog. Sommerhalbjahres am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Datenquellen: BFG 2000-2015; WSA 2022)	59
Abb. 28: Tendenz der mittleren Abflüsse des hydrolog. Winterhalbjahres am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Datenquellen: BFG 2000-2015; WSA 2022)	60
Abb. 29: Grundwasserkörper, die ganz oder teilweise im Landkreis Leer liegen.....	63
Abb. 30: Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen ergibt.....	64
Abb. 31: Veränderung der Grundwasserneubildungsrate im Landkreis Leer in der nahen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010	66
Abb. 32: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate in der nahen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010 im Landkreis Leer	67
Abb. 33: Veränderung der Grundwasserneubildungsrate in der fernen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010 im Landkreis Leer	67
Abb. 34: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate in der fernen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010 im Landkreis Leer	68
Abb. 35: Rechnung zur Bestimmung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer in der nahen Zukunft, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot der nahen Zukunft abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen ergibt.....	70
Abb. 36: Rechnung zur Bestimmung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer in der fernen Zukunft, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot der fernen Zukunft abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen ergibt.....	70
Abb. 37: Berechnung des Flusswasserdargebots der Ems (Pegel Dalum) abzüglich des Verbrauchs der Elektrolyse inklusive Wasseraufbereitung und Kühlung	72
Abb. 38: Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse inklusive Aufbereitung und Kühlung, und des Wasserverbrauchs weiterer Raumnutzungen ergibt.....	74
Abb. 39: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate im Landkreis Leer des schwachen Wandelszenarios (minimale Prognose) in der fernen Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum.....	76
Abb. 40: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate im Landkreis Leer des starken Wandelszenarios (maximale Prognose) in der fernen Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum.....	76

Abb. 41: Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer mit der minimalen Prognose für die ferne Zukunft, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot der fernen Zukunft (min. Prognose) abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse (inkl. Aufbereitung und Kühlung) und weiterer Raumnutzungen ergibt.....	77
Abb. 42: Mittelwert der Rasterwerte, welche die Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate der fernen Zukunft gegenüber der Referenzperiode des Grundwasserkörpers “untere Ems Lockergestein links” anzeigen.....	79
Abb. 43: Entwässerungsgraben (SPIEKERMANN et al. 2018: 13)	80

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bewertungsstufen der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen von Biotoptypen (nach DRACHENFELS 2012).....	26
Tab. 2: Prognosen verschiedener Studien zu zukünftigen Abflüssen in West-Niedersachsen und Tendenzen der bisherigen Abflüsse am Pegel Dalum (Datenquellen: KWB, © LBEG, Hannover, 2022; MU 2019a; ANHALT et al 2021; BFG versch. Jahre; WSA 2022).....	57
Tab. 3: Prognosen des zukünftigen Wasserverbrauchs anderer Raumnutzer im Landkreis Leer	68

Abkürzungsverzeichnis

AE - alkalische Elektrolyse

AEM - Anion Exchange Membrane

DGJ - Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch

DWD - Deutscher Wetterdienst

EE - erneuerbare Energien

FF - far future (ferne Zukunft)

GW - Gigawatt

KKE - Kernkraftwerk Emsland

LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

LGLN - Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen

LK - Landkreis

LROP - Landes-Raumordnungsprogramm

LSN - Landesamt für Statistik Niedersachsen

MNQ - mittlerer Niedrigwasserabfluss

MQ - mittlerer Abfluss

MU - Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz

MW - Megawatt

NF - near future (nahe Zukunft)

NLWKN - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

PEM - Proton Exchange Membrane

PtX - Power-to-X

RCP - Representative Concentration Pathways

TIB - Technische Informationsbibliothek

WHG - Wasserhaushaltsgesetz

WK - Wasserkörper

WRRL - Wasserrahmenrichtlinie

WSA - Wasser- und Schifffahrtsamt

WSV - Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

1. Einleitung

1.1 Anlass

Um die der Bundesregierung beschlossenen Klimaziele zu erreichen und bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu werden, ist es zwingend notwendig, dass Deutschland in Zukunft CO₂-neutral wird. Viele Bereiche, welche aktuell noch auf fossile Energieträger setzen, können stattdessen mithilfe des direkten Einsatzes von Strom aus erneuerbaren Energien CO₂-frei werden. Allerdings gibt es auch Bereiche, zum Beispiel in der Industrie, in denen dies bisher technisch nicht möglich ist. Hierfür wird dann grüner Wasserstoff (sowie Folgeprodukte (PtX)), welcher mittels erneuerbarer Energien hergestellt wird, benötigt (BMU 2020: 1).

In Deutschland sind derzeit besonders die norddeutschen Bundesländer für die Produktion von grünem Wasserstoff im Gespräch, da sie zum Beispiel dank On- und Offshore Windkraft viel Strom aus erneuerbaren Energien herstellen können, welcher (bei einem Überschuss) für die Produktion von grünem Wasserstoff dienen kann (WIRTSCHAFTS- UND VERKEHRSMINISTERIEN DER NORDDEUTSCHEN KÜSTENLÄNDER 2019: 1; BMU 2019: 1). Auch Niedersachsen, als Teilnehmer der Norddeutschen Wasserstoffstrategie, bietet dementsprechende Standortvorteile, um einen Aufbau von Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT, VERKEHR UND DIGITALISIERUNG o.J.: www). Neben einigen, bereits laufenden Einzelprojekten (ebd.) plant Niedersachsen auch den Bau von sogenannten Wasserstoff-Hubs, welche Zentren sowohl der Wasserstoffherstellung (Elektrolyse), als auch der Speicherung, Verteilung und Nutzung werden sollen (LROP Entwurf 2021: 84). Im Entwurf des Landes-Raumordnungsprogramms (LROP) Niedersachsen sind für diese Hubs Gebiete, die bisher als Vorranggebiete Großkraftwerk gesichert waren, vorgesehen (ebd.: 85). Diese haben beispielsweise bereits einen Anschluss an das Gasnetz oder an das Übertragungsnetz (ebd.: 86ff).

Da für die Herstellung von grünem Wasserstoff neben Strom aus erneuerbaren Energien auch Wasser benötigt wird, welches bei der Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird (BMU/PEPPERMINT.DE 2019: www), sollte an den Standorten der Elektrolyse ausreichend Wasser verfügbar sein (BRÜMMER et al. o.J.: 27ff). Neben Daten zum Wasserbedarf für die Elektrolyse existieren beispielsweise auch Daten zu der Ergiebigkeit von Grundwasservorkommen, sodass laut Analyse des *Fraunhofer IFF* bei einer flächenübergreifenden Bewertung keine nachhaltige Beeinträchtigung der Ressource Wasser zu erwarten ist (ebd.; FRAUNHOFER IFF 2020: www). Jedoch ist dies wenig aussagekräftig, da für jeden Standort, aufgrund unterschiedlicher Gegebenheiten, auch eine individuelle Bewertung erfolgen muss (BRÜMMER et al. o.J.: 29). Neben der Ergiebigkeit der

Grundwasservorkommen gibt es weitere Daten, die an den jeweiligen Standorten betrachtet und mit einbezogen werden sollten. So beispielsweise der Bedarf an Wasser, den andere Bereiche, wie etwa die Trinkwasserversorgung oder die Biodiversität, benötigen, oder mögliche zukünftige Veränderungen des Klimas, welche Trockenperioden wahrscheinlicher machen und damit einhergehend einen Konflikt um Wasser auslösen könnten.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Masterarbeit ist eine Bewertung der Eignung von Standorten für die Produktion von Wasserstoff bezogen auf den Landschaftswasserhaushalt. Dabei soll anhand verschiedener Kriterien zum Wasserdargebot, Wasserbedarf sowie zukünftigen klimatischen Veränderungen aufgrund des Klimawandels eine Bewertungsmethodik entwickelt und auf zwei Beispielstandorte angewendet werden. Grundsätzlich wird in dieser Arbeit keine Priorisierung bestimmter Wassernutzungen vorgenommen, sondern der Status quo der Entnahmen zugrunde gelegt. Ist der nicht mehr gegeben, wird von einem Konflikt bei der Wasserstoffproduktion ausgegangen.

Folgende Forschungsfragen sollen in der Arbeit beantwortet werden:

1. **Gibt es an den ausgewählten geplanten Standorten für die Elektrolyseure genug Wasser für die Herstellung von Wasserstoff?**
 - a. Welches Wasser wird in Niedersachsen für die Wasserstoffproduktion genutzt und wie muss dieses aufbereitet werden?
 - b. Wie viel Wasser kann an den Standorten entnommen werden, bis ein kritischer Punkt erreicht wird und wie wird dieser Punkt definiert?
2. **Wie hoch ist der derzeitige Wasserbedarf anderer Raumnutzungen an den ausgewählten Standorten und kommt es dadurch zu Konflikten?**
3. **Wie wird sich die Wasserverfügbarkeit an den ausgewählten Standorten im Zuge des Klimawandels voraussichtlich verändern und welche Auswirkungen ergeben sich daraus?**

1.3 Grundlagen

1.3.1 Warum Wasserstoff?

Wasserstoff (H_2) zählt als die Lösung für eine Entkarbonisierung von Bereichen, in denen eine Elektrifizierung nicht möglich ist oder die Kosten zu hoch sind, wie zum Beispiel in der Industrie (BMU 2020: 1; SRU 2021: 6). Werden bei der Herstellung von Wasserstoff erneuerbare Energien genutzt, ist diese komplett Treibhausgas frei. Zusätzlich kann Wasserstoff in einem ausschließlich aus erneuerbaren Energien bestehendem Stromsystem bei einem Überschuss an Strom gespeichert werden und für Zeiträume, in denen es zu einem Mangel an Strom kommt, genutzt werden (SRU 2021: 6; SHELL 2017: 16).

1.3.2 Wasserelektrolyse

Da Wasserstoff auf der Erde hauptsächlich in gebundener Form vorkommt, zum größten Teil in Verbindung mit Sauerstoff (O_2) als Wasser (H_2O) oder Wasserdampf, muss dieser mittels Energie aus der gebundenen Form abgespalten werden (SHELL 2017: 7; BDEW o.J.: www). Handelt es sich bei der genutzten Energie um Strom, wird dieser Prozess Elektrolyse genannt (TÜV NORD o.J.: www; SRU 2021: 7). Wird als Ausgangsstoff Wasser benutzt, wird auch von Wasserelektrolyse gesprochen (TÜV NORD o.J.: www). Für die Herstellung von grünem Wasserstoff, also Wasserstoff aus erneuerbaren Energien, wird Wasser mithilfe des elektrischen Stroms in Sauerstoff als Nebenprodukt und Wasserstoff als gewünschtes Produkt zerlegt (SHELL 2017: 15; TÜV NORD o.J.: www).

Elektrolyseure bestehen aus "einer Gleichstromquelle sowie zwei mit Edelmetallen beschichteten Elektroden, die von einem Elektrolyt getrennt werden." (SHELL 2017: 14) (s. Abb. 1).

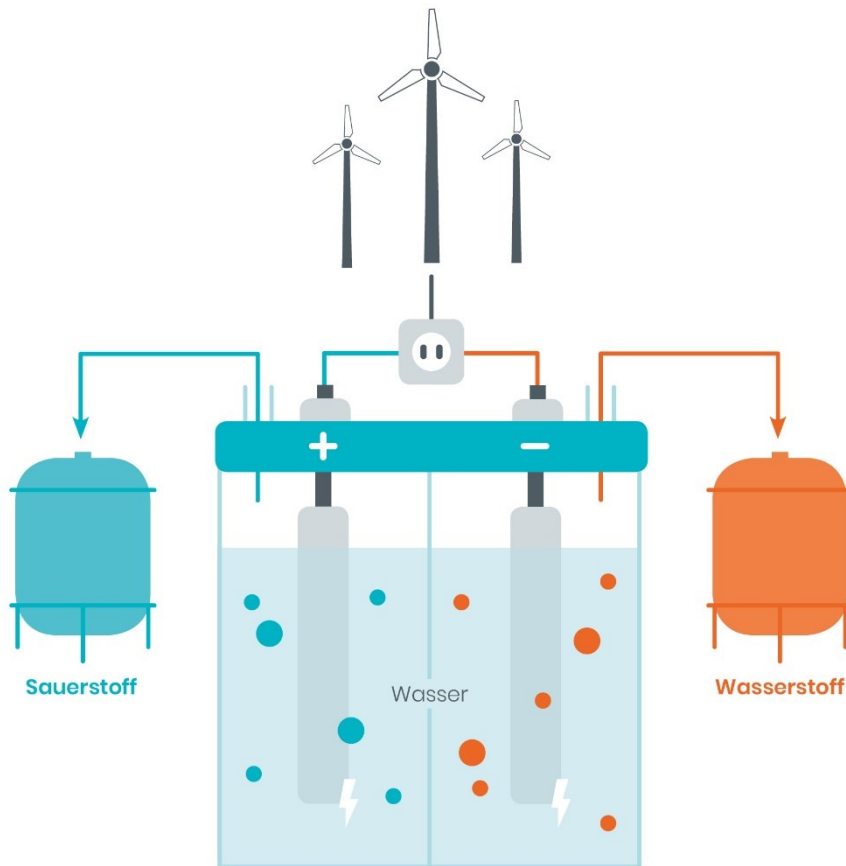


Abb. 1: Grafische Darstellung des Aufbaus der Elektrolyse (ELEMENT EINS o.J.a: www)

Es gibt verschiedene Arten von Elektrolyseuren. Diese werden unterschieden nach der Betriebstemperatur sowie den Elektrolytmaterialien: Die alkalische Elektrolyse (AE), die Proton Exchange Membrane Elektrolyse (PEM-Elektrolyse) und die Anion Exchange Membrane (AEM) Elektrolyse gehören zu den Niedrigtemperaturelektrolysen und sind auch auf dem Markt verfügbar, wobei die AEM-Elektrolyse gerade erst im Kommen ist. Die Hochtemperaturelektrolyse befindet sich derzeit noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium (SHELL 2017: 15).

Da die PEM-Elektrolyse eine hohe Effizienz aufweist und am flexibelsten auf Lastschwankungen, also ein schwankendes Angebot an erneuerbarem Strom, reagiert, eignet sich diese am besten für die grüne Wasserstoffherstellung (TÜV NORD o.J.: www; HEINEMANN & KASTEN 2019: 18). Die hohe Effizienz erhält die PEM-Elektrolyse durch einen Festpolymer-Elektrolyt (s. Abb. 2) anstelle eines flüssigen Elektrolyts, wie er bei der AE zum Einsatz kommt. Diese sogenannte "Proton Exchange Membrane" ist deshalb auch Namensgeber der PEM-Elektrolyse (TÜV NORD o.J.: www).

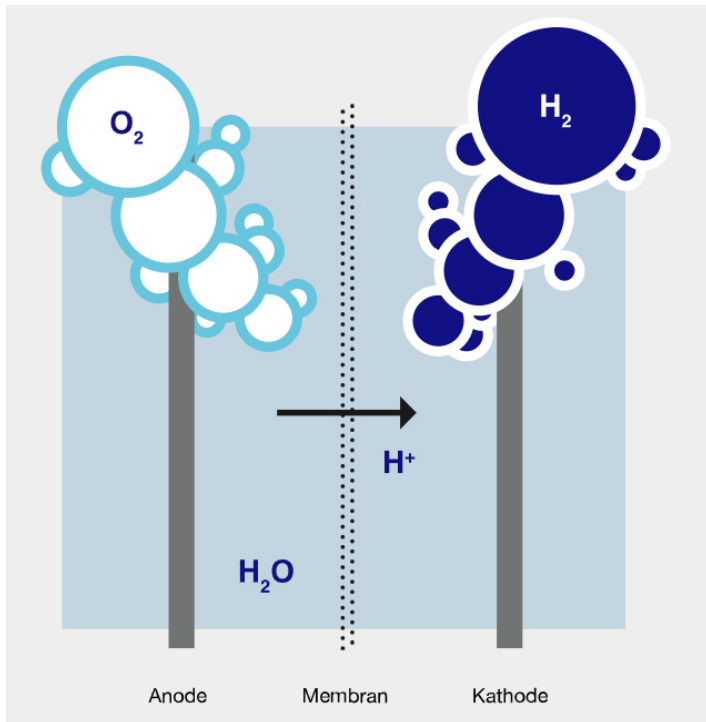


Abb. 2: Grafische Darstellung der PEM-Elektrolyse (TÜV NORD o.J.: [www](http://www.tuv-nord.de))

Der Wirkungsgrad der Elektrolyseure liegt aktuell bei ca. 67 %, das heißt etwa ein Drittel der eingesteckten Energie geht verloren (SRU 2021: 29).

Für die Herstellung von einem Kilogramm Wasserstoff mittels PEM-Elektrolyse werden ca. neun Liter reines Wasser benötigt. Hierbei handelt es sich jedoch um den stöchiometrischen Wert, sprich allein das Wasser, was für die Wasserelektrolyse benutzt wird (ALTGELT et al. 2019: 3; GET H₂ o.J.b: [www](http://www.get-h2.de)). In anderen Quellen werden Werte zwischen 10 - 20 Liter Wasser angegeben (SRU 2021: 29).

In der *Studie Quo vadis, Elektrolyse?* (BRÜMMER et al. o.J.) wird als Wert für einen Kubikmeter Wasserstoff ein Liter Wasser angenommen, woraus sich für einen Elektrolyseur mit 500 MW ein Wasserbedarf von 100.000 Litern pro Stunde ergibt (bei angenommenen 5000 Vollbenutzungsstunden und einem jährlichen Bedarf von 500.000 Kubikmetern Wasserstoff) (BRÜMMER et al. o.J.: 29). Zum Vergleich: Der jährliche Bedarf eines 500 MW Elektrolyseurs würde ca. dem privaten Wasserverbrauch von 11.000 Personen entsprechen. Und die Kühlung eines Kohlekraftwerkes benötigt das 10-fache dieser Menge pro Jahr (ebd.). Da in dieser Arbeit erstmal nur allein der Wasserverbrauch für die Elektrolyse, also der stöchiometrische Wert, betrachtet wird, wird im späteren Verlauf der Arbeit (vgl. Kap. 5) mit neun Litern Wasser für ein Kilogramm Wasserstoff gerechnet.

Damit reines Wasser bzw. sogenanntes Reinstwasser für die Elektrolyse bereitsteht, muss zunächst das Rohwasser entmineralisiert werden, damit sich keine Salzablagerungen in den Elektrolyseuren bilden. Dies geschieht mithilfe von Reinstwasser- Vollentsalzungsanlagen (Mineralstoffe = Salze) (Jabs 2021: www). Je höher der Salzgehalt ist, desto mehr Rohwasser wird benötigt. Meerwasser benötigt dementsprechend besonders viel (TGA-FACHPLANER 2021: www). Für die Reinigung sind teils mehrere Reinigungsschritte notwendig, so kann das Rohwasser nach der ersten Reinigungsstufe bereits als Kühlwasser (Filtrat) verwendet werden und nach weiteren Reinigungsschritten dann als demineralisiertes Prozesswasser (Deionat) für den Elektrolyseprozess genutzt werden (TENZER 2022: schriftl. Mitteilung). Neben dem Wasser, was bei der Aufbereitung verbraucht wird, wird auch Wasser für die Kühlung der Elektrolyse genutzt und teilweise durch Verdunstung verbraucht. Bei der Wasseraufbereitung sind im Schnitt etwa 2,5 Liter Rohwasser für einen Liter Reinstwasser notwendig, bei der Kühlung verdunsten etwa 4,5 Liter Wasser pro Kilogramm Wasserstoff (BLANCO 2021: www; FIUS 2020: 9; TGA FACHPLANER 2021: www). Daraus ergibt sich im Schnitt ein Wasserverbrauch inklusive Aufbereitung von 22,5 Litern pro Kilogramm Wasserstoff (TGA FACHPLANER 2021: www). Mit Kühlung kommen so etwa 27 Liter Wasser pro Kilogramm Wasserstoff zusammen. Wird diese Menge nun mit dem Verbrauch eines Kohlekraftwerks verglichen, ergibt sich Folgendes:

Verbrauch Kohlekraftwerk 800 MW und 4500 Volllaststunden: **5.000.000 m³/a** (BRÜMMER et al. (o.J.): 28)

Verbrauch Wasserstoffproduktion 800 MW und 4500 Volllaststunden bei 2 t H₂/ h/100 MW:

$$27 \text{ l} * 2000 * 4500 * 8 = \mathbf{1.944.000 \text{ m}^3/\text{a}}$$

Die 2000 stehen dabei für die zwei Tonnen (2000 kg) pro Stunde, die 4500 für die Anzahl der Volllaststunden und das Ganze wird noch mit 8 multipliziert, da sich die zwei Tonnen Wasserstoff pro Stunde auf die Leistung einer 100 MW Elektrolyse beziehen und hier der Verbrauch von 800 MW berechnet werden soll (GET H₂ o.J.c: www).

1.3.3 Wasserverfügbarkeit und Klimawandel

In Niedersachsen wird der Großteil des Wassers für die öffentliche Wasserversorgung aus dem Grundwasser entnommen (LSN 2019a: 6f). Im Jahr 2016 wurde beispielsweise 86 % des Trinkwassers aus Grundwasser entnommen und ca. 12 % kamen aus See- und Talsperrenwasser (LSN 2019a: 5). Hieraus lässt sich ableiten, dass besonders die Grundwasserneubildungsrate für die jetzige und zukünftige Wasserversorgung (insbesondere die Trinkwasserversorgung) ein wichtiger Faktor ist. Der Hauptlieferant für die Grundwasserneubildung ist versickerndes Niederschlagswasser. Zudem kann Wasser aus Oberflächengewässern hinzuströmen. Zur Berechnung der Grundwasserneubildungsrate wird

außerdem die Verdunstung (Evaporation und Transpiration) benötigt (s. Abb. 3) (ERTL et al. 2019: 8).

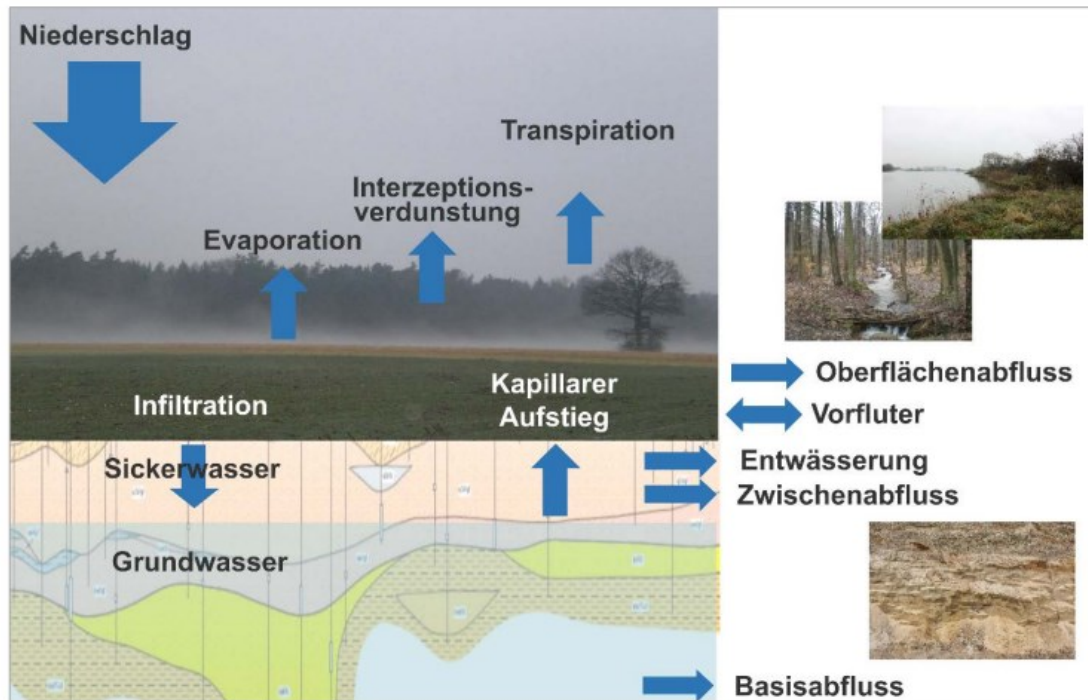


Abb. 3: Der Wasserkreislauf und die Prozesse der Grundwasserneubildung, schematische Darstellung (ERTL et al. 2019: 9)

Je nach Niederschlagsmenge und -verteilung, Bodendurchlässigkeit, Bewuchs, Relief der Bodenoberfläche und dem Grundwasserflurstand variiert die Grundwasserneubildung (LBEG o.J.a: www). Durch die größere Menge und die höhere Versickerung an Niederschlägen im Winter, ist zu dieser Zeit die Neubildung besonders hoch, während im Sommer ein großer Teil bereits an der Oberfläche verdunstet oder durch Pflanzen aufgenommen wird (ebd.). Auch wenn die Grundwasserneubildungsrate hoch ist, kann es möglich sein, dass die Entnahmebedingungen schlecht sind, dies trifft beispielsweise für das Niedersächsische Bergland zu. In den Geestflächen im norddeutschen Tiefland hingegen ist die Neubildung sowie die Entnahme sehr gut (MU o.J.a: www).

Durch den Klimawandel wird es zu Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate sowie generell des Landschaftswasserhaushaltes kommen. Um Veränderungen abschätzen zu können, werden statt bisheriger gemessener Klimadaten Daten aus Klimamodellen genutzt (LBEG o.J.b: www). Das LBEG nutzt dafür das Emissionsszenario RCP8.5 des Weltklimarats IPCC, welches davon ausgeht, dass die Emissionen weiter ansteigen und keine CO₂-Neutralität erreicht wird (ebd.). Weitere Szenarien sind RCP2.6, welches ungefähr dem angepeilten 2-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens entspricht, sowie RCP4.5, welches

zwischen den beiden anderen liegt (LAWA 2017: 21). Untersucht werden die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft) sowie 2071-2100 (ferne Zukunft), Referenzzeitraum ist meist 1971-2000 oder 1981-2010 (ebd.; vgl. Kap. 2.2).

Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt können unter anderem sein:

Eine Umverteilung der Niederschläge in Richtung Winterhalbjahr und somit eine Erhöhung der Grundwasserneubildungsrate im Winter durch mehr Niederschläge, welche jedoch durch eine längere Vegetationsperiode kompensiert werden könnte aufgrund höherer Evapotranspiration (LAWA 2017: 44; BUND 2020: 5). Gleichzeitig würden sich durch trockenere Sommer auch die Konflikte zwischen Trinkwasserversorgung und Landwirtschaft sowie weiterer Raumnutzungen erhöhen und es käme zu negativen Auswirkungen auf viele Ökosysteme (LBEG o.J.b: www). Dies zeichnet sich bereits heute ab (LAWA 2017: 44). Ebenso könnte es zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels kommen. Auch Starkregenereignisse im Sommer würden vermutlich nicht sehr zur Grundwasserneubildung beitragen, aufgrund des erhöhten Abflusses durch ausgetrocknete Böden (ebd.). Generell werden sich die zukünftigen Entwicklungen sehr stark regional und lokal unterschiedlich ausprägen und die Menge der Wasserentnahme muss an diese angepasst werden (ebd.).

Bei Fließgewässern ergeben sich durch die Klimawandel bedingten Veränderungen der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse Änderungen im Abflussgeschehen (UBA 2019b: www). Sowohl die Abflussmenge als auch die Verteilung der Abflüsse über das Jahr werden sich ändern und haben sich teilweise auch schon geändert. So sind beispielsweise schon Änderungen in der Abflusshöhe im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) erkennbar, diese zeigen einen fallenden Trend (ebd.). Niedrigwasserereignisse werden in Zukunft vermutlich vermehrt auftreten, insbesondere in den Sommermonaten (UBA 2019c: www). Häufiges Niedrigwasser und dadurch niedrigere Fließgeschwindigkeiten haben Auswirkungen auf die Ökologie und die Nutzung der Gewässer. Das Wasser erhitzt sich dadurch schneller und begünstigt das Pflanzenwachstum, insbesondere Algen profitieren davon, was jedoch zu einer geringeren Sauerstoffkonzentration führt, worunter dann auch Flusslebewesen, wie Fische, leiden. Außerdem werden eingeleitete Schadstoffe weniger verdünnt, sodass die Schadstoffkonzentration steigt (ebd.; BUND 2020: 9). Auch die Nutzungen der Fließgewässer durch den Menschen leiden unter zu niedrigem Wasser, wenn dadurch zum Beispiel kein Schiffsverkehr mehr möglich ist, kein Kühlwasser für Kraftwerke entnommen werden kann oder es zu Ernteaussfällen kommt, da die Landwirtschaft nicht genug Wasser zum Begießen entnehmen kann (MU 2019a: 49; BUND 2020: 9). Es zeigt sich also, dass es zu Nutzungskonflikten kommen kann, die sich durch weitere Wasserentnahmen nur gegenseitig verstärken und mit einem Wasserentnahmeverbot einhergehen könnten, damit es

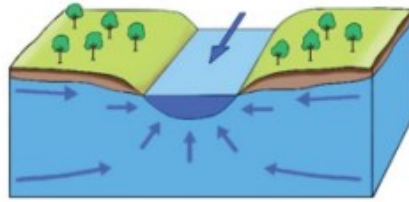
nicht zu nachhaltig ökologischen Beeinträchtigungen der Fließgewässer und weiterer Oberflächengewässer kommt (BUND 2020: 10).

Neben dem Grundwasser und den Oberflächengewässern an sich kommt es mit sinkendem Grundwasserspiegel und/oder sinkenden Abflüssen sowie Entwässerung auch zu Beeinträchtigungen von Biotoptypen, welche von Grundwasserständen abhängig sind, durch Wasser genährt werden, stauwasserabhängig oder auf regelmäßige Überflutungen angewiesen sind (DRACHENFELS 2012: 5).

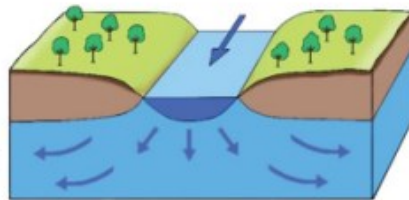
1.3.4 Landschaftswasserhaushalt

Der Landschaftswasserhaushalt umfasst den Wasserkreislauf einer Landschaft, also Niederschlag, Infiltration, Grundwasserneubildung, Abfluss sowie Evapotranspiration. Je nach Art der Landschaft, ob natürlich oder anthropogen geprägt, wird der Wasserkreislauf unterschiedlich beeinflusst. Stadtlandschaften mit hoher Versiegelung haben beispielsweise eine niedrigere Infiltration als landwirtschaftlich genutzte Flächen. Außerdem ist die Infiltration von Wasser abhängig von der Bodenart, und Transpiration, Evaporation und Interzeption sind abhängig von der Art und der Menge von Pflanzen auf einer Fläche. Gleiches gilt für die Grundwasserneubildungs- und die Abflussrate (SPEKTRUM o.J.: www). Zusammengefasst ist die Wasserbilanz oder eben der Wasserhaushalt, also **Niederschlag und Zufluss minus Abfluss und Verdunstung**, abhängig von der Topografie, der Geologie, den Böden, der Vegetation und der Art der Nutzung (UNI OL 2013a: www; UNI OL 2013b: www). Der Wasserkreislauf zeigt auf, dass Grundwasser, Oberflächenwasser und Boden starke Wechselwirkungen haben und miteinander verflochten sind (vgl. Abb. 3; MU 2019: 49). Einerseits kann der Grundwasserstand so hoch sein, dass dieser als Zustrom für ein oberirdisches Gewässer dient, andererseits kann das oberirdische Gewässer einen Zustrom in das Grundwasser haben. Es kann aber auch kein hydraulischer Kontakt möglich sein (s. Abb. 4; NLWKN 2020: 2).

oberirdisches Gewässer mit
Zustrom aus dem
Grundwasser (effluent)



oberirdisches Gewässer mit
Zustrom in das Grundwasser
(influent)



oberirdisches Gewässer
ohne hydraulischen Kontakt
mit dem Grundwasser
(influent, Bildung einer
Grundwasseraufhöhung)

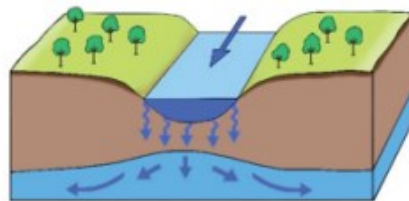


Abb. 4: Mögliche Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser (NLWKN 2020: 2)

Durch diese Zusammenhänge und der gegenseitigen Beeinflussung zwischen Grund- und Oberflächenwasser sind folglich neben den eindeutig grundwasserabhängigen Biotoptypen (wie z.B. Niedermoore) auch Biotoptypen der Oberflächengewässer (wie z.B. Flüsse) von Grundwasserstandsabsenkungen betroffen (DRACHENFELS 2012: 5; NLWKN 2020: 2; LBEG 2021: 3).

1.3.5 Rechtliche Grundlagen

Der rechtliche Rahmen zur Wasserbewirtschaftung wird durch die "Wasserrahmenrichtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates (EG-WRRL)" gegeben. Diese wird auf Bundesebene im "Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG)" und auf Landesebene im "Niedersächsischen Wassergesetz (NWG)" in nationales Recht umgesetzt (NLWKN o.J.a: www). Zudem gibt es eine "Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV)" sowie eine "Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung -OGewV)". Zweck all dieser Richtlinien, Gesetze und Verordnungen ist es, "durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als

Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen.“ (§ 1 WHG). Wer die Gewässer benutzen will, muss die wasserrechtlichen Anforderungen, welche sich auch mit den klimatischen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt befassen, berücksichtigen. Laut §5 Absatz 1 WHG ist deshalb jeder dazu verpflichtet, Wasser “mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt“ (§5 Absatz 1 WHG) sparsam zu verwenden sowie die “Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes zu erhalten“ (ebd.). Wer ein Gewässer benutzen will, benötigt eine Erlaubnis, sofern es nicht im WHG anders bestimmt ist (§8 WHG). Benutzungen sind beispielsweise die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern oder dem Grundwasser (§9 WHG). Die Gewässernutzung wird verweigert, wenn “nicht vermeidbare oder ausgleichbare Gewässerveränderungen zu erwarten sind“ (§12 Absatz 1 WHG). Bei Oberflächengewässern wäre das zum Beispiel eine Veränderung der Abflussmenge (sodass die Mindestwasserführung nicht mehr gegeben ist) (§33 WHG), und bei Grundwässern eine Verschlechterung des mengenmäßigen und chemischen Zustands (§47 Absatz 1 WHG). Als guter mengenmäßiger Zustand ist in §47 Absatz 1 WHG “ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung“ definiert.

2. Vorgehensweise

2.1 Literaturrecherche

Für die Erstellung der Grundlagenkapitel erfolgte zunächst eine Literaturrecherche mithilfe des Internets. Gesucht wurde in den gängigen Suchmaschinen sowie Google, Google Scholar und dem TIB-Katalog nach Begriffen wie “Wasserstoff”, “Wasserelektrolyse”, “Wasserverfügbarkeit in Niedersachsen”, “Klimaszenarien”, “Grundwasserneubildung”, “Wasserrahmenrichtlinie” etc. Außerdem wurde auch direkt auf den Seiten des Umweltbundesamts (UBA) sowie des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) und den Seiten des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) sowie des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) nach den Themen gesucht. Ebenso wurden in Studien (zum Thema Wasserstoff) verwendete Quellen durchgeschaut, um weiterführende Literatur zu finden. Die Auswahl der Untersuchungsgebiete erfolgte anhand des Entwurfs des LROPs sowie mithilfe der Recherche nach aktuellen Wasserstoffprojekten in Niedersachsen (vgl. Kap. 3.1). Anschließend wurden ausgewählten Projekte bezüglich ihrer Wassernutzung befragt, sofern dies nicht bereits ersichtlich war, sodass anschließend jeweils ein Projekt für die Oberflächenwassernutzung (in dieser Arbeit Flusswasser) und eins für die Grundwassernutzung gewählt werden konnte. Die Unterteilung in Oberflächen- und Grundwasser erfolgte, da sich die Parameter zur Bestimmung des Dargebots unterscheiden (langjähriger mittlerer Abfluss in m^3/s sowie Grundwasserdargebot/Grundwasserneubildung in m^3/a) und auch sonst eine derartige

Aufteilung der Gewässer üblicherweise erfolgt (vgl. z. B. WHG § 3), wenngleich in den meisten Fällen ein Zusammenhang zwischen Oberflächen- und Grundwasser besteht (MU 2019: 49). Auch wurde bei der Auswahl der Projekte darauf geachtet, dass diese eine möglichst hohe Leistung (mind. 100 MW) hat, da diese einen größeren und wahrscheinlich sichtbaren Einfluss auf den Landschaftswasserhaushalt haben und mögliche Konflikte so besser deutlich werden.

Die Vorgehensweise zur Auswahl der Parameter zur Bestimmung des Wasserdargebots und des Wasserverbrauchs wird in Kapitel 4 beschrieben.

2.2. Datenverarbeitung und -auswertung

Die Daten für die Grundlagenkarten in Kapitel 3 konnten beim Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN), über den Umweltkartendienst des MU (umweltkarten-niedersachsen.de) sowie bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) als shape-Datei heruntergeladen werden. Die GIS-Datei zu den Biotoptypen in Niedersachsen stand als Download beim Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) zur Verfügung. Die Shape-Dateien zu der Grundwasserneubildung jetzt und in Zukunft wurden durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) bereitgestellt. Daten zu den Flächennutzungen sowie zur öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung waren beim Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) einsehbar und als Excel-Datei zur Weiterverarbeitung herunterladbar. Bezüglich der nichtöffentlichen Wasserversorgung ist noch zu erwähnen, dass in den Statistiken nur Wasserentnahmen gezählt werden, welche mehr als 2000 m³ pro Jahr betragen (LSN 2022b). Kleinere Entnahmemengen können deshalb in dieser Arbeit nicht betrachtet werden. Die Abflussdaten der Ems wurden durch den NLWKN bzw. durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) bereitgestellt. Daten zu den Wasserrechten sind in der NLWKN-Landesdatenbank (NLWKN 2022c) unter dem Punkt "Wasserrechte" einsehbar und herunterladbar. Eine Liste aller Daten, mit denen gearbeitet wurde, findet sich in Anhang 8.

Für die Auswertung und Berechnung der Daten wurde mit ArcGIS Pro sowie Excel gearbeitet. Die Grundlagenkarten zum Boden und zu den (Grund-)Wasserkörpern wurden entsprechend des jeweiligen Untersuchungsraumes (Landkreis) in GIS geclippt. Bei der Bodenkarte (BK50) wurden Bodentypen entsprechend ihres Hauptbodentyps nach dem BK50 Erläuterungsheft zusammengefasst, um eine bessere Übersicht zu erhalten und da eine genauere Betrachtung für diese Arbeit nicht notwendig war (EVERTSBUSCH et al. 2017: 17ff).

Die Auswahl der Beispielstandorte erfolgte mithilfe des Entwurfs (Stand: Dez. 2021) des LROP Niedersachsen und den dort (zukünftig) ausgewiesenen Vorranggebieten für Großkraftwerke, die zu Vorranggebieten für Wasserstoff-Hubs werden (sollen) sowie mithilfe der Seite wasserstoff-niedersachsen.de, welche Informationen zu Wasserstoff-Projekten in

Niedersachsen bietet. Ebenso wurde die Studie "Quo vadis, Elektrolyse?" (BRÜMMER et al. o.J.) herangezogen, da in dieser potenzielle Standorte für Power-to-Gas-Anlagen im nordwestlichen Niedersachsen untersucht und nach verschiedenen Kriterien bewertet wurden. Durch die Befragung des Projektes GET H2 konnte herausgefunden werden, dass an dem Standort Lingen Wasser aus der Ems für die Elektrolyse genutzt werden soll, und auf der Projektseite des Projektes Element EINS konnte die Wassernutzung aus dem Grundwasser bzw. der öffentlichen Wasserversorgung festgestellt werden (TENZER 2022: schriftl. Mitteilung; ELEMENT EINS 2020: www). Letztendlich habe ich mich deshalb für die Wasserstoffprojekte an den Standorten **Lingen (Ems)** und **Diele (Weener/Ostfriesland)** entschieden.

Datenauswertung Oberflächenwasser (Flusswasser)

Anhand der Lage der Elektrolyseanlage wurde der Wasserkörper ausgewählt, aus welchem zukünftig (vermutlich) das Wasser für die Elektrolyse entnommen wird. Für die Bestimmung der Parameter mittlerer Abfluss (MQ) (Jahr, Sommer, Winter) und mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) wurde die flussabwärts der Elektrolyseanlage nächstliegende Pegelmessstelle ausgewählt und die dort gemessenen Daten als Parameter für das Wasserdargebot (als MQ angegeben) und die Mindestwasserführung (als MNQ angegeben) genutzt. Für den MQ standen die Zeiträume 1965-2019 sowie 2000-2020 zur Verfügung. Entsprechend der in Kapitel 4 beschriebenen Methodik wurde davon der Verbrauch der Elektrolyseanlage abgezogen. Der Verbrauch ergibt sich aus der MW-Leistung, dem stöchiometrischen Wert des Wasserverbrauchs bei der Elektrolyse für ein Kilogramm H₂, den Volllaststunden sowie dem Gewicht an Wasserstoff, welches pro Stunde produziert werden kann (vgl. Kap. 5.1.1 & 5.2.1). Soll nicht nur der stöchiometrische Verbrauch errechnet werden, kommen noch der Verbrauch für die Wasseraufbereitung sowie die Kühlung hinzu (BLANCO 2021: www; FIUS 2020: 9; TGA FACHPLANNER 2021: www). Die notwendigen genannten Angaben konnten auf der Projekt-Internetseite eingesehen werden (GET H2 o.J.b,c: www). Da der Verbrauch pro Jahr angegeben wurde, wurde er als Verbrauch in m³/s umgerechnet. Zusätzlich wurde der Verbrauch in m³/s für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr berechnet, angepasst an die in Niedersachsen produzierten Windkraftleistungen im hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahr (vgl. Kap. 5.1.1). Der Abzug des Verbrauchs anderer Raumnutzungen vom MQ entfällt hier, da die bisherigen Wasserentnahmen sich bereits im gemessenen MQ widerspiegeln.

Um herauszufinden, welche wasserempfindlichen Biotoptypen sich im Landkreis sowie im sich durch die Elektrolyse verändernden Wasserkörper befinden, wurde mithilfe von GIS eine Liste der sich in den Bereichen befindlichen Biotoptypen erstellt und anschließend diese Liste in

Excel um die Wasser-Empfindlichkeitsstufen (nach DRACHENFELS 2012; s. Tab. 1) der vorkommenden Biotoptypen ergänzt.

Olaf von DRACHENFELS (2012) hat, auf Basis von RASPER (2004), eine Einstufung der Biotoptypen hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen (beispielsweise "Veränderungen des Wasserhaushalts durch oberflächliche Entwässerung" (DRACHENFELS 2012: 5), aber auch jegliche "andere Eingriffe in den Wasserhaushalt" (ebd.)) und ihrer Grundwasserabhängigkeit vorgenommen (DRACHENFELS 2012: 5). Die Bewertungsstufen reichen von +++ (sehr hohe Empfindlichkeit) bis - (geringe oder keine Empfindlichkeit) (s. Tab. 1).

Tab. 1: Bewertungsstufen der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen von Biotoptypen (nach DRACHENFELS 2012)

+++	sehr hohe Empfindlichkeit, i.d.R. grundwasserabhängig (ganzjährig hoher Grundwasserstand erforderlich)
++h	Hochmoorbiotope mit sehr hoher Empfindlichkeit, aber eigenem ombrogenen Wasserkörper
++	hohe Empfindlichkeit, oft grundwasser-, häufig aber auch überflutungs- oder stauwasserabhängig
+	mittlere Empfindlichkeit, grund- oder stauwasserabhängig mit größerem natürlichem Schwankungsbereich
(+)	überwiegend geringe oder keine Empfindlichkeit, mittlere Empfindlichkeit bei feuchteren, grundwasser- oder stauwasserabhängigen Ausprägungen
G	Binnengewässer

Mithilfe der Shape-Datei zur Biotoptypenkartierung in Niedersachsen (NLWKN 2019: www) wurden alle vorhandenen Biotoptypen im Emsland (mittels Clip-Feature) ermittelt und die Attributtabelle als Excel-Datei heruntergeladen. Anschließend wurde mithilfe des DRACHENFELS (2012) für jeden im Emsland vorhandenen Biotoptypen die entsprechende Empfindlichkeit in die Excel-Tabelle eingetragen. Allerdings sind meistens mehrere Biotoptypen in einem Polygon in der Shape-Datei zusammengefasst, sodass nicht genau genannt oder erkannt werden kann, wie viele unterschiedliche Biotoptypen im Emsland vorkommen und wie viele davon eine Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen haben. Es kann aber gesagt werden, ob insgesamt viele oder wenige Biotoptypen am Standort empfindlich sind oder nicht.

Da für die Zukunft keine Prognosen für den Pegel Dalum vorliegen, war hier nur eine grobe Vermutung für die Pegelveränderungen möglich, abgeleitet aus der klimatischen Wasserbilanz (KWB, © LBEG, Hannover, 2022), der Tendenz der Pegel der Jahre 2000-2020 (BFG/WSA Ems-Nordsee) sowie Prognosen zu anderen Pegeln im westlichen Niedersachsen (MU 2019a; ANHALT et al. 2021) (s. auch Kap. 5.1.3). Die Prognosen zu den Wasserbedarfen anderer Raumnutzungen wurden aus dem Wasserversorgungskonzept Niedersachsen abgeleitet, auch, wenn sich dieses hauptsächlich auf Grundwasser bezieht (MU 2022b). Im Wasserversorgungskonzept werden allerdings nur Angaben für die Jahre 2030 und 2050 gegeben, weshalb dann im Folgenden die Angaben für das Jahr 2030 gleichgesetzt werden mit der nahen Zukunft, und die Angaben für das Jahr 2050 mit der fernen Zukunft, obwohl beide Jahre sich eigentlich im Zeitraum der nahen Zukunft (2021-2050) befinden (MU 2022a). Die Prognosen des Wasserverbrauchs für die eigentliche ferne Zukunft (2071-2100) könnten also noch drastischer ausfallen, als in dieser Arbeit berechnet.

Zur Berechnung der maximal möglichen installierbaren Elektrolyseleistung dient folgende Gleichung: **$MQ - MNQ$ (Spielraum) / Verbrauch der Anlage * Anlagenleistung = max. MW-Leistung.**

Datenauswertung Grundwasser

Zur Bestimmung des Grundwasserdargebots wurden mithilfe des Clip-Tools in GIS die im Landkreis vorkommenden Grundwasserkörper sowie deren Anteil im Landkreis ermittelt und dann das, je nach Flächenanteil im Landkreis, entsprechende Volumen (nutzbares Grundwasserdargebot sowie nutzbare Grundwasserdargebotsreserve) mithilfe der Tab. 1 des RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015 errechnet. Auch hier wurde der Verbrauch der Elektrolyse entsprechend den Angaben des Projekts ermittelt (ELEMENT EINS o.J.b: www). Anschließend wurde dieser von der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve, welche bereits genehmigte Entnahmen der anderen Raumnutzungen enthält, abgezogen (Tab. 1 des RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015). Zudem wurde selbst eine nutzbare Grundwasserdargebotsreserve ermittelt, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot des Landkreises abzüglich der in den Statistiken des LSN aufgeführten Grundwasserentnahmen des Landkreises sowie dem Verbrauch durch die Elektrolyse ergibt (LSN 2022a, b). Die Auslastung des nutzbaren Grundwasserdargebots wurde berechnet, indem der Wasserverbrauch durch das nutzbare Grundwasserdargebot geteilt wird.

Für die Biotoptypen wurde nach demselben Prinzip vorgegangen, wie bei dem Oberflächenwasser beschrieben, jedoch nicht auf Wasserkörper bezogen, sondern ausschließlich auf den ganzen Landkreis, abzüglich Borkum.

Für die Ermittlung des Grundwasserdargebots im Landkreis in der nahen und fernen Zukunft wurde mithilfe von ArcGIS Pro die Änderung (in %) der Grundwasserneubildungsrate der Referenzperiode (1981-2010) hin zu den prognostizierten Grundwasserneubildungen der nahen und fernen Zukunft (jeweils des mittleren Szenarios, NFmean bzw. FFmean) berechnet. Diese Daten liegen als Rasterdaten vor. Für jedes Raster ist ein Wert in mm/a angegeben, welcher die Grundwasserneubildung für dieses Raster angibt. Mithilfe von GIS wurde so für jedes Raster der Unterschied zwischen dem Rasterwert der Referenzperiode und dem der nahen bzw. fernen Zukunft als Änderung in % angegeben. Nun wurde der Mittelwert aller Raster bestimmt, um die durchschnittliche Veränderung der Grundwasserneubildung zu erhalten und diesen Prozentwert dann mit dem aktuellen Grundwasserdargebot zu multiplizieren, um dann das zukünftige Grundwasserdargebot zu erhalten. Davon konnten dann der Verbrauch der Elektrolyse sowie die zukünftigen Wasserverbräuche abgezogen werden, um die zukünftige Wasserdargebotsreserve zu erhalten. Der Wasserverbrauch der anderen Raumnutzungen wurde auch hier dem Wasserversorgungskonzept Niedersachsen (MU 2022a) entnommen, indem der Wasserverbrauch der jeweiligen Landkreise und Raumnutzungen anhand der dort dargestellten Balkendiagramme abgemessen, und die Veränderungen (in %) mit den Wasserverbräuchen laut LSN 2019a, b verrechnet wurden (also dem Verbrauch im Jahr 2016, da sich im Wasserversorgungskonzept die Veränderungen auf das Jahr 2015 beziehen und das Jahr 2016 dem am nächsten ist). Eine Veränderung von +10% bei einem Verbrauch im Jahr 2016 von 10 Mio. m³/a führt zu folgender Rechnung: **10 Mio. m³/a * 1,10.**

Für die Berechnung der maximal möglichen installierbaren Elektrolyseleistung, wenn also das Grundwasserdargebot völlig ausgeschöpft werden kann, diene folgende Rechnung: **nutzbare Grundwasserdargebotsreserve (ohne Elektrolyseverbrauch) / Verbrauch der Elektrolyseanlage * Anlagengröße (in MW) = max. MW-Leistung.**

3. Untersuchungsgebiete

3.1 Auswahl der Standorte

Lingen wird im LROP Entwurf als denkbarer Standort für einen Elektrolyseur mit der Größenordnung von 100 MW und mehr genannt (LROP Entwurf 2021: 90) und wurde ebenso von dem Projekt GET H2 als Elektrolyse-Standort gewählt (GET H2 o.J.a: www). **Lingen** gilt als geeigneter Standort, da er:

- über eine geeignete Größe (ca. 1 ha für 100 MW) verfügt (LROP Entwurf 2021: 90)
- über Anschlüsse an das Übertragungs- und Gasnetz verfügt (LROP Entwurf 2021: 87)
- "in unmittelbarer Nähe zum Schienen-, Straßen- und Wasserstraßennetz" (ebd.) liegt
- bereits als Kraftwerksstandort genutzt wird (GET H2 o.J.a: www)

Diele stellte sich in der Studie “Quo vadis, Elektrolyse?” als geeigneter Standort heraus und wurde deshalb in dem Projekt Element EINS, dessen Projektpartner auch die Studie durchführten, als ein Elektrolyse-Standort gewählt, um von diesem Ausgangsstandort aus weitere Elektrolyseure infrastrukturell zu koppeln (BRÜMMER et al. o.J.: 42; ELEMENT EINS o.J.a: www). **Diele** gilt als geeigneter Standort, da er:

- in einer der “windstärksten Regionen Deutschlands” (ELEMENT EINS o.J.b: www) liegt
- bereits an Offshore-Windparks angeschlossen ist (BRÜMMER et al. o.J.: 42)
- in unmittelbarer Nähe eines potenziellen Wasserstoffnetzes (bisherige Erdgas-Leitungen) liegt (ebd.; ELEMENT EINS o.J.b: www)
- über effiziente Wasserstoff-Transportwege in Richtung des Rhein-Ruhr-Gebiets liegt, welches einen Verbrauchsschwerpunkt für Wasserstoff darstellt/darstellen wird (ebd.)

3.2 Beschreibung des Untersuchungsgebiets Lingen (Ems) mit Landkreis Emsland

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Elektrolyse-Standort Lingen mit dem dazugehörigen Landkreis Emsland, da für diesen genug Daten zur Wasserverfügbarkeit und zum Wasserverbrauch der Raumnutzungen zur Verfügung stehen, und (bzw. da) das Wasser für die Wasserversorgung vorrangig aus ortsnahen Wasservorkommen gedeckt werden soll (§50 Abs. 2 WHG, §88 NWG). Des Weiteren wird für die Nutzung von Oberflächenwasser der sich im Wasserkörper 03001 Ems-Lingen-Meppen befindliche Ems-Abschnitt verwendet, welcher sich ebenfalls im LK Emsland befindet (s. Abb. 5).

Betroffener Wasserkörper im Landkreis Emsland

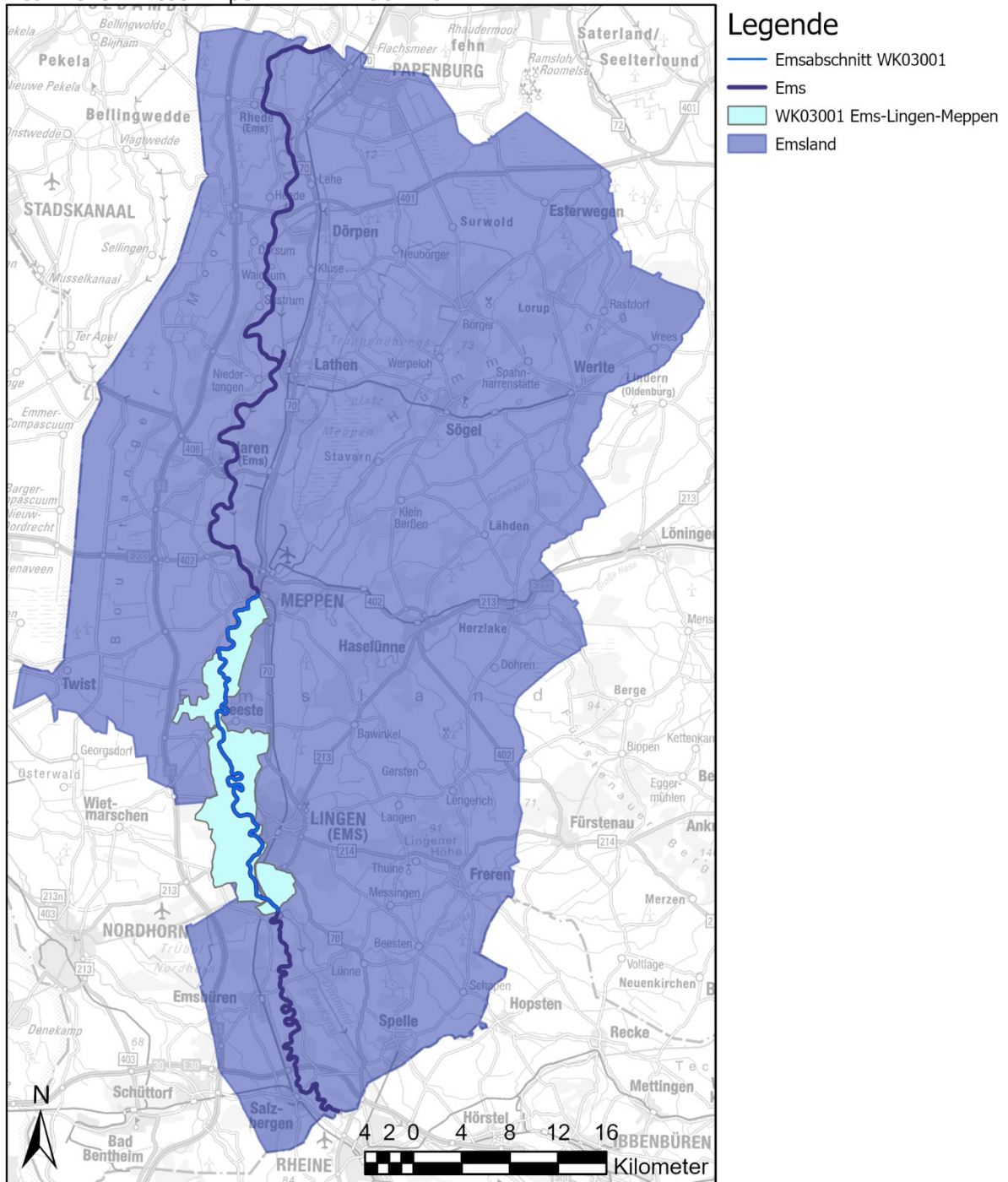


Abb. 5: Der Wasserkörper 03001 und der entsprechende Abschnitt der Ems

Am Standort Lingen (s. Abb. 6) ist für das Jahr 2024 ein PEM-Elektrolyseur mit 100 MW geplant, der bis zum Jahr 2026 auf 300 MW ausgebaut werden soll (GET H2 o.J.a: www).

Lage des Elektrolyseurs im Landkreis Emsland

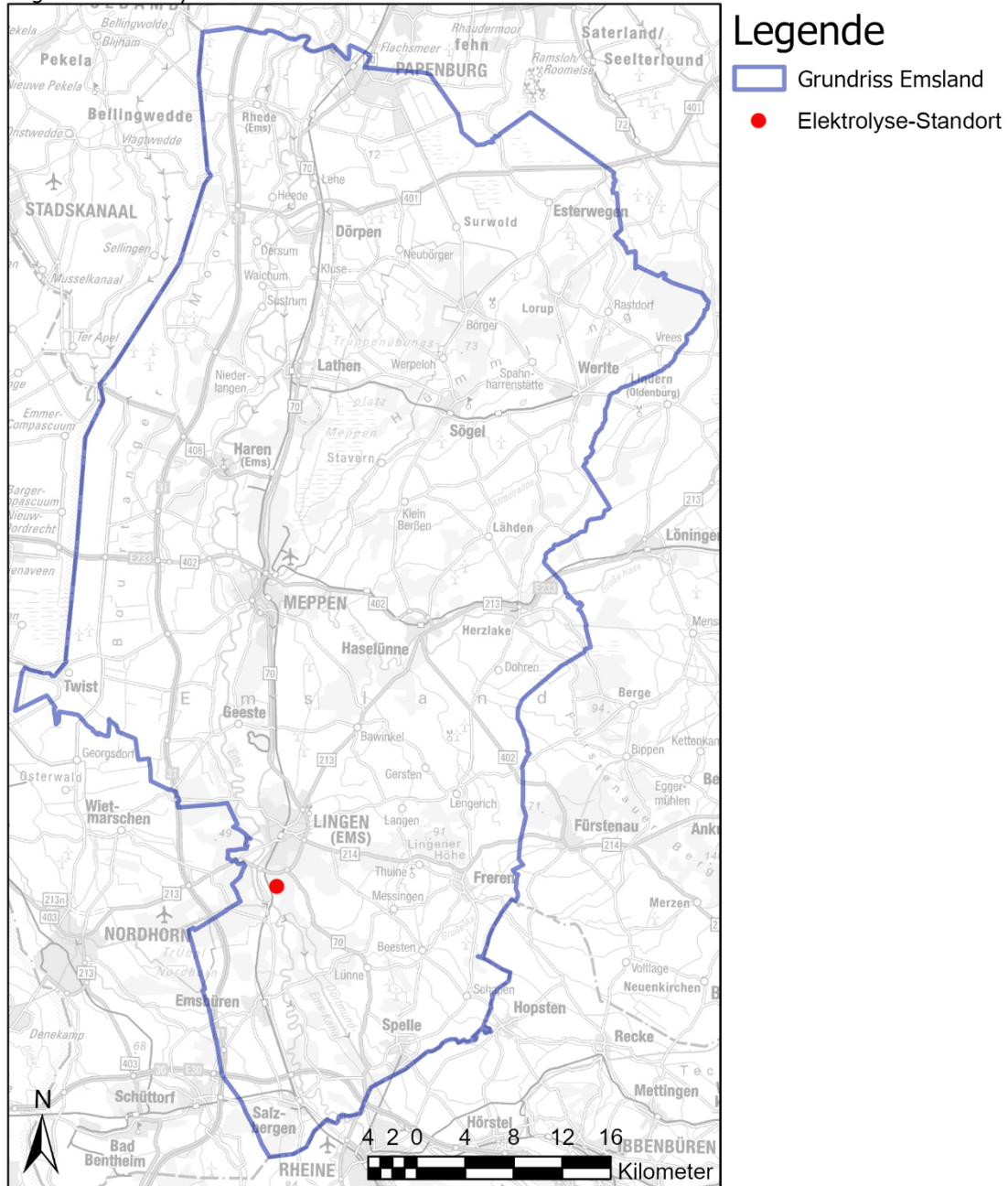


Abb. 6: Lage der Elektrolyseanlage im Landkreis Emsland

Der Landkreis Emsland liegt im westlichen Niedersachsen (s. Abb. 7) und hat eine Größe von 2883,66 km² (LK EMSLAND 2020: 8). Die Bevölkerungszahl beträgt 328.006 (Stand: 06/2020) (ebd.).

Lage des Landkreises Emsland in Niedersachsen

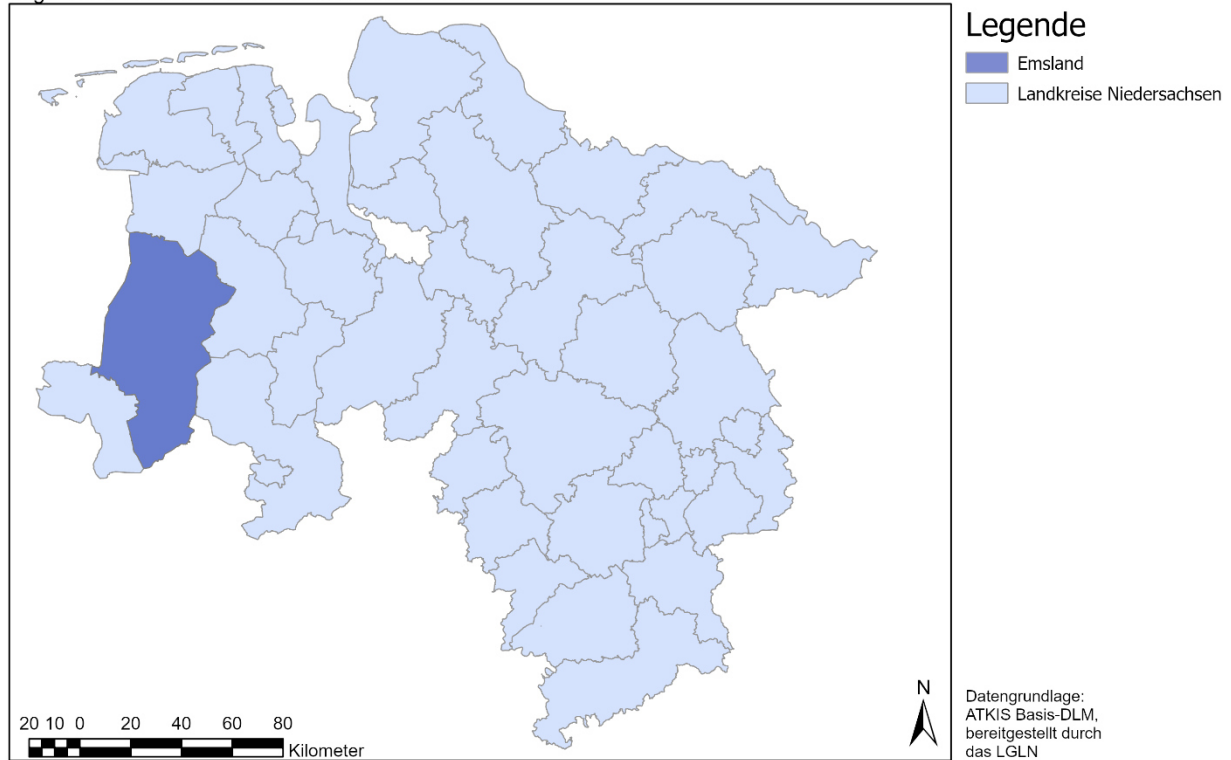


Abb. 7: Lage des Landkreises Emsland in Niedersachsen

Naturräumliche Regionen

Der Landkreis liegt in den naturräumlichen Regionen Ostfriesisch-Oldenburgische Geest (2), welche sich durch Ackerflächen, Wallhecken, Siedlungen und wenig Wäldern auf Grundmoränenplatten und großen, aber hauptsächlich kultivierten oder abgetorften Mooren auszeichnet. Sowie Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung (4), welche in der südlichen Hälfte aus "Talsandflächen, großflächigen Mooren und kleinen Grundmoränenplatten, die stellenweise von Endmoränenzügen überragt werden" (DRACHENFELS 2010: 250f) besteht und im Norden geprägt ist von ausgedehnten Grundmoränenplatten, welche oftmals bedeckt sind von Sandlöss oder Flugsand (ebd.). In der Region kommen die Flüsse Ems, Hunte, Hase und viele kleine Fließgewässer vor. Ebenso ist sie geprägt durch intensiv genutzte Acker- und Grünlandgebiete aber auch durch wiedervernässte Moore (ebd.).

Böden

Die Böden bestehen hauptsächlich aus Podsolen mit verschiedenen Ausgangsmaterialien. Gleye sind ebenso häufiger zu finden. Im Norden und Westen befinden sich große zusammenhängende Hochmoorgebiete. Ebenso sind in diesen Teilen sowie im mittleren Osten große Teile mit Tiefumbruchböden bedeckt. An den Flüssen ist der Bodentyp Vega, ein

Bodentyp der Auen, zu finden und im Norden des Emslandes entlang der Ems befinden sich Kalk- und Kleimarschen (s. Abb. 8; EVERTSBUSCH et al. 2017: 20).

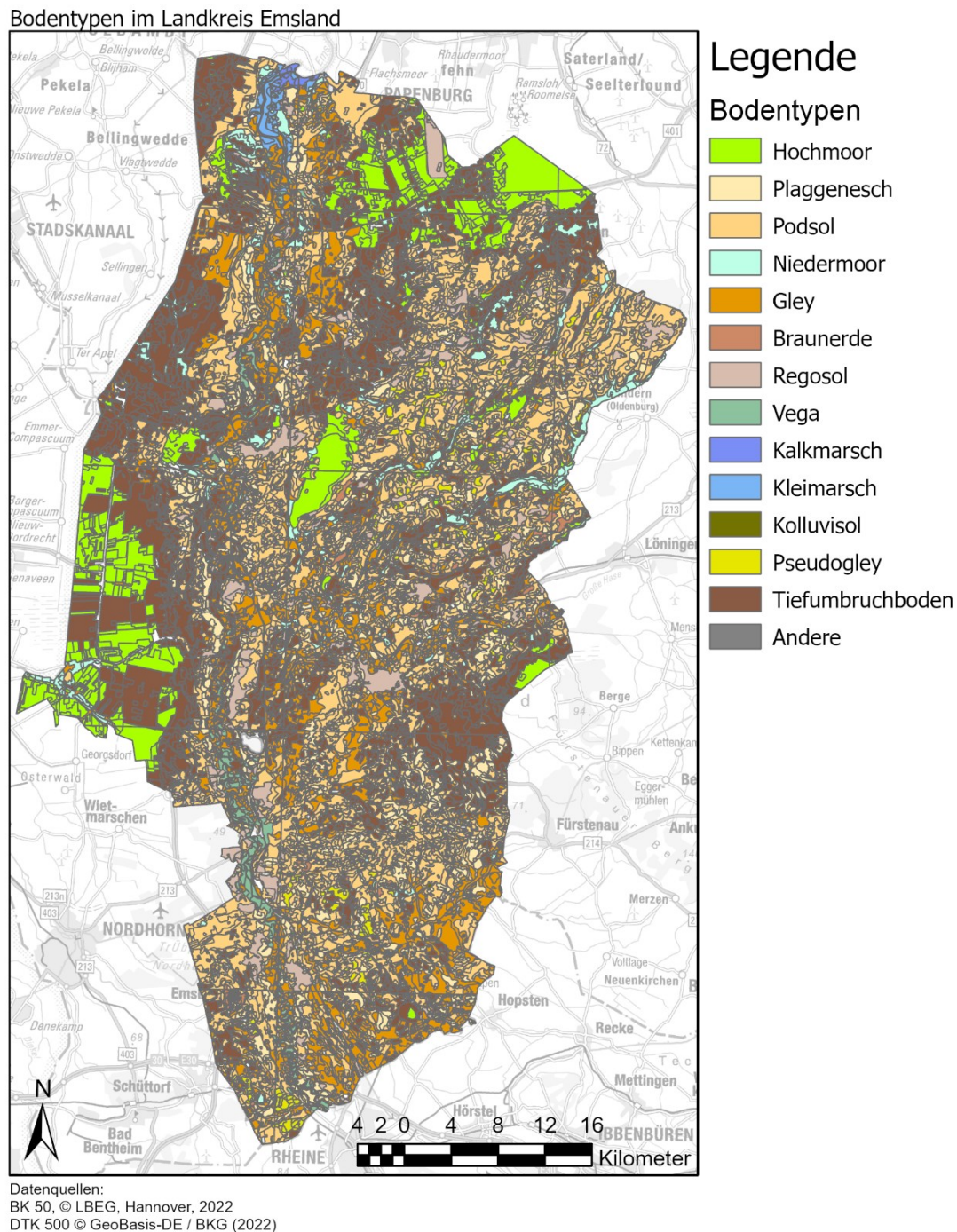


Abb. 8: Bodentypen im Landkreis Emsland

Flächennutzung

Der größte Teil der Fläche (ca. zwei Drittel) des Emslandes wird landwirtschaftlich genutzt, überwiegend als Ackerbaufläche. Auch bei Betrachtung der Vegetationsfläche allein, nimmt die Landwirtschaft mit fast 75 % den Großteil dieser Fläche ein. Moore kommen auf etwa 3 % der Vegetationsfläche vor. Wälder und Forste sind auf 17 % der Fläche vorhanden, und

Siedlungs- und Verkehrsflächen liegen bei 15 %. Wasserflächen machen einen Anteil von 2 % im Emsland aus (s. Abb. 9 & 10; LSN 2022c: www).

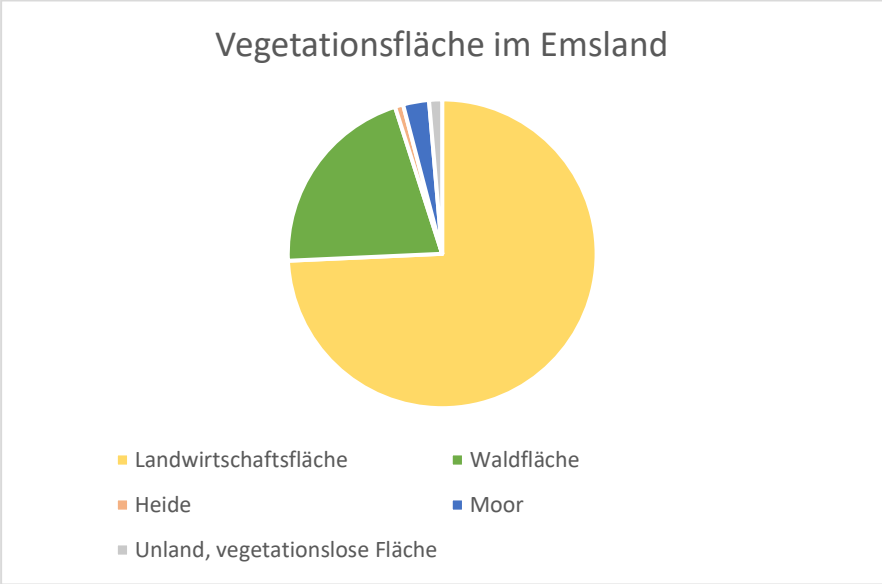
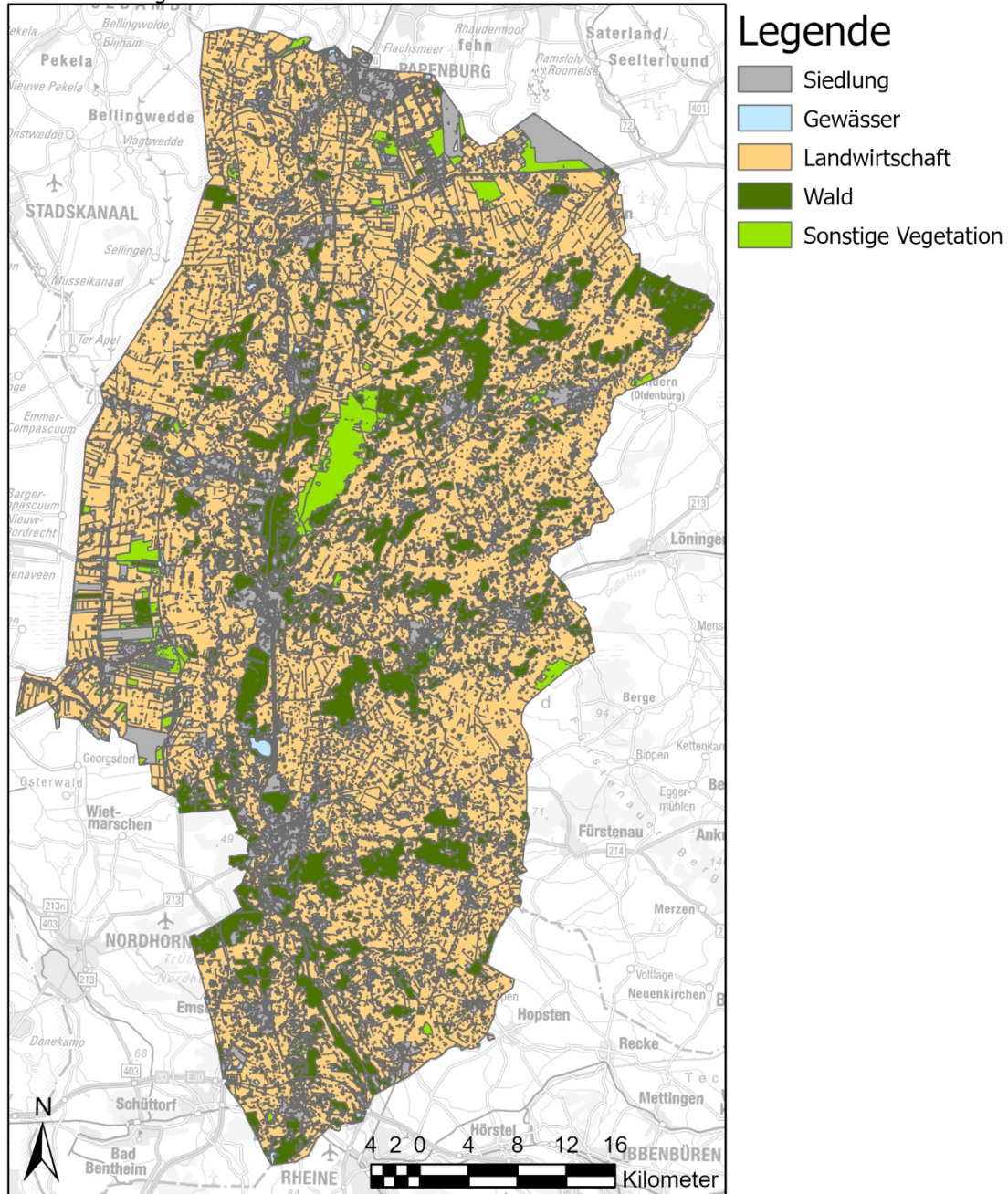


Abb. 9: Anteile der Flächennutzungen im Landkreis Emsland (Datenquelle: LSN 2022c: www)

Flächennutzungen im Landkreis Emsland



Datenquellen:
 ATKIS Basis-DLM, bereitgestellt durch das LGLN
 DTK 500 © GeoBasis-DE / BKG (2022)

Abb. 10: Flächennutzungen im Landkreis Emsland

Klima

Betrachtet werden die Daten der Klimastation Lingen (Stationsnr. 3023) des Deutschen Wetterdienstes (DWD), welche sich im Süden des Emslandes befindet. Das Klimadiagramm zeigt den Jahresverlauf der Niederschläge und Temperaturen gemittelt für den Zeitraum 1981-2010 (festgelegte Referenzperiode). Durchschnittlich lag der Niederschlag bei 804 mm pro Jahr und die Durchschnittstemperatur betrug 10,1 Grad Celsius (s. Abb. 11).

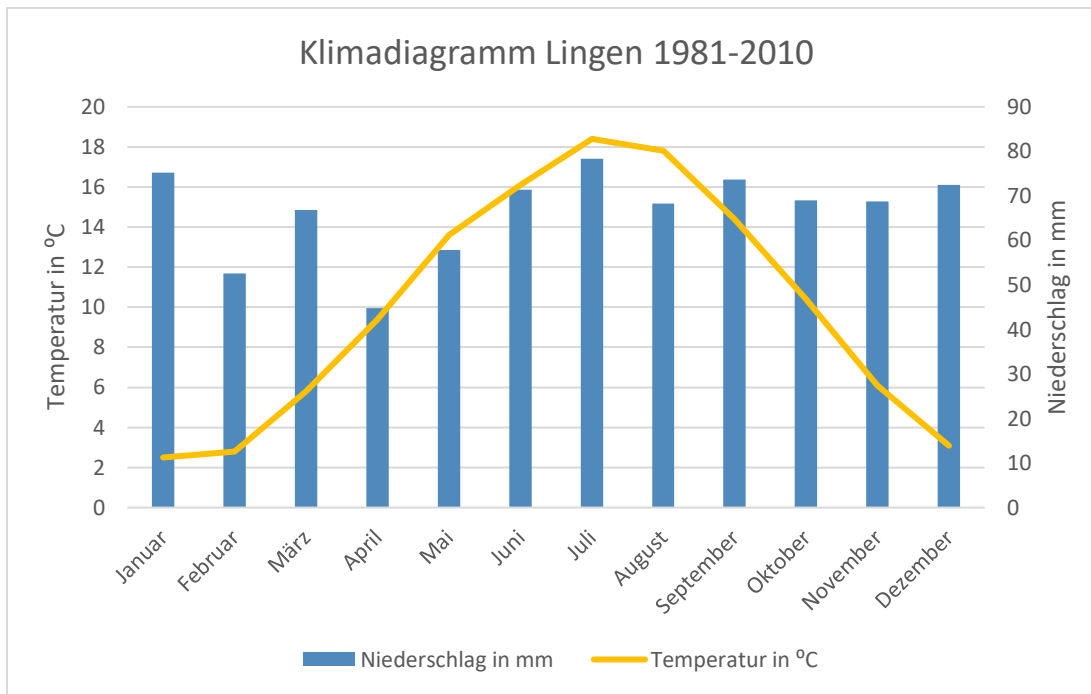


Abb. 11: Klimadiagramm Lingen (Datenquelle: DWD 1981-2010)

Im Jahr 2019 wurde in Lingen fälschlicherweise die höchste jemals gemessene Temperatur in Deutschland gemessen. Diese wurde jedoch später vom DWD revidiert, da die Wetterstation aufgrund von ungünstigen Gegebenheiten (erhöhte Vegetation) die gemessene Temperatur nicht korrekt angeben konnte. Da schon häufiger unglaubliche Messergebnisse an der Station gemessen wurden, hat der DWD die Messdaten ab dem Jahr 2017 aus dem Netz genommen und die Wetterstation sollte nach Lingen-Baccum verlegt werden (NWZ ONLINE 2020: www).

3.3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets Diele (Weener) mit Landkreis Leer (Ostfriesland)

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Elektrolyse-Standort in Diele (Weener) mitsamt des dazugehörigen Landkreises Leer (Ostfriesland). An diesem Standort (s. Abb. 12) ist für die Wasserstoffproduktion die Nutzung von Grundwasser vorgesehen (ELEMENT EINS 2020: 2). Die Elektrolyse soll eine Leistung von 100 MW haben (ebd.).

Der Landkreis Leer liegt im Westen Niedersachsens, bzw. im südlichen Ostfriesland. Die Insel Borkum gehört ebenfalls zum Landkreis (LANDKREIS LEER o.J.: www) (s. Abb. 13).

Ungefähre Lage des Elektrolyseurs im Landkreis Leer



Abb. 12: Ungefähre Lage der Elektrolyseanlage im Landkreis Leer

Lage des Landkreises Leer in Niedersachsen

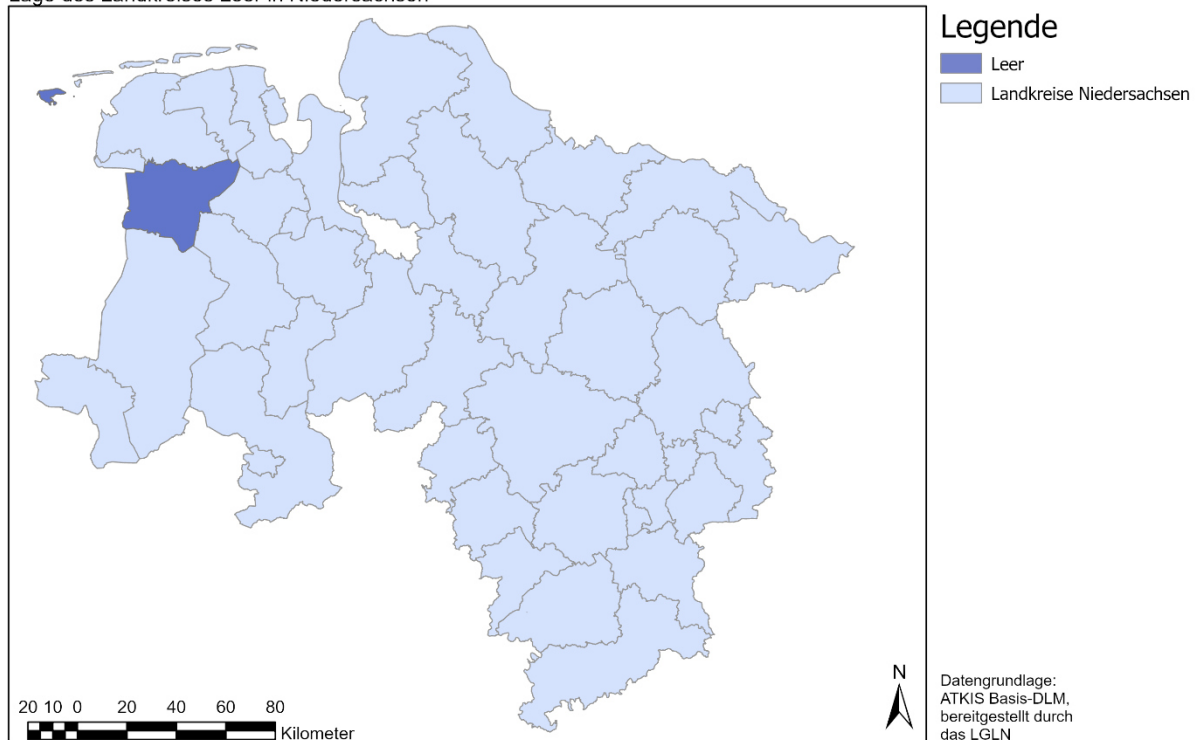


Abb. 13: Lage des Landkreises Leer in Niedersachsen

Der Landkreis (inkl. Borkum) hat eine Größe von etwa 1088 km² und eine Bevölkerungszahl von 169.809 (Stand 2019) (ebd.). Im Folgenden wird die Insel Borkum bei der Betrachtung des Landschaftswasserhaushaltes nicht beachtet, da die Entnahme von Wasser für die Elektrolyse vor Ort erfolgen sollte (§50 Abs. 2 WHG, §88 NWG) und deshalb nicht aus dem zu Borkum zugehörigen Grundwasserkörper entnommen werden wird. In einigen Fällen kann es dadurch zu leichten Verschiebungen bezüglich der Wassernutzung kommen, da die Statistiken des LSN über die Wassernutzungen nur für den gesamten Landkreis vorliegen. Zudem ist im Kapitel 5.2, wenn von dem Landkreis Leer gesprochen wird, immer der Landkreis ohne Borkum gemeint, es sei denn, es steht (mit Borkum) dahinter.

Naturräumliche Regionen

Der Landkreis Leer liegt in den naturräumlichen Regionen Ostfriesisch-Oldenburgische Geest (2), welche sich durch Ackerflächen, Wallhecken, Siedlungen und wenig Wäldern auf Grundmoränenplatten und großen, aber hauptsächlich kultivierten oder abgetorften Mooren auszeichnet. Ferner liegt er auch in der naturräumlichen Region Niedersächsische Nordseeküste und Marschen (1) bzw. der dazugehörigen Unterregion Watten und Marschen (1.2), welche neben dem Wattenmeer auch aus den Ästuaren der Ems, Weser und Elbe, und eingedeichten Marschen besteht. Die Marschen werden dabei heutzutage hauptsächlich als Grünland-, Acker- und Siedlungsflächen genutzt (DRACHENFELS 2010: 250f).

Böden

Der Nordosten des Landkreises Leer ist geprägt von Hochmoorböden, zu einem großen Teil Podsolböden und Gley. Im Süden des Landkreises befinden sich ebenfalls größere Flächen Hochmoorböden sowie viele Tiefumbruchböden. Weiterhin kommen auch hier Podsolböden vor. Die Bereiche um und an der Ems sind hauptsächlich von Kleimarschen geprägt. Direkt an der Ems kommen auch Rohmarschen vor. Größere Niedermoorflächen befinden sich im mittleren Osten, im Norden, sowie westlich der unteren Ems. Ebenfalls ist im Westen des Landkreises eine größere Fläche Kalkmarschen zu finden (s. Abb. 14)

Bodentypen im Landkreis Leer

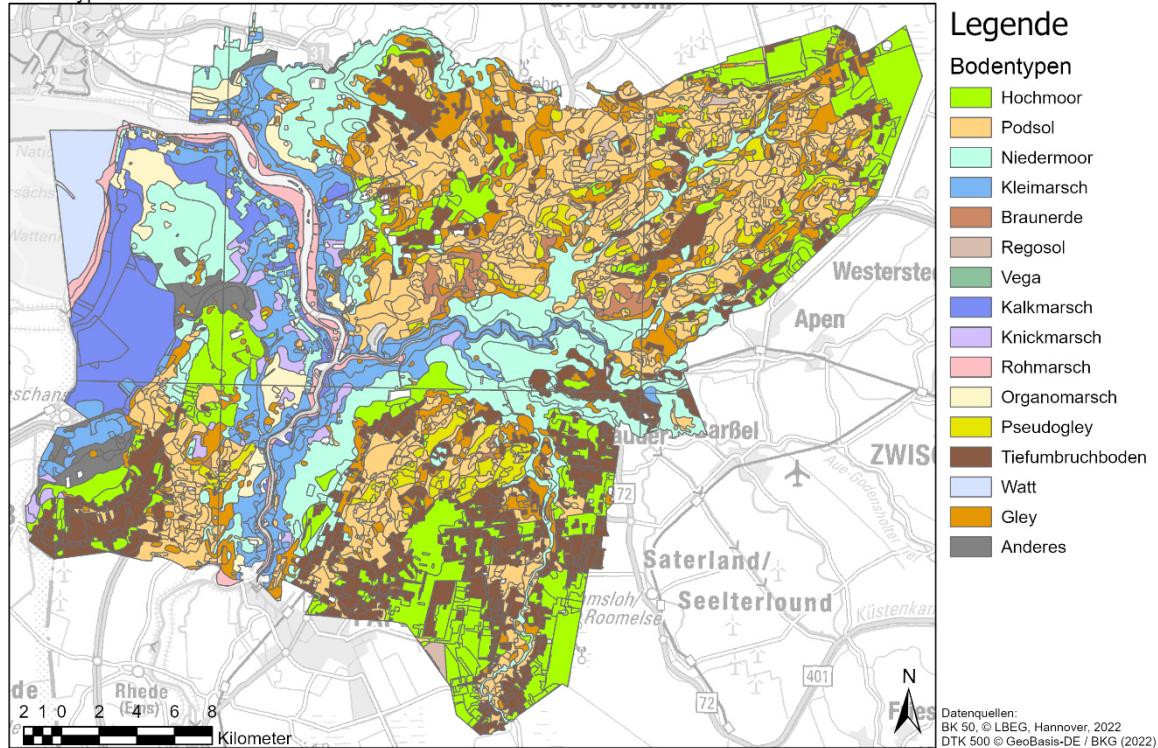


Abb. 14: Bodentypen im Landkreis Leer

Flächennutzungen

Etwa 70 % der Fläche des Landkreises (mit Borkum) wird landwirtschaftlich genutzt. Auch unter der Vegetationsfläche insgesamt (etwa 79 %) macht die Landwirtschaft mit knapp 95 % den Hauptanteil aus. Moor- und Waldflächen, welche also auch als solche genutzt werden und nicht der Landwirtschaft dienen, kommen nur auf jeweils etwa 2 % der Vegetationsfläche vor. Siedlung befindet sich auf ca. 10 % der Gesamtfläche (s. Abb. 15 & 16).

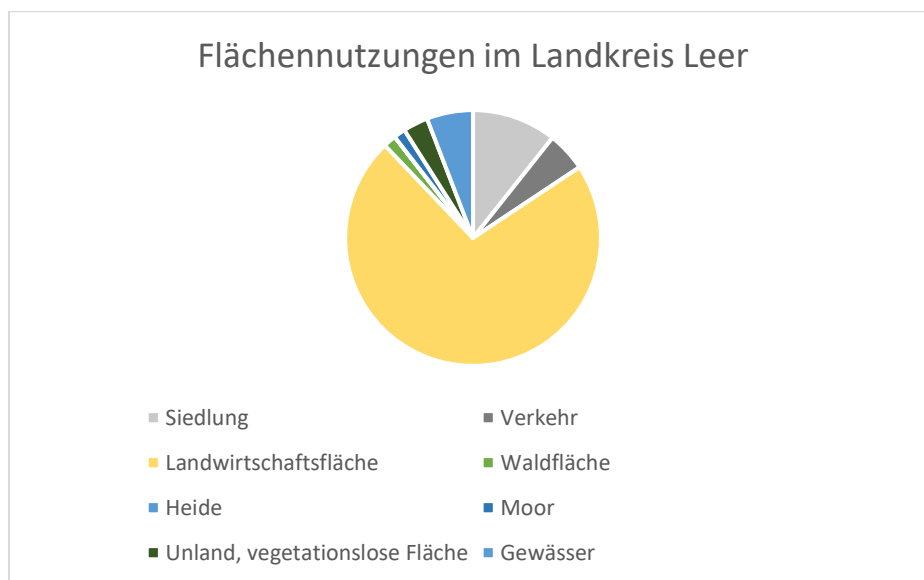


Abb. 15: Anteile der Flächennutzungen im Landkreis Leer (Datenquelle: LSN 2022d: www)

Flächennutzungen im Landkreis Leer

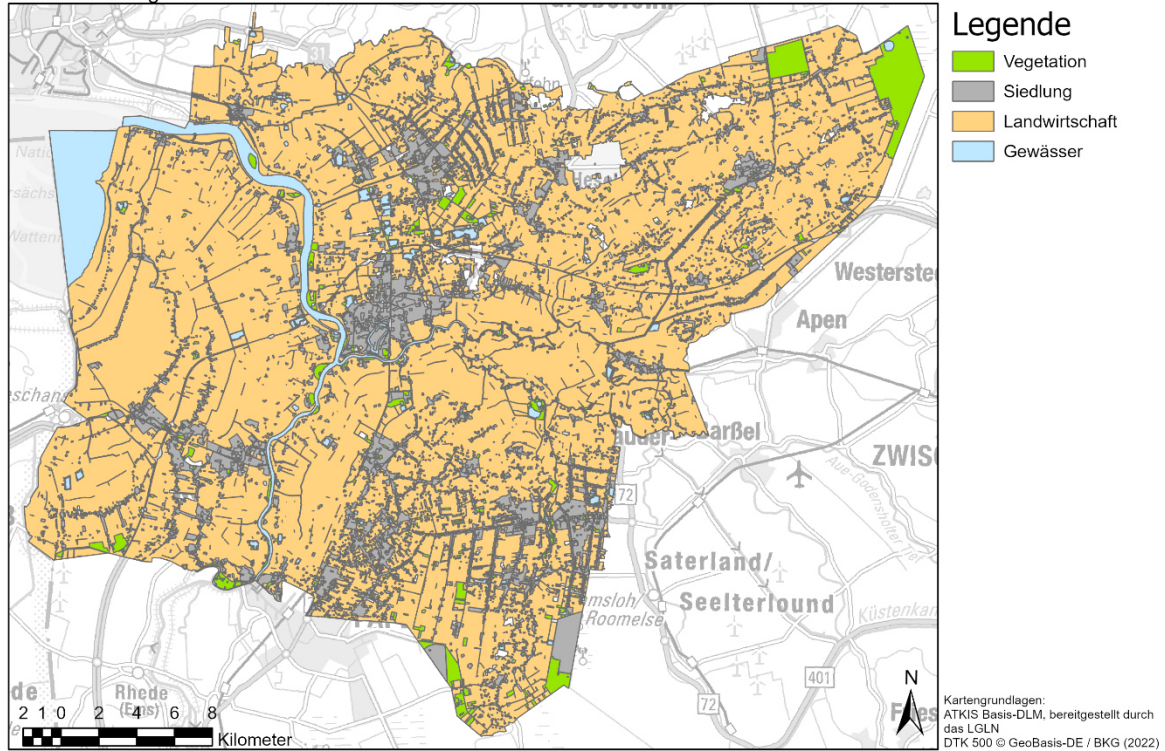


Abb. 16: Flächennutzungen im Landkreis Leer

Klima

Betrachtet werden die Daten der Station Weener (Stationsnr.: 5384) im Referenzzeitraum 1981-2010 für den Niederschlag, und die Station Emden (Stationsnr.: 5839) für die Temperatur, da dies die nächstgelegene Klimastation ist (DWD 2019: [www](#); DWD 2022: [www](#)). In diesem Zeitraum lag der Niederschlag durchschnittlich bei 801,7 mm pro Jahr. Die durchschnittliche Temperatur betrug 9,4 Grad Celsius (s. Abb. 17)

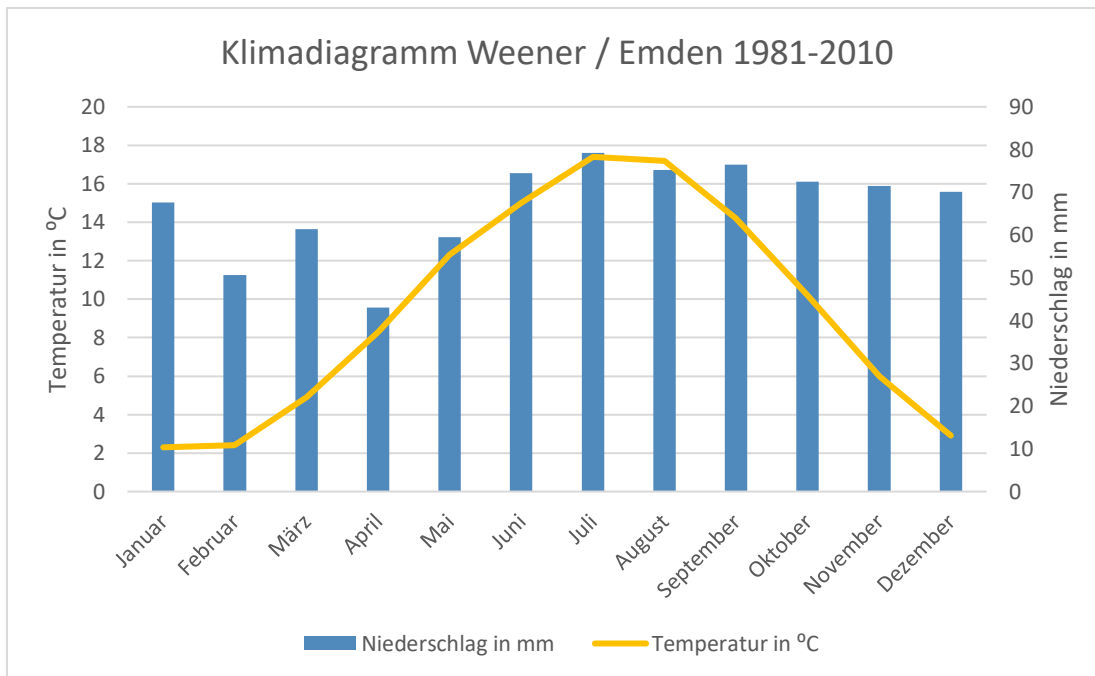


Abb. 17: Klimadiagramm aus den Daten den Stationen Weener und Emden (Datenquelle: DWD 1981-2010)

Grundwasserkörper

Der Landkreis Leer liegt auf fünf verschiedenen Grundwasserkörpern (s. Abb. 18). Der Grundwasserkörper, aus welchem vermutlich das Wasser für die Elektrolyse gewonnen wird, ist der Körper "Untere Ems Lockergestein links". Ein sechster Grundwasserkörper (Mittlere Ems Lockergestein links) liegt ganz im Süden im Landkreis Leer minimal in diesem, es liegen aber keine Wasserrechte für diesen Grundwasserkörper vor (NLWKN 2022c: www).

Grundwasserkörper im Landkreis Leer

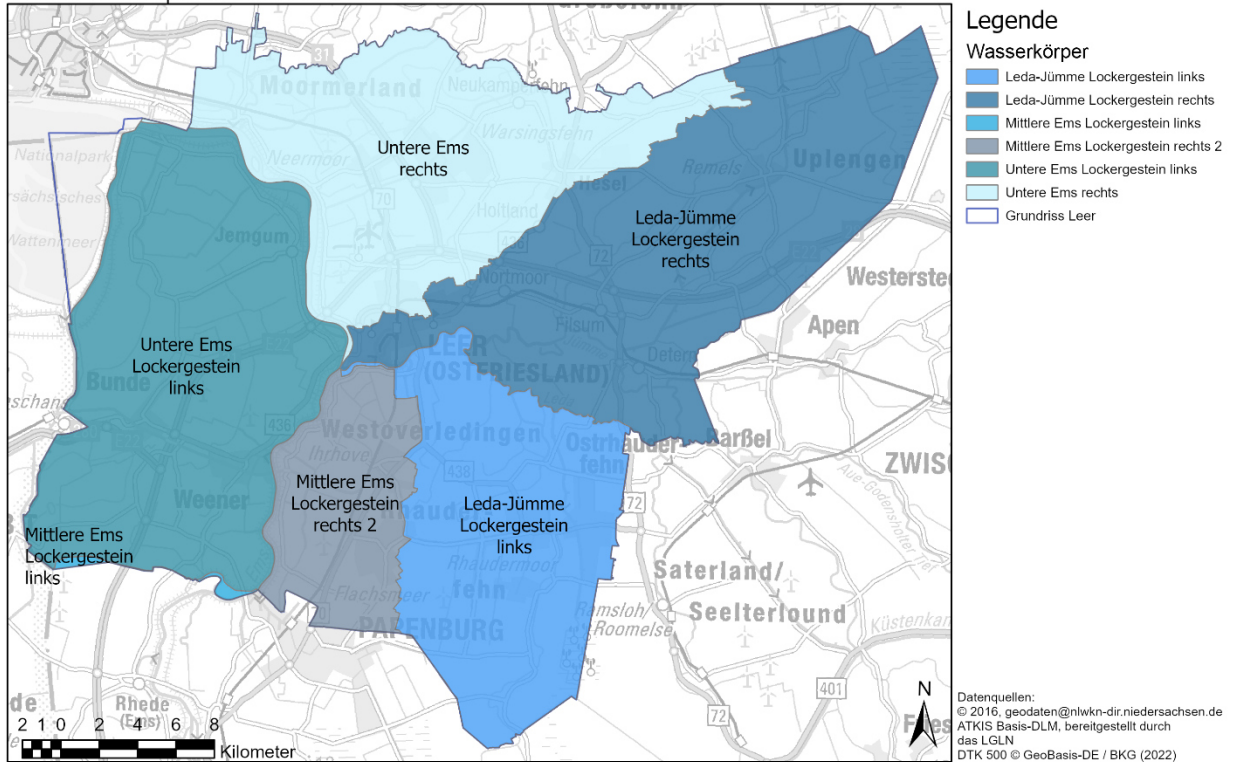


Abb. 18: Grundwasserkörper im Landkreis Leer

4. Auswertungskriterien der Daten zur Beantwortung der Forschungsfragen

Für die Beantwortung der Forschungsfragen werden verschiedene Parameter benötigt. Diese werden im Folgenden bezogen auf die einzelnen Forschungsfragen aufgezählt und beschrieben.

Forschungsfrage 1:

Gibt es an den ausgewählten geplanten Standorten für die Elektrolyseure genug Wasser für die Herstellung von Wasserstoff?

Hierfür muss der Landschaftswasserhaushalt an dem Standort betrachtet werden. Wird das Wasser für die Elektrolyse aus dem Grundwasser genommen, stellt das **nutzbare Grundwasserdargebot** die Grundlage für die Berechnung der am Ende übrigbleibenden Menge an Wasser dar (s. Abb. 19). Das nutzbare Grundwasserdargebot ist abhängig von der Grundwasserneubildung, also der Menge an infiltriertem Niederschlagswasser ins Grundwasser (MU o.J.b: www). Die Grundwasserneubildung ist wiederum abhängig von der Menge und Verteilung der Niederschläge, dem Bodentyp (Durchlässigkeit), der Vegetation sowie der Topografie (LBEG o.J.a). Als Parameter für den kritischen Punkt, ab dem also zu viel Wasser entnommen wird, dient der Wassernutzungs-Index. Liegt dieser bei mehr als

20 %, werden also mehr als 20 % des Grundwasserdargebots genutzt, kann es zu Wasserstress und dementsprechend negativen Auswirkungen auf die Umwelt kommen, ab 40 % Wassernutzung des Grundwasserdargebots handelt es sich bereits um starken Wasserstress (UBA 2019a: www; MALZ & SCHEELE 2011: 140).

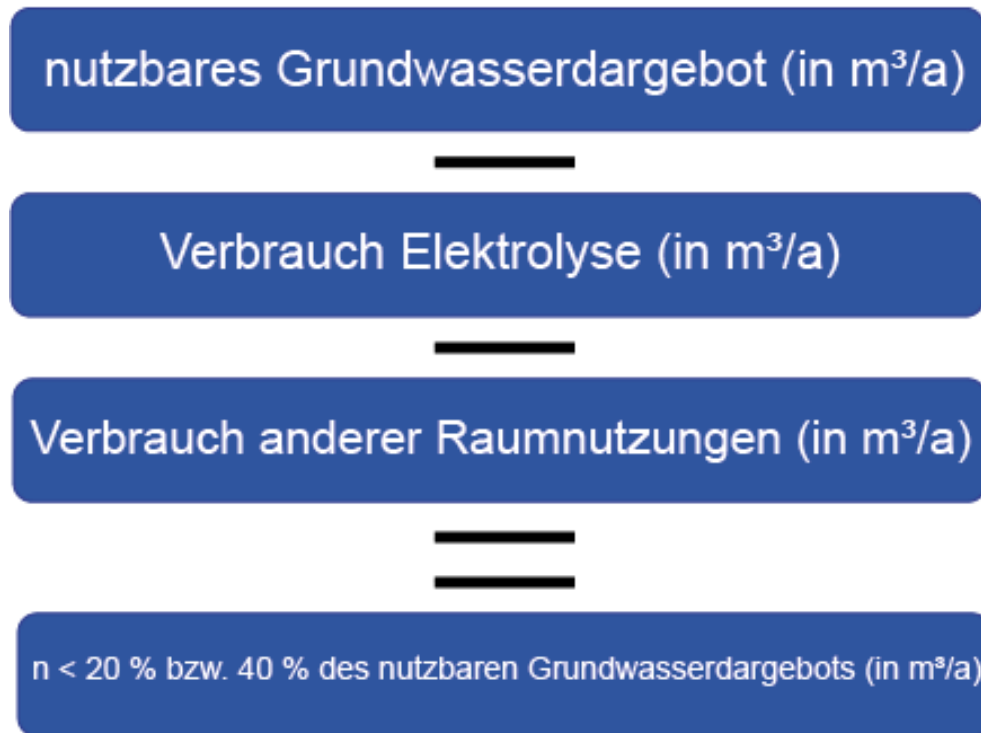


Abb. 19: Methodik für die Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve nach Abzug des Wasserverbrauchs durch die Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen

Bei der Verwendung von Oberflächenwasser für die Elektrolyse, in diesem Fall Flusswasser, dient der **mittlere Abfluss (MQ)** als Parameter für die Grundlage für die Berechnung der am Ende übrigbleibenden Wassermenge (s. Abb. 20). Der MQ "beschreibt die langjährige durchschnittliche Abflussmenge (in m³/s) in einem Fließgewässer" (MU 2019b: 1) und ist ein guter Indikator für das Wasserdargebot in einem Fließgewässer, da er Auskunft über das prinzipiell verfügbare Wasser gibt (UBA 2019b: www). Er ist überwiegend von den Niederschlägen abhängig, sodass generell im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) die Abflussraten geringer sind als im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) (ebd.). Je niedriger der MQ, desto geringer ist das Wasserdargebot. Dies ist aber von Fließgewässer zu Fließgewässer unterschiedlich, sodass der kritische Punkt, ab dem zu viel Wasser aus einem Fluss entnommen wird, und somit die ökologischen Funktionen des Fließgewässers nicht mehr gegeben sind, je nach Fließgewässer(abschnitt) ein anderer ist. Deshalb ist laut Wasserhaushaltsgesetz (§33 WHG 2009) eine Mindestwasserführung erforderlich, welche an die jeweils vor Ort herrschenden hydrologischen Gegebenheiten sowie

ökologischen Erfordernisse angepasst ist (LAWA 2020: 14). Diese Mindestwasserführung stellt den kritischen Punkt bei der Wasserentnahme aus einem Fließgewässer dar.

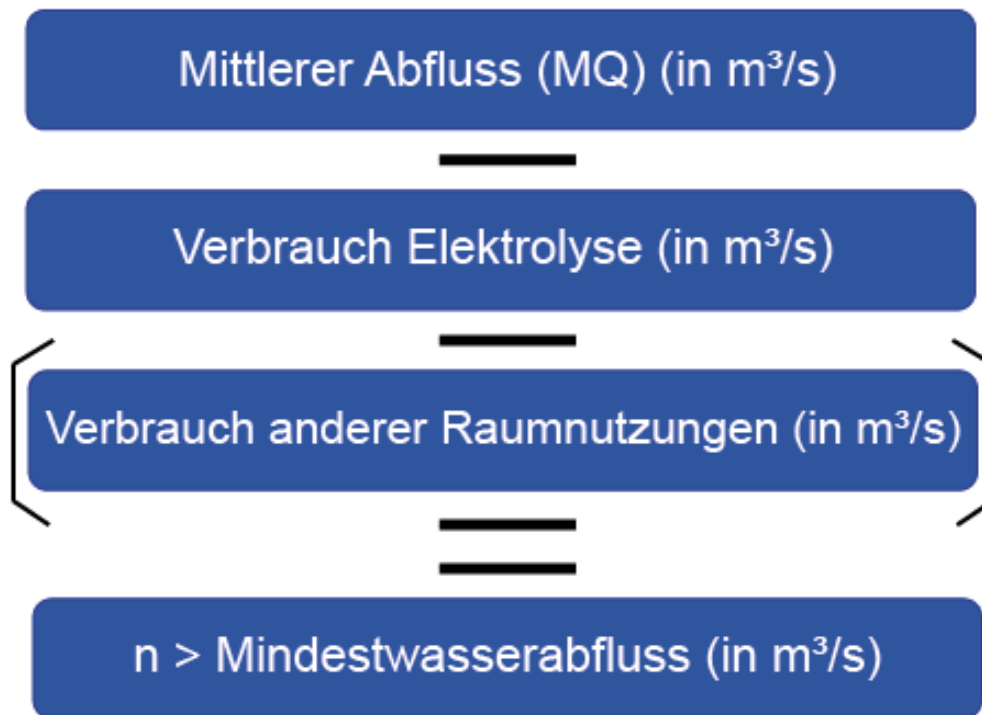


Abb. 20: Methodik zur Berechnung des Flusswasserdargebots nach Abzug des Wasserverbrauchs durch die Elektrolyse (und weiterer Raumnutzungen)

Da in Zukunft mit weniger Niederschlägen und zunehmender Verdunstung im Sommer zu rechnen ist, und in der Folge daraus vermutlich längere und/oder häufigere Niedrigwasserphasen im Sommer auftreten, können auch die mittleren Abflüsse für das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr zur Betrachtung mit herangezogen werden. Diese ergeben sich aus dem Mittel der jeweiligen Abflüsse im hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahr.

Ebenso muss bekannt sein, wie hoch der Wasserbedarf für die Elektrolyse ist (in m^3/s) und dementsprechend wie viel Wasser für die angepeilte Menge an Wasserstoffherstellung an dem Standort gebraucht wird. Diese kann dann vom jeweiligen Wasserdargebot abgezogen werden.

Unterfrage 1:

Welches Wasser wird in Niedersachsen für die Wasserstoffproduktion genutzt und wie muss dieses aufbereitet werden?

Damit die Forschungsfrage 1 beantwortet werden kann, muss bekannt sein, welches Wasser für die Elektrolyse genutzt wird, um dementsprechend die Parameter zum Grundwasserdargebot und/oder zum Oberflächenwasserdargebot auszuwählen (LFU o.J.: www). Hilfsmittel zur Beantwortung dieser Unterfrage waren sowohl Recherchen als auch die Befragung von Projekten in Niedersachsen, welche sich mit dem Thema Wasserelektrolyse befassen.

Unterfrage 2:

Wie viel Wasser kann an den Standorten entnommen werden, bis ein kritischer Punkt erreicht wird und wie wird dieser Punkt definiert?

Diese Frage kann mithilfe des Parameters des Wasserdargebot am Standort (s. Parameter Forschungsfrage 1) beantwortet werden. Als kritischer Punkt wurde der Parameter Wasserstress gewählt. Dieser tritt ein, sobald mehr als 20 % des Grundwasserdargebots entnommen wurden, da sich ab diesem Zeitpunkt negative Auswirkungen für die Umwelt und Ökosysteme ergeben können (s. Forschungsfrage 1). Als Parameter für Oberflächenwasser (hier am Beispiel Fließgewässer) dient die Mindestwasserführung (in m^3/s) eines Fließgewässers, welche nicht unterschritten werden darf (ebd.).

Forschungsfrage 2:

Wie hoch ist der derzeitige Wasserbedarf anderer Raumnutzungen an den ausgewählten Standorten und kommt es dadurch zu Konflikten?

Hierfür müssen die anderen Raumnutzungen aufgefunden gemacht werden sowie dessen Wasserverbrauch. Raumnutzungen sind insbesondere die Trinkwasserversorgung, die Landwirtschaft, die Industrie, Haushalte und Gewerbe sowie (indirekt) die Ökosysteme. Daten zu dem jeweiligen Wasserverbrauch der meisten Raumnutzungen finden sich in den Statistiken des LSN zur öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung (LSN 2019a: 16ff; LSN 2019b: 7ff; LSN 2022a: Tab. 2; LSN 2022b: Tab. 10 & Tab. 13). Diese können dann von dem Wasserdargebot abgezogen werden, um zu sehen, wie viel Wasser noch für die Elektrolyse übrigbleiben würde, bis der kritische Punkt erreicht ist. Zur Betrachtung möglicher Auswirkungen auf die Ökosysteme sollen die Daten zu möglichen wassersensiblen Biotoptypen (DRACHENFELS 2012) am Standort betrachtet werden, genaue Zahlen zum Wasserverbrauch gibt es hier nicht. Das Betrachten der Biotoptypen dient lediglich dazu, einen ersten Überblick darüber zu bekommen, ob an den Standorten viele der kartierten Biotoptypen von einem Wasserverlust betroffen wären. Welche Auswirkungen genau sich auf die Biotoptypen ergeben, kann und soll in dieser Arbeit nicht untersucht werden. Die einzelnen

Raumnutzungen unterscheiden sich teilweise in der Hinsicht, welches Wasser sie benötigen. Für die Trinkwasserversorgung wird in Niedersachsen zum Beispiel überwiegend Grundwasser genutzt (LSN 2019: 5). Die Industrie nutzt überwiegend Oberflächenwasser, beispielsweise als Kühlwasser für ein Kohlekraftwerk (LSN 2019b: 34; BUND 2020: 9).

Forschungsfrage 3:

Wie wird sich die Wasserverfügbarkeit an den ausgewählten Standorten im Zuge des Klimawandels voraussichtlich verändern und welche Auswirkungen ergeben sich daraus?

Die Herangehensweise für die Berechnung der Wasserverfügbarkeit in der Zukunft ist prinzipiell dieselbe wie für die Forschungsfragen 1 und 2 (vgl. Abb. 19 & 20)

Die zukünftigen Veränderungen durch den Klimawandel bei der Wasserverfügbarkeit können mithilfe der Klimaszenarien dargestellt werden (vgl. Kap. 1.3.3). So können hiermit die voraussichtliche Grundwasserneubildungsrate und das Grundwasserdargebot in naher sowie ferner Zukunft (bis 2100) ermittelt werden. Die klimatische Wasserbilanz, welche sich "aus der Differenz zwischen dem gefallenen Niederschlag und der potenziellen Evapotranspiration" (DWD o.J.: www) ergibt und "eine quantitative Gegenüberstellung von Wassergewinn und -verbrauch in einem bestimmten Gebiet für einen festgelegten Zeitraum" (ebd.) darstellt, kann ebenfalls als Parameter für die Grundlage zur Berechnung der Wasserverfügbarkeit in der Zukunft genutzt werden (NIBIS KARTENSERVEN 2019: www). Für die Berechnung der Wasserverfügbarkeit von Flüssen in Zukunft dienen Prognosen zu den zukünftigen Abflüssen in der nahen sowie fernen Zukunft (z. B. aus MU 2019a oder ANHALT et al. 2021).

Generell kann bei der Analyse der Wasserverfügbarkeit auch eine Unterscheidung zwischen Sommer und Winter sinnvoll sein, sowohl weil die Verfügbarkeit von Wasser in diesen Jahreszeiten sehr unterschiedlich ist (s. Grundwasserneubildung und mittlere Abflüsse), als auch weil die Produktion an Erneuerbaren Energien unterschiedlich ist (MU 2019a: 31, 49; ZSW 2022: www). Voraussetzung dabei ist die Verfügbarkeit solcher Daten.

5. Anwendung der Methodik zur Bewertung der Standorteignung bezogen auf den Landschaftswasserhaushalt (Ergebnisse)

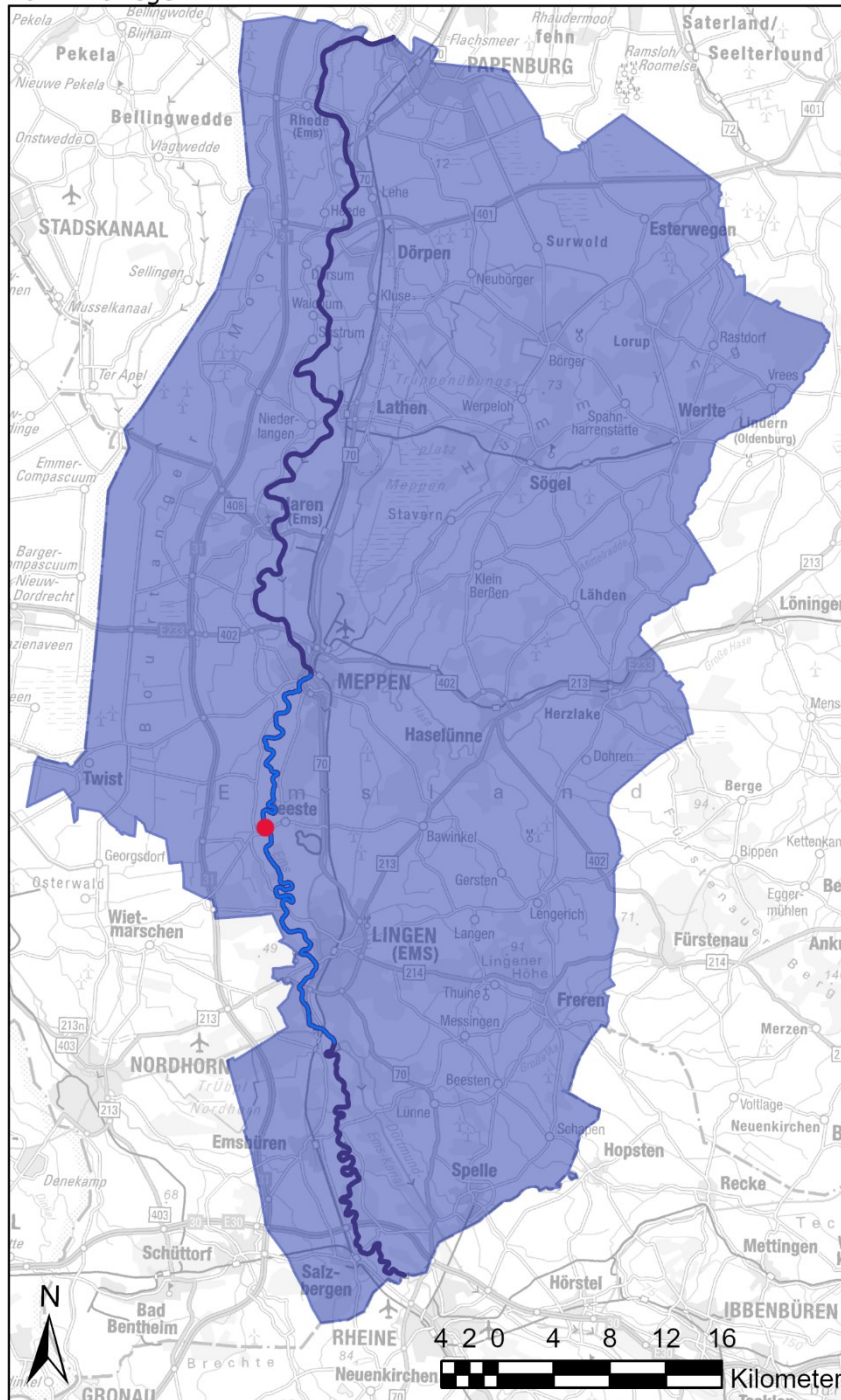
Im Folgenden wird die zuvor beschriebene Methodik anhand der zwei Beispielstandorte für Elektrolyseure in Niedersachsen angewendet. Am Standort I, Landkreis Emsland, werden die Parameter zur Bewertung und Berechnung des Oberflächenwasserhaushalts, hier bezogen auf den Fluss Ems, angewendet, und an Standort II, Landkreis Leer, die Parameter zur Berechnung und Bewertung des Grundwasserhaushalts.

5.1 Landkreis Emsland

5.1.1 Wasserverfügbarkeit in der Ems und Wasserverbrauch der Elektrolyse

Für die Elektrolyse des GET-H2 Projektes in Lingen im Emsland wird Wasser aus der Ems verwendet (TENZER 2022: schriftl. Mitteilung). Der entsprechende Abschnitt der Ems, der sogenannte Wasserkörper (nach WRRL), welcher "die kleinste abgegrenzte hydrologische Betrachtungsebene" (NLWKN o.J.a) darstellt und so abgegrenzt wird, dass die Wasserkörper einen jeweils ökologisch funktionsfähigen, sinnvoll zu bewirtschaftenden Abschnitt darstellen (NLWKN o.J.b), ist der Wasserkörper WK 03001 Ems-Lingen-Meppen. An diesem liegt die Elektrolyseanlage, sodass entsprechend aus diesem Wasserkörper das Wasser für die H₂-Produktion entnommen wird. Der in diesem Wasserkörper und der Elektrolyseanlage am nächsten liegende Pegel der Ems, an welchem die Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten gemessen und veröffentlicht werden, ist der Pegel Dalum (s. Abb. 21; BFG 2019: 2).

Standort Pegel Dalum



Legende

- Emsabschnitt WK03001
- Ems
- Emsland
- Pegel Dalum

Datenquellen:
 © 2020 Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen
 Vermessungs- und Katasterverwaltung <http://www.lgn.niedersachsen.de>
 ATKIS Basis-DLM, bereitgestellt durch das LGLN
 DTK 500 © GeoBasis-DE / BKG (2022)

Abb. 21: Lage des Pegels Dalum im Landkreis Emsland

Der langjährige MQ an dem Pegel Dalum liegt bei $47,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (1965-2019). Der langjährige MQ für das hydrologische Winterhalbjahr in diesem Zeitraum liegt bei $69,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und für das hydrologische Sommerhalbjahr bei $25,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Der MNQ liegt bei $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und dient hier als

kritischer Punkt, da dieser als die Mindestwasserführung festgelegt ist (NLWKN 2022b: schriftl. Mitteilung; BFG 2022: 1).

Die Elektrolyse des Projektes GET H2 in Lingen soll bis zum Jahr 2026 eine Leistung von 300 MW haben (GET H2 o.J.a: www). Bei durchschnittlichen 4.000 Volllaststunden pro Jahr und einer Erzeugung von ca. zwei Tonnen H₂ pro Stunde sind für eine 100 MW Elektrolyse 72.000 m³ Wasser pro Jahr nötig, wenn für ein Kilogramm Wasserstoff neun Liter Wasser (stöchiometrischer Wert) benötigt werden (GET H2 o.J.b; GET H2 o.J.c; MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Das entspricht also:

$$\mathbf{72.000\ m^3 \times 3 = 216.000\ m^3\ Wasser\ pro\ Jahr}$$

bei 300 MW Leistung und 4000 Volllaststunden. Die Zahl der Volllaststunden hängt dabei von den Wetterbedingungen und den daraus resultierenden erzeugten Strommengen aus erneuerbaren Energien ab, die für die Wasserstoffproduktion genutzt werden. In Niedersachsen betragen beispielsweise die Windenergie-Volllaststunden im Jahr 2020 3.344 h/a, was allerdings schon deutlich mehr war als im Jahr zuvor (2980 h/a), sodass generell bei einem steigenden Ausbau der EE auch mit einer steigenden Anzahl an Volllaststunden zu rechnen ist, bei entsprechender Wetterlage (AEE 2020: www).

Wird der Wasserverbrauch pro Jahr umgerechnet in eine Entnahmemenge pro Stunde, ergibt dies:

$$\mathbf{216.000\ m^3/a / 365 = 591,7808219178\ m^3/d}$$

$$\mathbf{591,7808219178\ m^3/d / 24 = 24,6575342466\ m^3/h}$$

$$\mathbf{24,6575342466\ m^3/h / 60 = 0,4109589041\ m^3/min}$$

$$\mathbf{0,4109589041\ m^3/min / 60 = 0,0068493151\ m^3/s}$$

Es ergibt sich also nur eine sehr geringe Wassermenge, die pro Sekunde aus der Ems entnommen werden müsste und auf den MQ kaum eine sichtbare Auswirkung hätte, sodass die Mindestwasserführung, welche hier gleich dem MNQ ist, nicht erreicht wird:

$$\mathbf{MQ\ 47,4\ m^3/s - \sim 0,007\ m^3/s = 47,393\ m^3/s\ (s.\ Abb.\ 22)}$$

mittlerer Abfluss (MQ): 47,4 m³/s

Verbrauch Elektrolyse: ~0,007 m³/s

47,393 m³/s > 8,8 m³/s (Mindestwasserführung)

Abb. 22: Berechnung der letztendlichen Wasserverfügbarkeit in der Ems (Pegel Dalum) abzüglich des Wasserverbrauchs durch die Elektrolyse

Wird jetzt davon ausgegangen, dass die Entnahmemenge nicht über das Jahr gleich verteilt ist, sondern im hydrologischen Winterhalbjahr mehr entnommen wird als im hydrologischen Sommerhalbjahr, da in Niedersachsen überwiegend Windkraft produziert wird, welche in den Wintermonaten stärker ist als in den Sommermonaten, könnte die Entnahme dementsprechend angepasst werden (AEE 2020: www; BDEW 2016: 18ff; ZSW 2022: www).

Da für Niedersachsen allein keine Daten der Stromerzeugung nach Monaten einzusehen sind, wird die Wasserentnahmemenge entsprechend der Daten für die Windenergie an Land und an See für ganz Deutschland angepasst und weitere erneuerbare Energien außen vor gelassen, da, wie zuvor genannt, die Windenergie in Niedersachsen den Hauptteil der EE ausmacht. Aus den Daten des *Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg* (ZSW) für 2020 wird ersichtlich, dass etwas mehr als 60 % der Windenergie-Stromerzeugung im hydrologischen Winterhalbjahr geschieht (ZSW 2022: www). Wird jetzt also die Entnahmemenge so angepasst, dass 60 % der 216.000 m³/a im hydrologischen Winterhalbjahr entnommen werden und die anderen 40 % im hydrologischen Sommerhalbjahr, ergeben sich folgende Werte:

Hydrologisches Winterhalbjahr: 129.600 m³ pro Halbjahr, was 259.200 m³/a oder ~0,008 m³/s entspricht

Hydrologisches Sommerhalbjahr: 86.400 m³ pro Halbjahr, was 172.800 m³/a oder ~0,005 m³/s entspricht

Auch hier ist bei beiden Werten die Entnahmemenge pro Sekunde so gering, dass sich keine merkbareren Änderungen auf den MQ für die hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahre ergeben:

MQ hydrolog. Winterhalbjahr: 69,4 m³/s - ~0,008 m³/s = 69,392 m³/s

MQ hydrolog. Sommerhalbjahr: 25,6 m³/s - ~0,005 m³/s = 25,595 m³/s

Dementsprechend wird allein durch die Wasserentnahmemenge einer 300 MW Elektrolyse nicht annähernd der kritische Punkt, sprich die Mindestwasserführung von 8,8 m³/s erreicht (NLWKN 2022b: schriftl. Mitteilung). Bei einer Unterschreitung dieses Wertes würde eine Wasserentnahme gestoppt werden, meist lag die Abflusshöhe aber (deutlich) über dem Wert von 8,8 m³/s (im Abflussjahr 2019). In Trockenperioden könnte ein Entnahmestopp aber trotzdem (kurzzeitig) notwendig werden (ebd.; BFG 2022: 1).

5.1.2 Wasserverbrauch anderer Raumnutzungen im Landkreis Emsland

Zu den größten Wasserverbrauchern im Emsland zählen die Industrie bzw. der Energiesektor sowie die Landwirtschaft und die Trinkwasserversorgung (LSN 2022a & LSN 2022b). Das Wasser für die Trinkwasserversorgung sowie weitere öffentliche Wassernutzende (Kleingewerbe wie Bäckereien, Arztpraxen, Friseure etc.) wird im Emsland ausschließlich aus dem Grundwasser entnommen (LSN 2022a: Tab. 2). Die gewonnene Wassermenge betrug im Jahr 2019 33,756 Mio. m³ (ebd.). Davon wurden 28,430 Mio. m³ Wasser an Letztverbraucher*innen abgegeben, was einer Menge von 238,5 l pro Einwohner*in und Tag entspricht und damit deutlich über dem niedersächsischen Durchschnitt von 173,3 l/E*d liegt (LSN 2022a: Tab. 13). Etwas weniger als die Hälfte davon ging dabei an "gewerbliche und sonstige Abnehmer/innen", welche nicht zum Bereich "Haushalte und Kleingewerbe" zählen. (ebd.). Dies sind zum Beispiel Krankenhäuser, Behörden, kommunale Einrichtungen, Schulen etc. (DESTATIS 2022: www). Da das Wasser für die öffentliche Wasserversorgung im

Emsland nur aus dem Grundwasser entnommen wird, kommt es hierbei nicht zu Konflikten mit der Wasserstoffproduktion in Lingen, welche ihr Wasser aus der Ems bezieht.

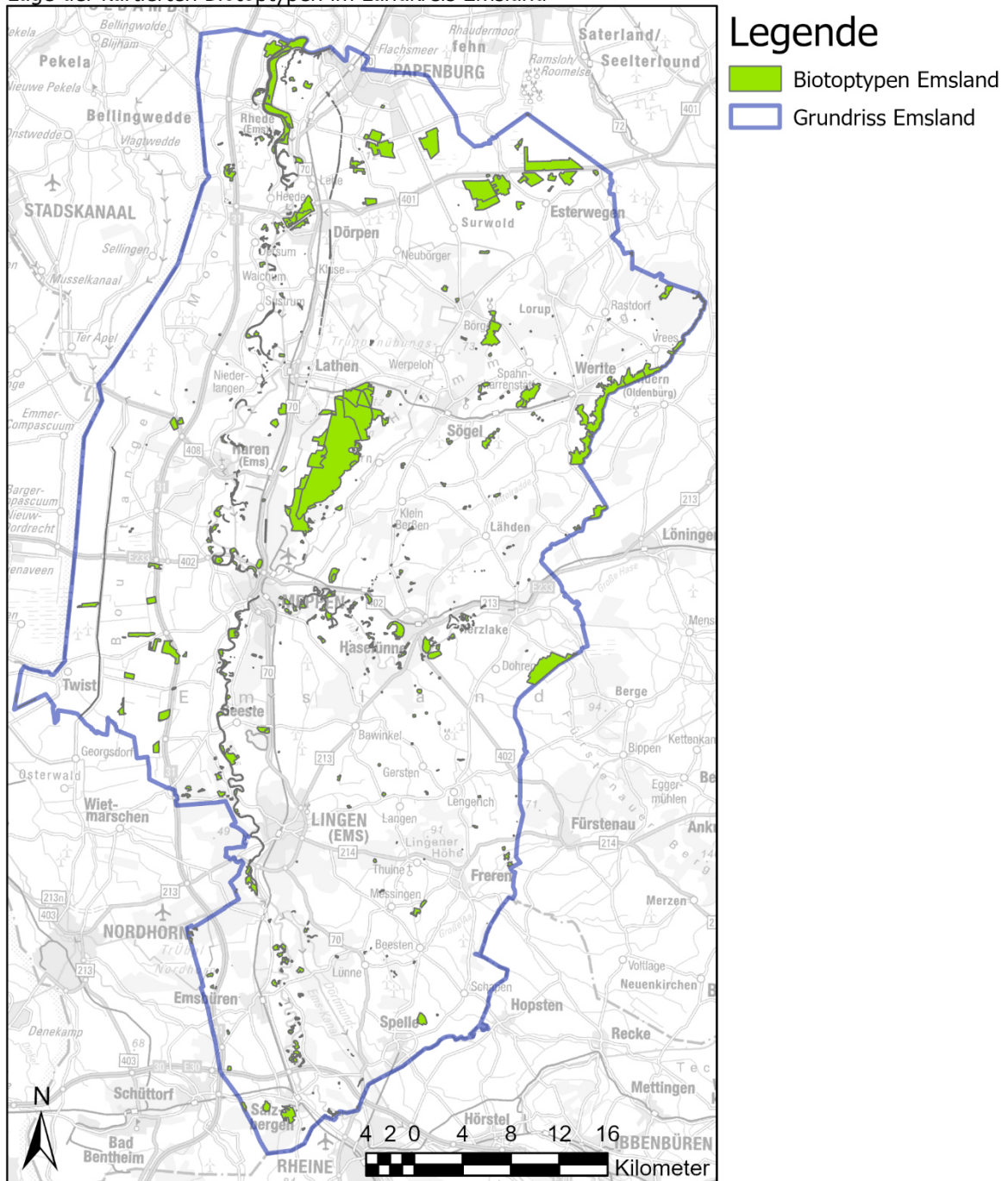
Für die nichtöffentliche Wasserversorgung trifft dies nicht zu, denn hierunter fällt beispielsweise Kühlwasser, welches im Emsland im Jahr 2019 etwa 18 % des Verbrauchs der nichtöffentlichen Wasserversorgung ausmachte (LSN 2022b: Tab. 10) und zu einem Großteil aus Flusswasser entnommen wurde (LSN 2022b: Tab. 2). Insgesamt wurde im LK Emsland im Jahr 2019 etwa ein Fünftel des Wassers für die nichtöffentliche Wasserversorgung aus dem Grundwasser entnommen und vier Fünftel aus Flusswasser (LSN 2022b: Tab. 1). Die insgesamt durch nichtöffentliche Betriebe entnommene Wassermenge betrug 51,022 Mio. m³ Wasser. Da es keine Statistik für die Wirtschaftszweige im LK Emsland allein und deren Eigengewinnung von Wasser gibt, kann nicht genau gesagt werden, wie viel und welches Wasser die einzelnen Wirtschaftszweige im Emsland entnehmen. Es können nur Vermutungen anhand der Statistik der Wirtschaftszweige für ganz Niedersachsen sowie den genehmigten Entnahmen angestellt werden (LSN 2022b: Tab. 2; NLWKN 2022c: www). Zudem ist generell die Art der Verwendung des Wassers für den LK Emsland bekannt (LSN 2022b: Tab. 10): Neben den ca. 18 % (10,6 Mio. m³ Wasser), welche zur Kühlung (überwiegend als Einfachnutzung) genutzt werden, werden ca. 57 % (32,4 Mio. m³ Wasser) in der Industrie zu Produktionszwecken (in Kreislaufnutzung) genutzt. Lediglich 4 % (2,6 Mio. m³ Wasser) dienen zur Pflanzenbewässerung. Weitere Verwendungen waren „für Belegschafts-, Kantinen- und Sanitärzwecke“ sowie Wasser, was direkt in die Produkte eingeht (beides Einfachnutzung) (LSN 2022b: Tab. 10). Laut Emslandplan 2.0, einem Plan des Landkreises Emsland zum nachhaltigen Wassermengenmanagement, darf die Landwirtschaft pro Jahr etwa 2 Mio. m³ Wasser zur Beregnung entnehmen (KRÖCHER et al. 2021: 47). Auch für die anderen Wirtschaftszweige beträgt die Entnahmemenge maximal 2 Mio. m³ Wasser pro Jahr aus Oberflächengewässern. Lediglich zur Kühlung sind Entnahmemengen von bis zu 24 Mio. m³ Wasser pro Jahr genehmigt, was etwas mehr als doppelt so viel Wasser wäre, wie laut LSN (2022b: Tab. 10) erkennbar ist (KRÖCHER et al. 2021: 47). In Niedersachsen bezieht die Land- und Forstwirtschaft ihr Wasser zu 88 % aus dem Grundwasser. Dass dies für den Landkreis ähnlich ist, bestätigen die Anteile an genehmigten Entnahmen für die Landwirtschaft aus dem Grundwasser: Etwa 80 % der vergebenen Wasserrechte im Emsland für die Landwirtschaft (Entnahmezwecke E40 & E45 landwirtschaftliche Beregnung oder Berieselung mit bzw. ohne Frostschutzberegnung) werden aus dem Grundwasser entnommen, die anderen 20 % aus Oberflächenwasser. Mengenangaben werden nicht genannt (LSN 2022b: Tab. 2; LSN 2022c: www; NLWKN 2022c: www; MU 2022: 10). Somit entsteht hierbei kein oder nur ein geringer Konflikt mit der Wasserentnahme aus der Ems für die Wasserstoffproduktion. Zudem sind bereits bestehende Entnahmen aus der Ems bereits im MQ enthalten und müssten deshalb nicht nochmal extra von diesem abgezogen werden (vgl.

auch folgender Abschnitt). Weitere Wirtschaftszweige, welche vermutlich auch im Emsland überwiegend oder ausschließlich auf Grundwasser zurückgreifen, sind Hersteller von Nahrungsmitteln und Getränken, Hersteller von Papier (teilweise (zu einem Drittel)), Verarbeitendes Gewerbe (zu 50 %) sowie die Metallerzeugung (zu zwei Dritteln) (LSN 2022b: Tab. 2).

Große Nutzer von Flusswasser sind neben der Energieversorgung, welche im Emsland eine große Rolle spielt, Papierhersteller (etwa $\frac{2}{3}$), Chemieindustrie (etwa 70 %) und das verarbeitende Gewerbe (etwa 30 %) (LSN 2022: Tab. 10). Dies bestätigen auch die genehmigten Entnahmen (vergebenen Wasserrechte) aus dem Oberflächenwasser für die Entnahmezwecke "private Wasserversorgung Trinkwasser" (A25) und "Betriebswasserversorgung" (A30) für Oberflächenwasser im Emsland, welche sich auf etwa 85 % belaufen, wohingegen der Anteil an Grundwasserentnahmen dieser Entnahmezwecke für die Industrie nur 15 % ausmacht (NLWKN 2022c: www). Da es sich hierbei um die Statistik von 2019 handelt und die Abflussdaten ebenfalls von 2019 sind, müssen diese Wassermengen nicht noch extra von dem MQ abgezogen werden, da der MQ bereits bestehende Entnahmen beinhaltet. Denn der Abfluss hat sich gemäß der bisherigen Entnahmemengen verändert und wurde entsprechend auch gemessen.

Neben den aktiven Wasserverbrauchern im Emsland spielen auch die passiven Verbraucher eine Rolle. Hiermit sind die Biotoptypen gemeint, welche zwar nicht aktiv bewässert werden, eine Wasserstandsabsenkung aber eine negative Auswirkung auf diese Biotoptypen hätte. Die folgende Abbildung zeigt die Lage der im LK Emsland vorkommenden Biotoptypen:

Lage der kartierten Biotoptypen im Landkreis Emsland



Datenquellen:
 © 2019, geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de
 ATKIS Basis-DLM, bereitgestellt durch das LGLN
 DTK 500 © GeoBasis-DE / BKG (2022)

Abb. 23: Lage der Biotoptypen im Landkreis Emsland

Im LK Emsland kommen auf 897805,1 qm (0,6 % aller Biotoptypen Flächen) naturnahe Hochmoore vor, welche eine sehr hohe Empfindlichkeit, aber einen eigenen ombrogenen Körper haben (s. Anhang 5; DRACHENFELS 2012: 5). 91,5 % der Biotoptypenflächen haben mindestens eine mittlere Empfindlichkeit + (s. Anhang 5). Vorkommende Biotoptypen mit

mittlerer Empfindlichkeit sind zum Beispiel Feuchtgebüsche (BF), Nährstoffreiche Stillgewässer (SE) oder Pfeifengras-Degenerationsstadien (MP). 80,7 % haben mindestens eine hohe Empfindlichkeit ++ (ebd.). Solche im Emsland vorkommende Biotoptypen sind zum Beispiel Eichen-Mischwald der Flussauen (Hartholzauwälder) (WH), Bodensaurer Eichenmischwald (WQ), Weiden-Auwald (Weichholzaue) (WW) oder Sonstiges artenreiches Feucht- und Nassgrünland (GF). 82,6 % der Biotoptypen haben eine sehr hohe Empfindlichkeit +++, wie zum Beispiel Niedermoore/Sümpfe (NS), Anmoor- und Übergangsmoorheide (MZ) oder Erlen-Bruchwald (WA) (ebd.). 24,8 % der Fläche sind Binnengewässer (G), wie beispielsweise Naturnahe nährstoffarme Stillgewässer (SO), Nährstoffreiche Stillgewässer (SE), Naturnaher Fluss (FF) oder Süßwasser-Flusswatt (FW) (s. Anhang 5). Insgesamt gibt es also sehr viele Biotoptypen im LK Emsland, die von (Grund-) Wasserständen abhängig sind. Durch die nur geringe Abflussänderung ist dementsprechend nicht mit Auswirkungen auf diese Biotoptypen zu rechnen, auch nicht bei einer Verbindung der Ems mit dem Grundwasser (NLWKN o.J.c: 1). Biotoptypen mit einer sehr hohen Empfindlichkeit, die direkt im Bereich des WK 03001 liegen (s. Abb. 24) und am ehesten durch eine Wasserentnahme beeinträchtigt werden würden, sind Niedermoore/Sümpfe, Torfmoos-Schwinggrasen (MT) und Moorheiden (MZ). Im Bereich dieses Wasserkörpers kommen diese Biotoptypen auf 29,4 % der Flächen aller Biotoptypen vor (s. Anhang 6).

Biotoptypen im betroffenen Wasserkörper im Landkreis Emsland

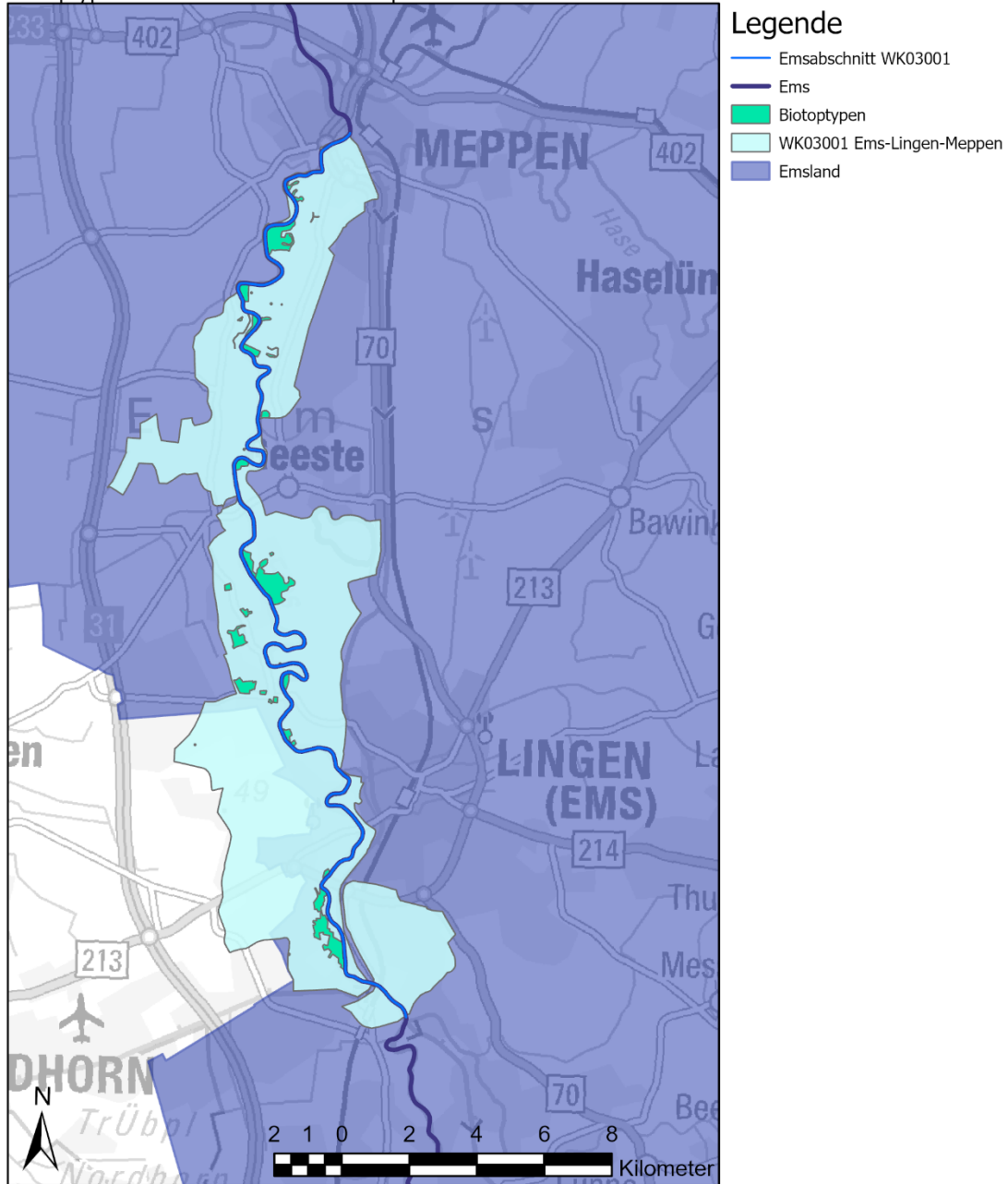


Abb. 24: Lage der Biotoptypen im WK 03001

5.1.3 Voraussichtliche Änderungen der Wasserverfügbarkeit im Zuge des Klimawandels und sich daraus ergebende Änderungen für den Landschaftswasserhaushalt im Landkreis Emsland

Bisher lässt sich aufgrund verschiedenster Einflüsse auf die Abflüsse der Ems nicht genau sagen, wie sich diese in Zukunft verändern werden. Neben den verschiedenen Klimaszenarien haben unter anderem auch die Abschaltung des Kernkraftwerks Emsland (KKE) und das Speicherbecken Geeste, aus welchem bei zu niedrigen Abflüssen Wasser entnommen werden kann und welches selbst, bei genügender Wasserführung des Dortmund-Ems-Kanals im hydrolog. Winterhalbjahr mit Wasser aus diesem Kanal befüllt wird (WITTROCK & WARNKE 2016a: 1), Einfluss auf die künftigen Abflussraten der Ems, bzw. den entsprechenden Abschnitt WK 03001 Ems-Lingen-Meppen und die weiteren Abschnitte in Richtung Nordsee (NLWKN 2022a: schriftl. Mitteilung).

Mithilfe der klimatischen Wasserbilanz für das Emsland (Datenquelle: KWB, © LBEG, Hannover, 2022), der Klimawirkungsstudie des MU (MU 2019a), des Projektes KliBiW (Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland) des NLWKN (ANHALT et al. 2021) sowie der Abflussdaten für den Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Auszüge aus dem DGJ der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) für die Jahre 2000-2015 sowie 2017 und 2019; Berechnungen des MQ aus den Tagesmittelabflüssen der WSA Ems-Nordsee für 2016, 2018 und 2020) soll aufgezeigt werden, wie sich die Abflüsse am Pegel Dalum in Zukunft verändern könnten (s. Tab. 2).

Tab. 2: Prognosen verschiedener Studien zu zukünftigen Abflüssen in West-Niedersachsen und Tendenzen der bisherigen Abflüsse am Pegel Dalum (Datenquellen: KWB, © LBEG, Hannover, 2022; MU 2019a; ANHALT et al 2021; BFG versch. Jahre; WSA 2022)

	nahe Zukunft			ferne Zukunft		
	Gesamtjahr Mittel	Sommer Mittel	Winter Mittel	Gesamtjahr Mittel	Sommer Mittel	Winter Mittel
MQ Dalum 1965-2019	47,4 m ³ /s	25,6 m ³ /s	69,5 m ³ /s	47,4 m ³ /s	25,6 m ³ /s	69,5 m ³ /s
MQ Dalum 2000-2020	43,9 m ³ /s	22,8 m ³ /s	65,2 m ³ /s	43,9 m ³ /s	22,8 m ³ /s	65,2 m ³ /s
Klimawirkungsstudie/KliBiW	11%	10%	10%	22%	17%	23%
Klimatische Wasserbilanz	hoher Überschuss	hohes Defizit	sehr hoher Überschuss	geringer Überschuss	hohes Defizit	sehr hoher Überschuss

Generell lässt sich zu den zukünftigen mittleren Abflüssen im westlichen Niedersachsen sagen, dass sich diese, auf das Gesamtjahr bezogen, kaum verändern werden (MU 2019a: 54ff). Für die nahe Zukunft werden mit dem RPC8,5 (Weiter-wie-bisher-)Szenario leichte Abnahmen bis leichte Zunahmen der Abflüsse prognostiziert. Für die ferne Zukunft ist mit leichten Zunahmen der Abflüsse zu rechnen (ebd.; ANHALT et al. 2021:47; MU2019b: 1f).

Dies liegt an der zukünftigen Niederschlagsumverteilung, welche zu mehr Niederschlägen im Winterhalbjahr, und weniger Niederschlägen und dementsprechend längeren Trockenperioden im Sommerhalbjahr führt, für das Gesamtjahr aber nicht zu großen Niederschlagszu- oder abnahmen führt. Die Umverteilung der Niederschläge lässt sich auch an den prognostizierten mittleren Abflüssen für das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr erkennen (MU 2019b: 1f): In der nahen Zukunft deuten sich für das hydrologische Sommerhalbjahr im Falle der Minimum-Tendenz (Minimum = schwaches Wandelszenario, Maximum = starkes Wandelszenario, jeweils auf die Kenngrößen Niederschlag und Temperatur bezogen) leichte Abnahmen an. Es kann aber auch zu keinen Änderungen bis zu leichten Zunahmen der mittleren Abflüsse kommen (MU 2019a: 58). Für die ferne Zukunft wird eher mit einer Zunahme der mittleren Abflüsse gerechnet, wenngleich die Bandbreite der möglichen Änderungen größer ist, es also im ungünstigsten Fall auch zu größeren Abnahmen der Mittelwasserabflüsse kommen kann (s. Abb. 25; MU 2019a: 59,63).

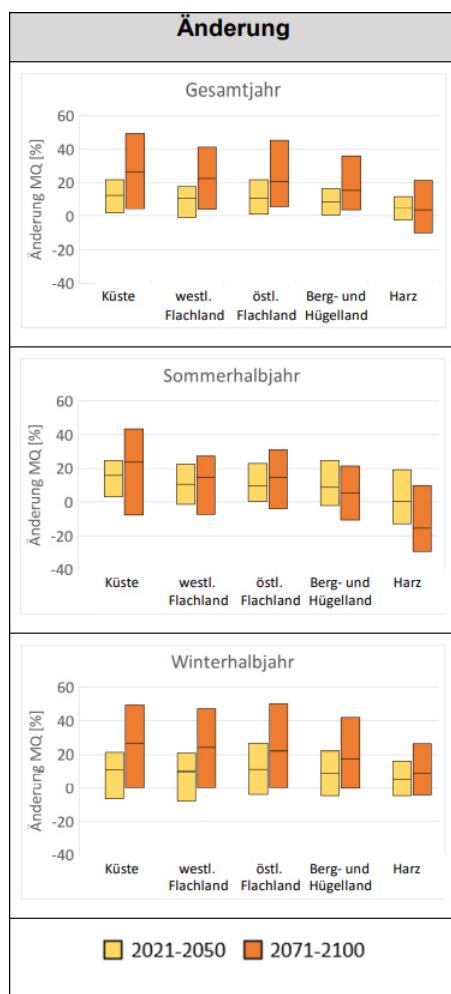


Abb. 25: Mögliche prognostizierte Änderungen der Abflüsse für Niedersachsen in der nahen und fernen Zukunft (MU 2019a: 63)

Die Prognosen der zukünftigen Änderungen des Mittelwasserabflusses für das hydrologische Winterhalbjahr zeigen, dass dieser in der nahen Zukunft vermutlich etwas zunehmen wird, eine leichte Abnahme ist aber auch möglich. In der fernen Zukunft werden stärkere Zunahmen prognostiziert (bis zu etwa 45 % Zunahmen), aber auch hier ist die Bandbreite der Möglichkeiten wieder sehr groß, sodass auch eine Abnahme des mittleren Abflusses nicht ausgeschlossen ist (MU 2019a: 61ff).

Die Abflussdaten des Pegels Dalum der Jahre 2000-2020 zeigen sowohl für das Gesamtjahr als auch für das hydrolog. Sommer- und Winterhalbjahr jeweils fallende Tendenzen (s. Abb. 26, 27 und 28).

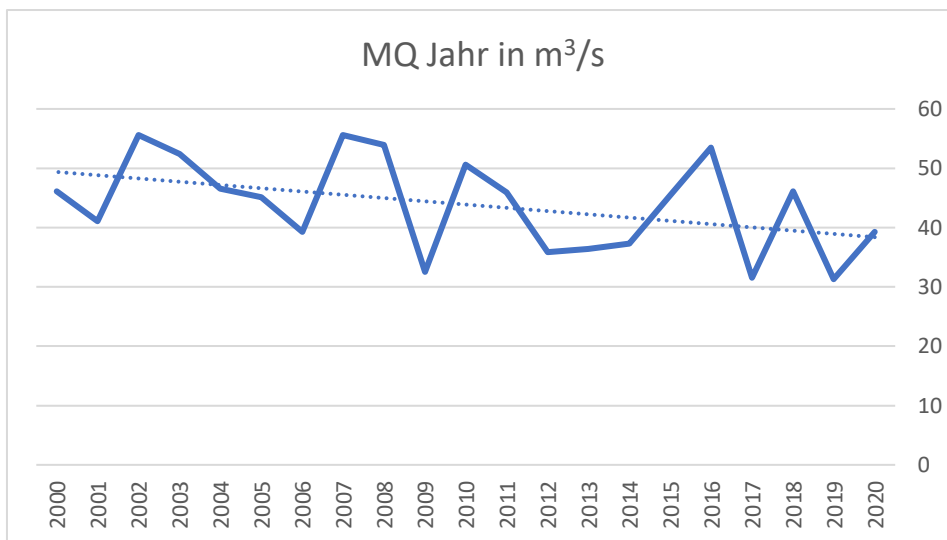


Abb. 26: Tendenz der mittleren Abflüsse des Gesamtjahres am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Datenquellen: BFG 2000-2015; WSA 2022)

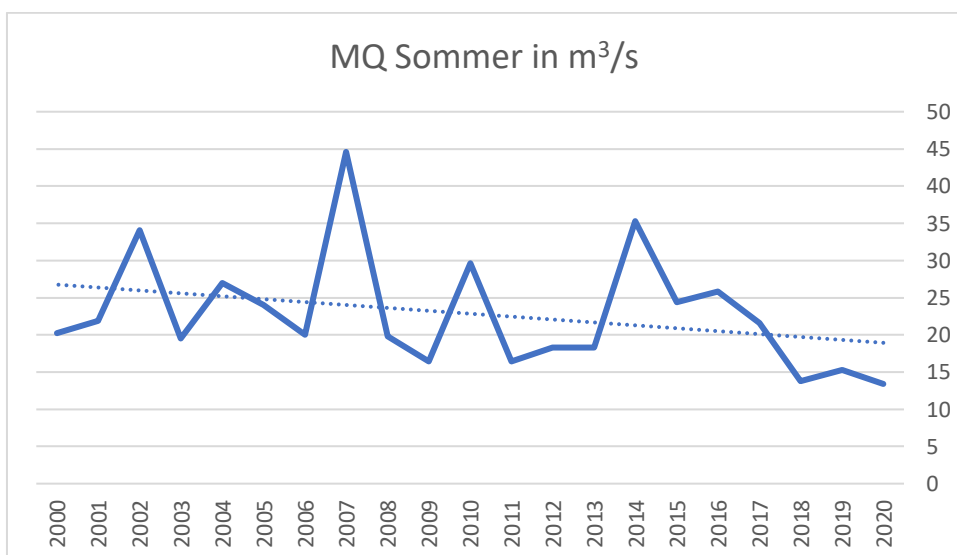


Abb. 27: Tendenz der mittleren Abflüsse des hydrolog. Sommerhalbjahres am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Datenquellen: BFG 2000-2015; WSA 2022)

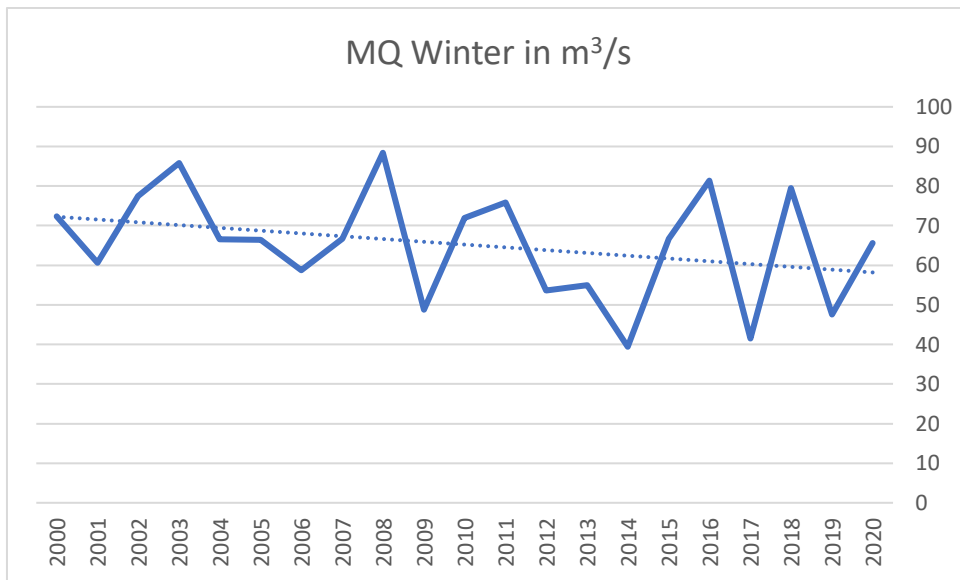


Abb. 28: Tendenz der mittleren Abflüsse des hydrolog. Winterhalbjahres am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (Datenquellen: BFG 2000-2015; WSA 2022)

Insbesondere in den Hitzejahren 2018 und 2019 (WRIEDT 2021: 1), aber auch noch im Jahr 2020 waren die mittleren Sommerabflüsse mit etwa 13-15 m³/s sehr niedrig, der Mittelwert der MQ Sommer liegt für den Zeitraum 2000-2020 bei 22,8 m³/s (s. Anhang 9). Die mittleren Abflüsse des hydrolog. Winterhalbjahres ergeben für den Zeitraum 2000-2020 einen Mittelwert von 65,2 m³/s (s. Anhang 9).

Da zwar die bisherigen Tendenzen der Abflüsse am Pegel Dalum eine sinkende Tendenz aufweisen, die möglichen Prognosen zu den Abflüssen für das westliche Niedersachsen (westliches Flachland) sich aber teils deutlich von den Prognosen zur klimatischen Wasserbilanz unterscheiden, ist meist keine eindeutige Tendenz, wie sich die Abflüsse der Ems am Pegel Dalum in Zukunft verändern werden, möglich. Insbesondere nicht für die hydrologischen Sommerhalbjahre der nahen und fernen Zukunft. Werden jeweils die mittleren Tendenzen für das hydrologische Winterhalbjahr sowie das Gesamtjahr in der nahen und fernen Zukunft betrachtet, wird es zu Zunahmen der Abflussmengen kommen (im Vergleich mit dem Referenzzeitraum 1971-2000), wenngleich die MQs am Pegel Dalum zunächst eine sinkende Tendenz aufwiesen (für die Jahre 2000-2020) (vgl. Tab 2). Hinzu kommt die für dieses Jahr beschlossene Abschaltung des Kernkraftwerks Emsland, welche dazu führt, dass die Wasserentnahme für das KKE um 80 % sinken wird, wodurch der Abfluss wieder leicht steigen wird (WITTROCK & WARNKE 2016b: 13).

Die Prognosen der Wasserbedarfe der einzelnen Raumnutzungen stammen aus dem *Wasserversorgungskonzept Niedersachsen* (MU 2022a, b) sowie dem *DAS Netzwerke Wasser* (2017). Die Trinkwasserversorgung wird vermutlich auch in Zukunft aus dem Grundwasser kommen, sodass sich hieraus keine direkten Konflikte mit den Wasserentnahmen aus der Ems ergeben werden. Teils haben die Wasserversorger im Emsland bereits Entnahmerechte bis zum Jahr 2047 (NLWKN 2022c: www). Der Wasserverbrauch für die Landwirtschaft wird, aufgrund der prognostizierten zunehmenden Trockenperioden während der Vegetationsperiode, deutlich zunehmen, insbesondere im Bereich Weser-Ems, zu welchem auch das Emsland gehört (MU 2022b: 30; DAS NETZWERKE WASSER 2017: 4). Im *Wasserversorgungskonzept Niedersachsen* (MU 2022a) wird für die Landwirtschaft im Emsland eine Zunahme des zukünftigen Wasserverbrauchs in der nahen Zukunft von etwa dem 8-fachen gegenüber dem Verbrauch im Jahr 2015 prognostiziert, allerdings nur auf die Entnahmen aus dem Grundwasser bezogen (MU 2022a: 29). Die Betreibenden der Landwirtschaft im Landkreis entnehmen aber zu einem geringen Teil auch Wasser aus Oberflächengewässern, wie der Ems, sodass die Entnahmemenge aus Oberflächengewässern vermutlich ebenfalls ansteigen wird (vgl. Kap. 5.1.2; KRÖCHER et al. 2021: 47). Die aktuell zulässige Entnahmemenge von 2 Mio. m³/a (~0,06 m³/s) würde also auf 16 Mio. m³/a (~0,51 m³/s) ansteigen in der nahen Zukunft, wobei sich die Entnahme auf die Vegetationsperiode konzentrieren würde, sodass insbesondere im Sommer mit Konflikten zu rechnen ist. Zudem ist fraglich, ob die genehmigten Mengen für das Oberflächenwasser so stark ansteigen werden, da die Kreisverwaltung des LK Emsland bereits im Jahr 2015 eine Empfehlung zur Entnahme aus Grundwasser für die Beregnung ausgesprochen hat (LK EMSLAND 2015: www). Der MQ im Sommerhalbjahr würde also von 25,595 m³/s (vgl. Kap. 5.1.1) noch etwas weiter sinken auf 25,145 m³/s (25,595 m³/s - 0,45 m³/s (Differenz aus vorheriger und zukünftiger LW-Wasserentnahme)), sofern sich dieser nicht sehr durch den Klimawandel verändern wird. Die Abschaltung des KKE sorgt allerdings dafür, dass der MQ um etwa 1,2 m³/s ab 2024 ansteigen wird, womit die zusätzliche Entnahme für die Landwirtschaft "ausgeglichen" wäre (WITTROCK & WARNKE 2016b: 13).

Im Bereich der Industrie ist eine Prognose des zukünftigen Wasserverbrauchs schwer zu treffen, da dies sehr von den einzelnen Industriebranchen abhängig ist (MU 2022b: 31ff). Im Bereich der Kühlung ist eine Zunahme an Wasserverbrauch abzusehen, da mit zunehmender Temperatur auch mehr gekühlt werden muss, gleichzeitig aber auch das Oberflächenwasser erwärmt und eine Nutzung zur Kühlung weniger sinnvoll werden würde. Hierbei könnte es zu Nutzungsverschiebungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser kommen (MU 2022b: 31f). Jedoch ist die Branche mit dem mit Abstand größten Wasserverbrauch aus Oberflächengewässern im Emsland die Energieversorgung (KRÖCHER et al. 2021: 47). Und durch die Abschaltung des Kernkraftwerks wird der Wasserverbrauch für die Kühlung um

80 %, auf 8 Mio. m³/a, sinken, statt, aufgrund der erhöhten Temperaturen weiter anzusteigen (WITTRÖCK & WARNKE 2016b: 13). Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der anderen Industriebranchen, wird als zukünftige Prognose der Status-Quo gewählt. Es soll also bei den aktuellen Entnahmemengen bleiben (MU 2022b: 34). Somit ist zunächst nicht klar, ob es durch die Industrie, abgesehen von der Energieversorgung, zu Änderungen in den Abflussraten und Konflikten mit anderen Raumnutzungen kommen wird.

Auch im Hinblick auf die Natur und Umwelt können nur schwer Aussagen getroffen werden, solange nicht eindeutig ist, ob und wie sich die zukünftigen Abflüsse der Ems verändern werden. Klar ist, dass es im Landkreis Emsland, sowie speziell im Bereich des Wasserkörpers 03001 einige Biotoptypen gibt, die sehr empfindlich gegenüber Wasserstandsabsenkungen reagieren würden (vgl. Kap. 5.1.2). Auch auf die Ökologie im Fließgewässer Ems haben Wasserabsenkungen bzw. Verringerungen des Abflusses Auswirkungen, zumal die Ökologie des WK 03001 sowieso schon in keinem guten Zustand ist (NLWKN 2016: www). Der WK 03001 ist von starker Eutrophierung und Salzbelastungen betroffen (ebd.; FGE EMS o.J.: 239). Wasserentnahmen würden dies weiter verstärken, da so weniger eingeleitetes schadstoffreiches Wasser verdünnt werden kann (BUND 2020: 18; LAWA 2020: 17). Die Eutrophierung im Zusammenhang mit möglichen Temperaturanstiegen würde zu einer Verschlechterung des Sauerstoffgehalts führen und gleichzeitig zu einer Erhöhung des Sauerstoffbedarfs der Fauna (BUND 2020: 18f; LAWA 2020: 18). Die ebenfalls bereits schlechte Durchgängigkeit des Fließgewässers könnte durch die Wasserentnahmen verschärft werden, sodass es Fischen und anderen Lebewesen beispielsweise nicht mehr möglich ist, in ihre Laichgebiete zu kommen, sich in kühlere Gewässerabschnitte zurückzuziehen oder sie gar vom Trockenfallen einzelner Gewässerabschnitte betroffen sein könnten (BUND 2020: 19). Von letzterem ist, im Hinblick auf die nur geringen Änderungen des Ems-Abflusses, wahrscheinlich nicht auszugehen, bzw. würden vorher die Wasserentnahmen gestoppt werden (NLWKN 2022b: schriftl. Mitteilung). Auch die Sedimentation würde sich erhöhen, da sie mit sinkender Fließgeschwindigkeit ansteigt (BUND 2020: 18).

5.2 Landkreis Leer

Für die Elektrolyse in Diele im Landkreis Leer soll die Wasserversorgung über das öffentliche Netz, oder, wenn dies nicht realisierbar ist, über Brunnenwasser erfolgen. In jedem Fall soll also die Entnahme des Wassers aus dem Grundwasser erfolgen (ELEMENT EINS 2020: 2; BRÜMMER et al. o.J.: 29).

5.2.1 Wasserverfügbarkeit aus dem Grundwasser und Wasserverbrauch der Elektrolyse

Der Landkreis Leer hat ein nutzbares Grundwasserdargebot von 37,53 Mio. m³/a, welches er aus fünf Grundwasserkörpern, die ganz oder teilweise im LK liegen, entnehmen kann (s. Abb. 29).

Grundwasserkörper im Landkreis Leer

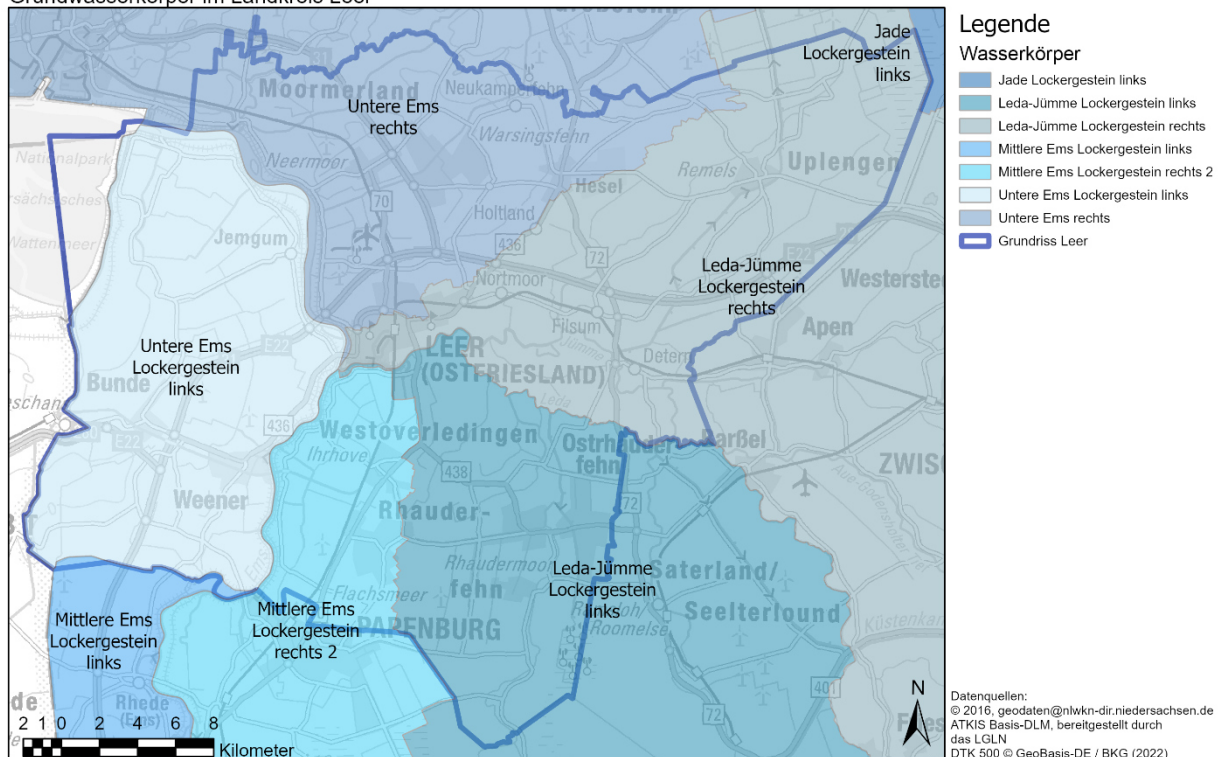


Abb. 29: Grundwasserkörper, die ganz oder teilweise im Landkreis Leer liegen

65,3 % davon werden allerdings bereits genutzt (genehmigte Entnahmemenge), sodass eine nutzbare Dargebotsreserve von lediglich 13,04 Mio. m³/a übrig bleibt (RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015 Anlage 2; MU o.J.b: www). Laut der Statistik des LSN von 2019 zur öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung wurden im Jahr 2019 15,812 Mio. m³ Wasser für die öffentliche Wasserversorgung aus dem Grundwasser entnommen, der Wert für die Entnahme aus dem Grundwasser für die nichtöffentliche Wasserversorgung wird geheim gehalten, beträgt aber vermutlich nicht mehr als 1,289 Mio. m³ Wasser (Gesamtentnahme abzüglich See- und Talsperrenwasser) (LSN 2022a: Tab 2; LSN 2022b: Tab.1). Dies würde einer nutzbaren Dargebotsreserve von 20,429 Mio. m³/a, also einer Auslastung von etwa 45,5 % entsprechen. Der kritische Punkt von 20 % wäre also in jedem Fall schon ohne die Nutzung von Grundwasser für die Elektrolyse überschritten, der kritische Punkt von 40 % (starker Wasserstress) ebenso. Hierbei ist noch zu beachten, dass in den Statistiken des LSN die

Entnahmemengen für den Grundwasserkörper Borkum mit enthalten sind, wodurch es zu leichten Ungenauigkeiten kommt. Der Grundwasserkörper Borkum hat ein nutzbares Dargebot von 1,2 Mio. m³/a Wasser, das Dargebot wird aber bereits vollständig ausgenutzt, sodass die nutzbare Dargebotsreserve gleich 0,00 Mio. m³/a Wasser ist (RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015 Anlage 2).

In Diele ist eine Elektrolyseanlage mit einer Leistung von 100 MW geplant, welche pro Jahr etwa 5000 Volllaststunden laufen soll. Bei einem Wasserverbrauch von 9 l pro Kilogramm Wasserstoff (stöchiometrischer Wert) und einer Produktion von etwa 2 t H₂ pro Stunde ergibt sich ein Wasserbedarf von 90.000.000 l, bzw. 90.000 m³ Wasser pro Jahr. In der Studie "Quo vadis, Elektrolyse" (BRÜMMER et al. o.J.), in welcher auch der Standort Diele für die Elektrolyse ausgewählt wird, wird ein Wasserverbrauch von 10 l pro Kilogramm Wasserstoff, also ein jährlicher Verbrauch von 100.000.000 l bzw. 100.000 m³ Wasser, angegeben (BRÜMMER et al. o.J.: 29).

Die nutzbare Dargebotsreserve würde dementsprechend pro Jahr um 90.000 m³, bzw. 100.000 m³ sinken, läge also dann bei 12,94 Mio. m³/a (nach Entnahmegenehmigungen) bzw. bei 20,329 Mio. m³/a (nach LSN-Statistiken) (s. Abb. 30). Dies würde nicht wesentlich zu einer weiteren Senkung der Dargebotsreserve beitragen, die Auslastung würde nun etwa 65,6 % bzw. 45,8 % betragen.

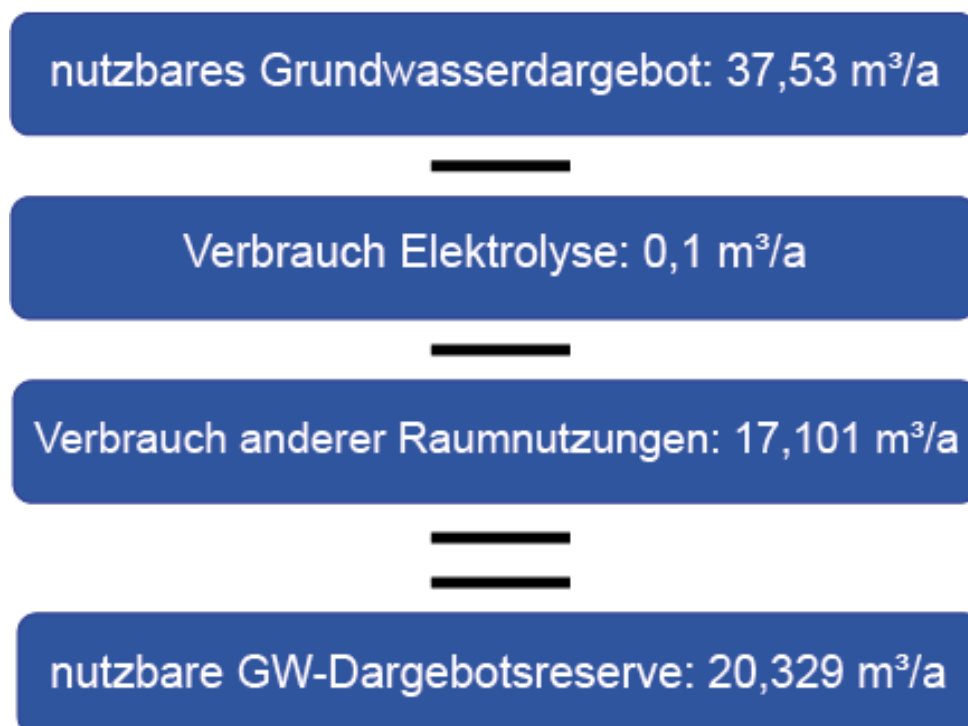


Abb. 30: Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen ergibt

5.2.2 Wasserverbrauch anderer Raumnutzungen im Landkreis Leer

Der Großteil des im Landkreis Leer verfügbaren Grundwassers wird für die Trinkwasserversorgung verwendet. Im Jahr 2019 betrug die Entnahmemenge für die öffentliche Wasserversorgung aus dem Grundwasser 15,812 Mio. m³ Wasser (LSN 2022a: Tab. 2). Dies entspricht einem Anteil von 42,1% an dem Grundwasserdargebot für den Landkreis Leer.

Von den 15,812 Mio. m³ Wasser wurden 11,288 Mio. m³ Wasser an Letztverbraucher*innen abgegeben, was einer Menge von 189,3 l pro Einwohner*in und Tag (E*d) entspricht und damit etwas über dem niedersächsischen Durchschnitt von 173,3 l/E*d liegt (LSN 2022a: Tab. 13). 90,7 % davon ging dabei an "Haushalte und Kleingewerbe". An "gewerbliche und sonstige Abnehmer/innen", welche nicht zu dem vorigen Bereich zählen, gingen die übrigen 9,3 % (ebd.). Auch an den Entnahmegenehmigungen lässt sich erkennen, dass das Grundwasser im Landkreis Leer fast ausschließlich für die öffentliche Wasserversorgung genutzt wird: 92,3 % (48 von 52) der vergebenen Wasserrechte für das Grundwasser im Landkreis Leer fallen auf die öffentliche Wasserversorgung. Der Rest fällt auf die Industrie und sonstige Vorhaben (7,7 % bzw. 4 von 52) (NLWKN 2022c: www). Insgesamt 12 nichtöffentliche Betriebe haben im Jahr 2019 eine Wassermenge von 1,913 Mio. m³ entnommen. Wie viel davon aus dem Grundwasser entnommen wurde, unterlag der Geheimhaltung (LSN 2022b: Tab. 1). Die Landwirtschaft deckt ihren Wasserbedarf ausschließlich aus Oberflächenwasser (NLWKN 2022c: www).

Neben der hohen Bedeutung des Grundwassers für den Menschen und seine Trinkwasserversorgung lässt sich im Landkreis Leer auch eine hohe Bedeutung für den Boden und Biototypen erkennen, denn es kommen dort einige grundwasserabhängige Biotypen und Böden vor, bei welchen sich also eine Wasserstandsabsenkung negativ auswirken würde (vgl. Kap. 2.2): Einerseits gibt es größere Flächen an Niedermoorböden, ebenso sind aber auch die zahlreichen Marschen (Klei- Kalk- und Rohmarsch) betroffen (LBEG 2021: 3; vgl. Kap. 3.3 Abb. 12). Insgesamt kommen auf etwa 23,5 % aller Biotypenflächen im Landkreis Leer Biotypen mit der höchsten Wasserempfindlichkeitsstufe (+++), welche meist eine starke Grundwasserabhängigkeit bedeutet, vor (DRACHENFELS 2012: 5; s. Anhang 7). Häufig sind dies Sümpfe oder Niedermoore (NS), es kommen aber auch vereinzelt Erlen- oder Birken- Bruchwälder (WA oder WB) oder Torfmoos-Schwingrasen (MT) vor. Hochmoore (++h) kommen auf 1,5 % der Flächen vor und sind heutzutage wahrscheinlich auch zum Großteil Grundwasser abhängig, da ihr Wasserhaushalt oftmals nicht mehr intakt ist (s. Anhang 7; KEHBEIN et al. 2013: 6). Häufige in Leer vorkommende Biotypen der Kategorie ++ sind zum Beispiel Feuchtgrünländer (GF) (s. Anhang 7). Flächen mit Biotypen mit mindestens dieser Bewertungsstufe machen einen Flächenanteil von 55,3 % aus (ebd.).

5.2.3 Voraussichtliche Änderungen der Wasserverfügbarkeit im Zuge des Klimawandels und sich daraus ergebende Änderungen für den Landschaftswasserhaushalt im Landkreis Leer

Sowohl die sich durch den Klimawandel ergebenden zukünftigen Änderungen der Grundwasserneubildungsraten als auch der dadurch zukünftige veränderte Wasserverbrauch der Raumnutzungen wird sich auf das Grundwasserdargebot auswirken.

Die Grundwasserneubildungsraten verändern sich in der nahen Zukunft in Leer im Vergleich zur Referenzperiode 1981-2010 durchschnittlich um -15,13 % (s. Abb. 31 & 32). Daraus ergibt sich ein Grundwasserdargebot in der nahen Zukunft von nur noch **31,85 Mio. m³/a**.

Veränderung der Grundwasserneubildung im Landkreis Leer von 1981-2010 zu 2021-2050

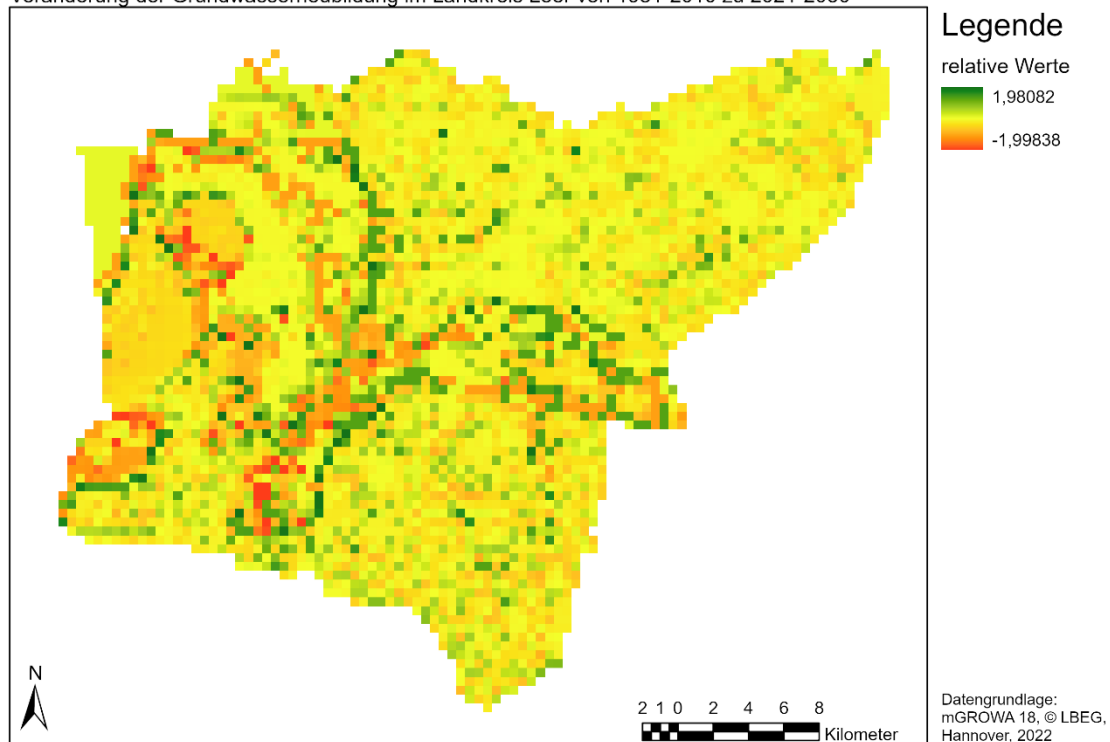


Abb. 31: Veränderung der Grundwasserneubildungsrate im Landkreis Leer in der nahen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010

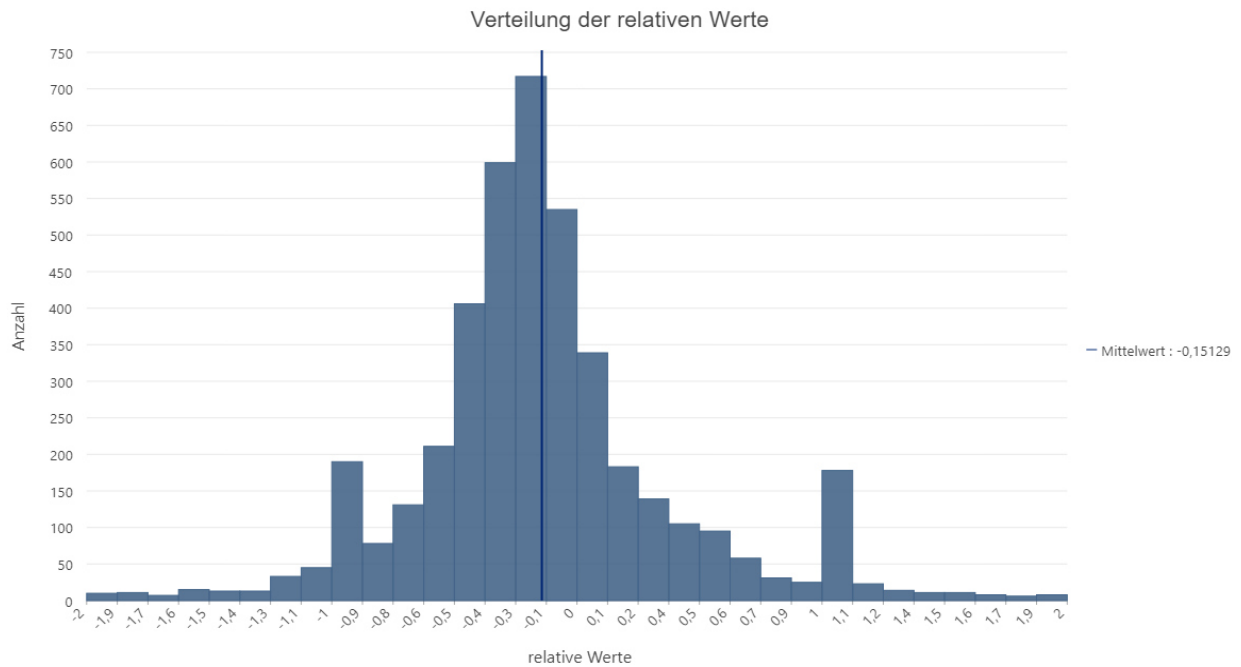


Abb. 32: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate in der nahen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010 im Landkreis Leer

In der fernen Zukunft sinken die Grundwasserneubildungsraten im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010 um -24,94 % für das Gesamtjahr (s. Abb. 33 & 34).

Veränderung der Grundwasserneubildung im Landkreis Leer von 1981-2010 zu 2071-2100

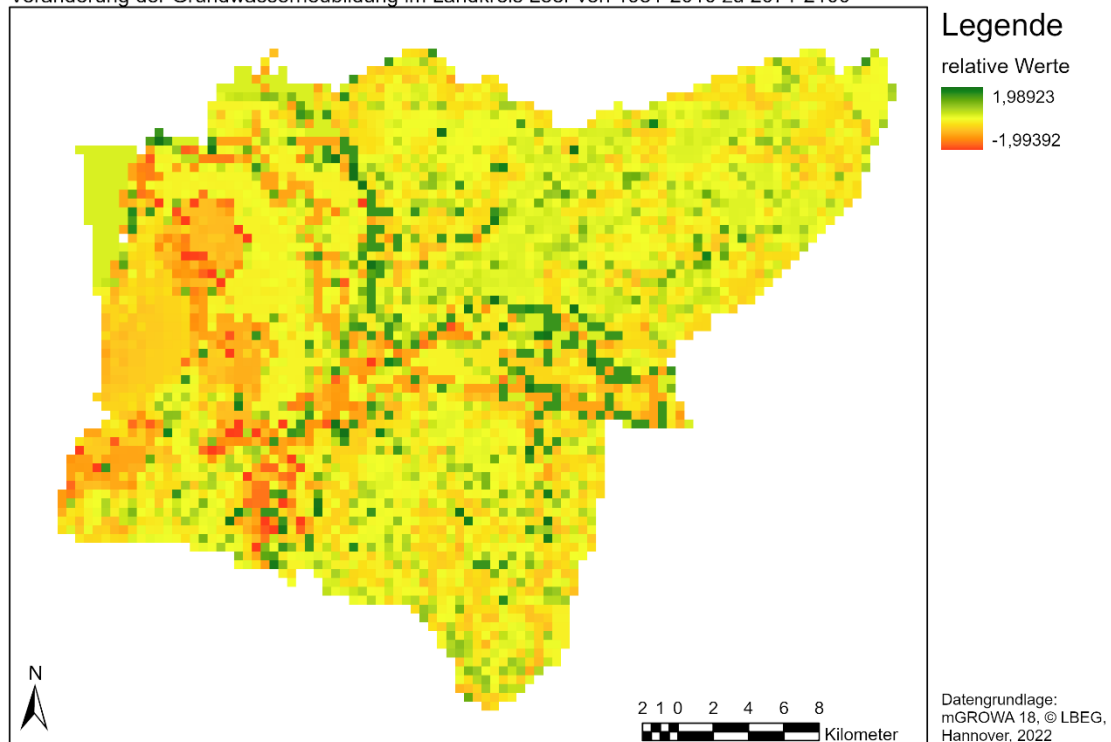


Abb. 33: Veränderung der Grundwasserneubildungsrate in der fernen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010 im Landkreis Leer

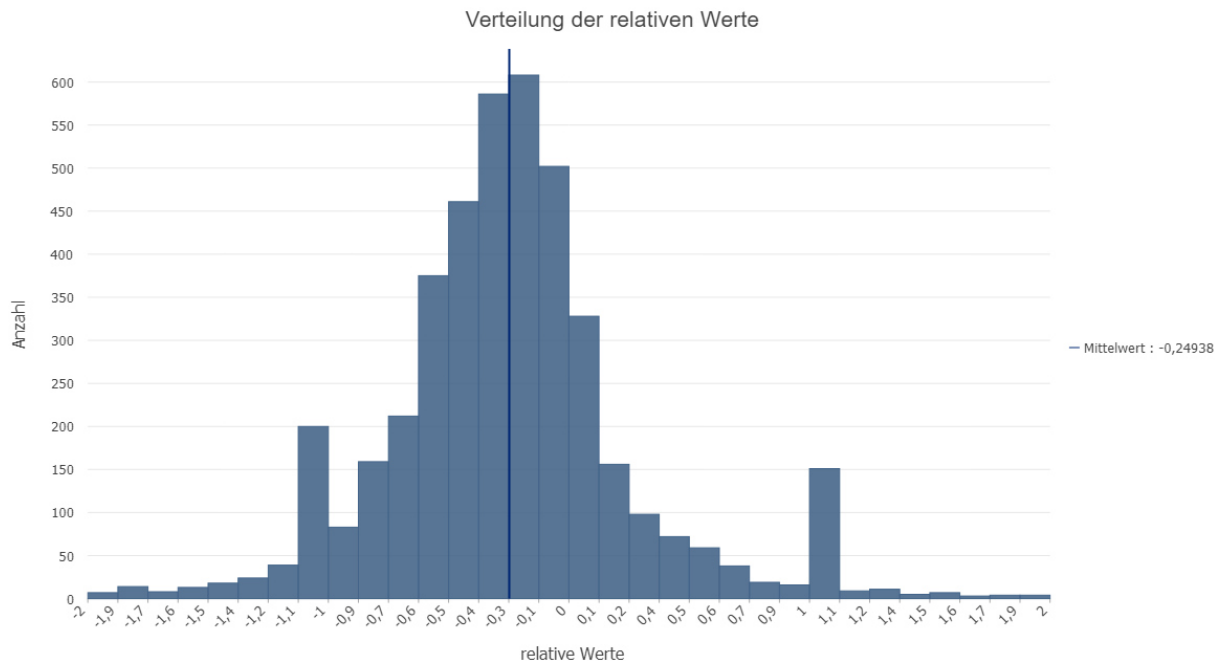


Abb. 34: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate in der fernen Zukunft gegenüber der Referenzperiode 1981-2010 im Landkreis Leer

Daraus ergibt sich in der fernen Zukunft ein Grundwasserdargebot von **28,17 Mio. m³/a**.

Für die anderen Raumnutzungen werden für die nahe und ferne Zukunft folgende Änderungen erwartet: (s. Tab. 3).

Tab. 3: Prognosen des zukünftigen Wasserverbrauchs anderer Raumnutzer im Landkreis Leer

	Veränderungen in %	
	nahe Zukunft	ferne Zukunft
Leer		
Öffentliche Wasserversorgung	15	10
Feldberegnung	0	0
Tierhaltende Betriebe (Eigenversorgung)	-55	-60
Industrie	0	0

Ein erhöhter Wasserverbrauch bezogen auf das Grundwasser wird ausschließlich durch die öffentliche Wasserversorgung erwartet. Gründe hierfür sind zum Beispiel ein erhöhter Verbrauch in den Sommermonaten durch Bewässerung von Gärten oder Gemeindeflächen, sowie Gartenpools (MU 2022b: 25). Der Verbrauch durch die Landwirtschaft (Feldberegnung)

wird zwar steigen, wird das Wasser aber weiterhin im LK Leer dafür nur aus Oberflächengewässern entnommen, ergeben sich daraus keine zusätzlichen Auswirkungen auf das Grundwasser (MU 2022a: 28; NLWKN 2022c: www). Die starke Abnahme der Eigenförderung von Grundwasser durch tierhaltende Betriebe wird zum einen mit einem Rückgang der Tierbestände sowie einer Verlagerung hin zum Anschluss an die öffentliche Wasserversorgung begründet (MU 2022b: 28).

Werden nun die künftigen Änderungen mit dem entsprechenden bisherigen Verbrauch der Raumnutzungen (laut LSN Statistik von 2016 (LSN 2019a, b), da sich die Änderungen im Wasserversorgungskonzept auf 2015 beziehen und 2016 dem am nächsten kommt) verrechnet, ergibt sich für die öffentliche Wasserversorgung eine Entnahmemenge von 17,17 Mio. m³/a in der nahen Zukunft (2030) und in der fernen Zukunft (2050) eine Entnahmemenge von 16,42 Mio. m³/a. Da für die nichtöffentliche Wasserversorgung nicht die alleinigen Werte für das Grundwasser bekannt sind, sondern nur ein Gesamtwert aller Entnahmen aus allen Gewässern vorliegt, wird dieser Gesamtwert von 1,003 Mio. m³ Wasser unverändert mit einberechnet. Jedoch ist von einer geringeren Menge auszugehen, da im Landkreis Leer neben dem Grundwasser auch Wasser aus Fluss, See- und Talsperrenwasser für die nichtöffentliche Wasserversorgung entnommen wurde. Zusätzlich wird der Verbrauch für die tierhaltenden Betriebe in Zukunft vermutlich stark sinken (LSN 2019b: Tab. 1; MU 2022a: 28). Somit ergibt sich für die nahe Zukunft eine nutzbare Grundwasserdargebotsreserve von **~13,68 Mio. m³/a**, was einer Auslastung von 57 % entspricht, und für die ferne Zukunft eine Grundwasserdargebotsreserve von **~10,75 Mio. m³/a**, was einer Auslastung von 61,8 % entspricht.

Der Nutzungsdruck auf die Grundwasserkörper würde also von etwa 45 % (vgl. Kap. 5.2.1) auf bis zu über 60 % in der fernen Zukunft ansteigen und das ohne den zusätzlichen Verbrauch durch die Elektrolyse. Durch den stöchiometrischen Wasserverbrauch der Elektrolyse würde die jeweilige nutzbare Grundwasserdargebotsreserve nochmal um jeweils 100.000 m³/a sinken (s. Abb. 35 & 36) und den Nutzungsdruck noch weiter verschärfen, und das obwohl der kritische Punkt für die Grundwasserkörper im Landkreis Leer schon jetzt längst überschritten ist (vgl. Kap. 5.2.1).

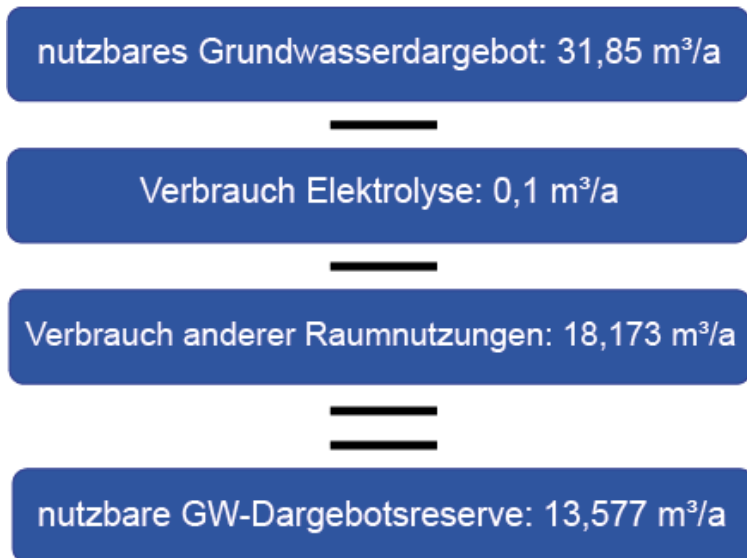


Abb. 35: Rechnung zur Bestimmung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer in der nahen Zukunft, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot der nahen Zukunft abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen ergibt

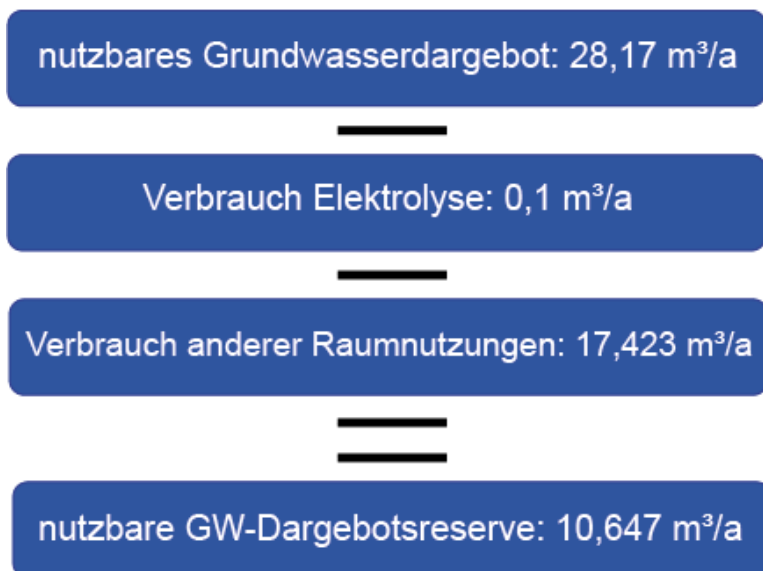


Abb. 36: Rechnung zur Bestimmung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer in der fernen Zukunft, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot der fernen Zukunft abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse und weiterer Raumnutzungen ergibt.

Durch die sinkenden Grundwasserneubildungsraten, dem dadurch entsprechend sinkenden Grundwasserdargebot sowie den sich daraus ergebenden sinkenden Grundwasserständen verschlechtert sich auch die Situation für die grundwasserempfindlichen bzw.

grundwasserabhängigen Biotoptypen im Landkreis Leer. Das könnte in Folge beispielsweise zum Austrocknen oder einer Schädigung der Niedermoore, Sümpfe, Marschen, etc. sowie zu einer generellen Austrocknung des Bodens führen (WRIEDT 2021: 27; MU 2019a: 33; BEUG 2006.: 7; BANNICK et al. 2008: 21). Auch die Grundwasserfauna kann durch Grundwasserstandsabsenkungen sowie der erhöhten Konzentration stofflicher Einträge bei abnehmendem Grundwasserstand beeinträchtigt werden, sodass diese, teils seltenen Arten, ihren Lebensraum verlieren können und absterben, oder durch andere Arten, die mit den neuen Gegebenheiten besser zurechtkommen, verdrängt werden (HAHN 2006: 5f).

6. Diskussion

6.1 Ergebnisdiskussion

Die Elektrolyseanlage in Lingen an der Ems und die damit einhergehenden Wasserentnahmen aus der Ems stellen für diese keine Probleme dar. Auch Konflikte mit anderen Raumnutzungen sind weder in der nahen noch in der fernen Zukunft zu erwarten (vgl. Kap. 5.1.1-5.1.3). Bei Niedrigwasserereignissen, die zu einer Unterschreitung des MNQs führen, müssen die Wasserentnahmen jedoch gestoppt werden. Im schlimmsten Fall ist davon auszugehen, dass dies in der Zukunft, mit Blick auf den Klimawandel, häufiger geschehen wird (MU 2019a: 119ff). Sofern der Strom für die Elektrolyse vorwiegend aus Windkraft erzeugt wird, die in den Wintermonaten reichhaltiger als in den Sommermonaten anfällt, wird vermutlich ein Stopp der Elektrolyse aufgrund von Niedrigwasser gar nicht notwendig sein, da die Elektrolyse aufgrund weniger verfügbarem bzw. keinem überschüssigen Strom sowieso nicht oder nur seltener laufen wird (AEE 2020: www). Zudem wäre bei drohendem Erreichen der Mindestwasserführung auch eine Einleitung von Wasser aus dem Speicherbecken Geeste möglich, um die Mindestwasserführung weiterhin gewährleisten zu können (WITTRÖCK & WARNKE 2016a: 1).

Die Menge der Wasserentnahme wird deutlich höher sein, als bisher errechnet, da nicht nur für die Elektrolyse an sich Wasser verbraucht wird (stöchiometrischer Wert), sondern zunächst bei der Wasseraufbereitung Wasser "verloren" geht und auch eine Kühlung der Elektrolyseanlage notwendig ist, wofür ebenfalls Wasser verbraucht wird (BLANCO 2021: www; FIUS 2020: 9; TGA FACHPLANER 2021: www). Da die Ems durch seine Nutzungen mit Chemikalien, Nährstoffen und einem zu hohen Salzgehalt belastet ist, nimmt die Aufbereitung des Wassers aus diesem Fließgewässer vermutlich relativ viel Wasser in Anspruch und ist teuer (FGE EMS o.J.: 239; MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Wie viel genau, lässt sich bisher allerdings nicht sagen, dies wird sich erst konkret bei der Inbetriebnahme der Wasserstoffproduktion in Lingen zeigen (MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Laut einer Auswertung aller Entsalzungsanlagen weltweit

von *tga-fachplaner* sind im Schnitt 2,5 l Rohwasser für 1 l Süßwasser notwendig, das bedeutet, für 1 kg H₂ sind 22,5 l Rohwasser nötig (TGA FACHPLANER 2021: www). Andere Studien kommen auf ähnliche Ergebnisse (BLANCO 2021: www). Der Wasserverbrauch für die Kühlung hängt unter anderem davon ab, zu welcher Jahreszeit die Elektrolyse hauptsächlich läuft: Im Winter ist durch die niedrigeren Temperaturen weniger Kühlwasser notwendig als im Sommer und gleichzeitig steigen im Sommer auch die Temperaturen der Ems an, sodass eine Kühlung weiter erschwert und zusätzliches Wasser notwendig wird (BUND 2020: 29; MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Laut *FIUS* (2020) kommen für die Kühlung nochmal etwa 4,5 l Wasserverbrauch (also die Menge, die verdunstet) pro Kilogramm H₂ hinzu (FIUS 2020: 9). Somit ergibt sich ein Gesamtverbrauch von 27 l Wasser / kg H₂, also die dreifache Menge gegenüber dem stöchiometrischen Wert von 9 kg / kg H₂. Aber auch mit dieser erhöhten Menge an Wasserverbrauch ($648.000 \text{ m}^3/\text{a} = \sim 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$) verändert sich der Abfluss der Ems nicht deutlich (s. Abb. 37).

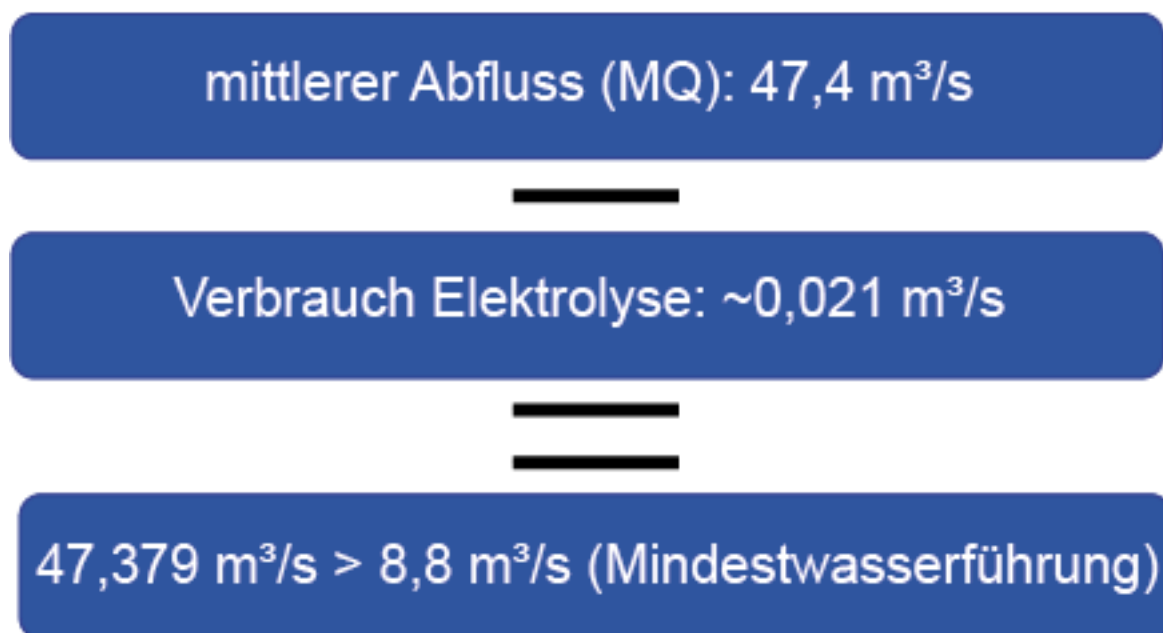


Abb. 37: Berechnung des Flusswasserdargebots der Ems (Pegel Dalum) abzüglich des Verbrauchs der Elektrolyse inklusive Wasseraufbereitung und Kühlung

Wird, als Beispiel, nun davon ausgegangen, dass der "überschüssige Abfluss", also die Differenz zwischen dem MQ und MNQ ($47,4 \text{ m}^3/\text{s} - 8,8 \text{ m}^3/\text{s} = 38,6 \text{ m}^3/\text{s}$), vollständig ausgeschöpft werden könnte, ergibt sich, dass das Wasser der Ems ausreichen könnte für eine Elektrolyseanlage (inkl. Aufbereitung und Kühlung) in Höhe von 551.428,6 MW. Dies würde jedoch bedeuten, dass der kritische Punkt ständig erreicht ist, und das wiederum, dass es keinen Spielraum mehr für Schwankungen in den Abflüssen durch beispielsweise Niedrigwasserperioden gäbe und es wäre somit unsinnig und auch nicht möglich. Wird

stattdessen davon ausgegangen, dass der kritische Punkt nicht der MNQ, sondern ein Verbrauch von 20 %, wie laut Wassernutzungs-Index vorgesehen, ist, stände für die Elektrolyse ein Maximalverbrauch von 9,48 m³/s (20 % von 47,4 m³/s) zur Verfügung. Das würde bedeuten, dass maximal 135.429 MW am Standort Lingen installiert werden könnten (UBA 2019a: www). Selbst dies ist extrem hoch und unwahrscheinlich, in Norddeutschland ist beispielsweise nur geplant, mindestens 5 GW Elektrolyseleistung zu installieren bis zum Jahr 2030 (WIRTSCHAFTS-UND VERKEHRSMINISTERIEN DER NORDDEUTSCHEN KÜSTENLÄNDER 2019: 1). Weiterhin ist zu beachten, dass in diese Rechnungen der Klimawandel nicht mit einbezogen wurde, da keine genauen prognostizierten Abflusswerte der Ems für die Zukunft vorliegen, zudem ist es ein reines Gedankenspiel. In dieser Arbeit wurde bei den Berechnungen der Veränderungen der Abflusswerte nur der flussabwärts nächste Pegel und der in dem Bereich liegende Wasserkörper betrachtet. Es muss aber erwähnt werden, dass sich die Abflussveränderungen auch in den darauffolgenden Abschnitten der Ems bemerkbar machen könnten.

Außerdem kann von der Ems nicht direkt auf andere Fließ- und Oberflächengewässer geschlossen werden. Das heißt, obwohl die Ergebnisse für die Ems keine Probleme bei der Wasserentnahme zeigen, muss dies bei anderen Oberflächengewässern nicht auch so sein. Genau dafür wurde diese Methodik aber erstellt, sodass für jeden möglichen Standort anhand der dortigen vorhandenen Daten ausgewertet werden kann, ob der Wasserverbrauch für eine Elektrolyseanlage mit den Wasservorkommen vor Ort übereinstimmt, oder den kritischen Punkt überschreitet. Generell werden sich die zukünftigen Entwicklungen sehr stark regional und lokal unterschiedlich ausprägen und die Menge der Wasserentnahme muss immer jeweils an die Bedingungen vor Ort angepasst werden (LAWA 2017: 44).

Die Wasserentnahme für die Elektrolyse aus dem Grundwasser zeigt für den Standort Diele im Landkreis Leer deutlich, dass darauf unbedingt verzichtet werden sollte, denn bereits ohne den Einbezug der Wasserstoffproduktion ist in Leer der kritische Punkt von 20 % und selbst der von 40 % der Wasserentnahme aus dem Grundwasser überschritten. Wird stattdessen als kritischer Punkt der im WHG festgelegte, nicht mehr mengenmäßig gute Zustand der Grundwasserkörper angenommen, was bedeutet, dass die Grundwasserentnahme die Grundwasserneubildung übersteigt (§ 47 WHG), wäre die Wasserentnahme für die Elektrolyse aktuell noch kein Problem, da immer noch eine Grundwasserdargebotsreserve vorhanden ist, die Entnahme also bisher nicht die Neubildung übertrifft (vgl. Kap. 5.2.1-5.2.2). Auch hier ist aber der Verbrauch für die Wasserstoffproduktion höher als der rein stöchiometrische Wert. Das Grundwasser im Landkreis Leer ist teilweise von Versalzungen betroffen, sodass auch hier vermutlich etwas mehr Wasser für die Aufbereitung notwendig ist (MU 2022b: 17; MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Ebenso wird auch wieder Wasser für

die Kühlung verbraucht, sodass auch hier der eigentliche Wasserverbrauch in etwa dreimal so hoch ist, wie der stöchiometrische Wert allein (s. Abb. 38).

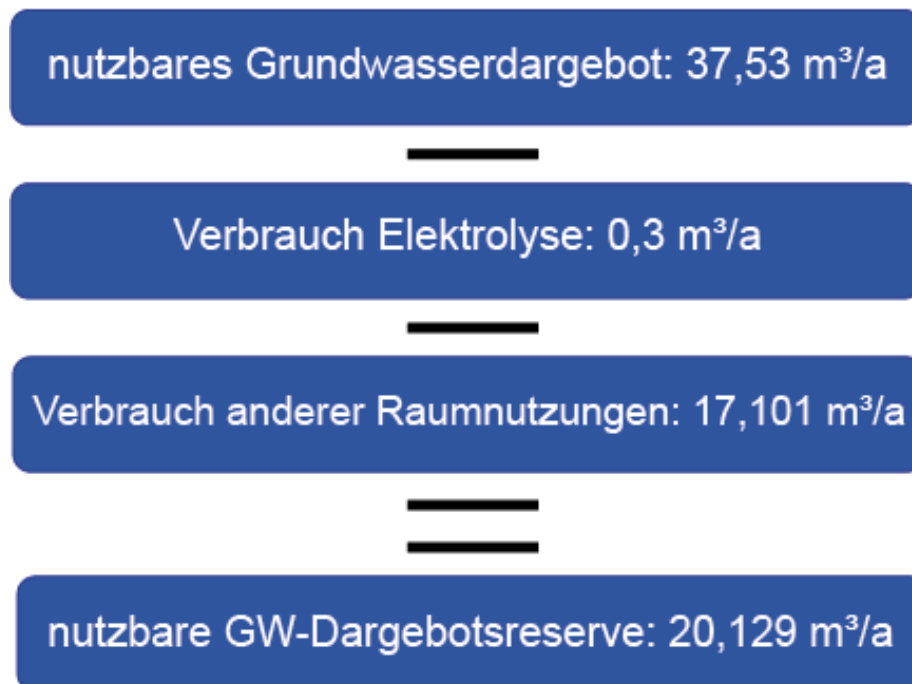


Abb. 38: Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse inklusive Aufbereitung und Kühlung, und des Wasserverbrauchs weiterer Raumnutzungen ergibt

In diesem Fall wäre also, bei vollständiger Auslastung der Grundwasserdargebotsreserve, für die nahe Zukunft eine maximale Elektrolyseleistung von 4560 MW, und für die ferne Zukunft eine maximale installierbare Leistung von 3583 MW möglich (s. Rechnung), bei Einbezug des Wasserverbrauchs für die Wasseraufbereitung (22,5 kg / kg H₂) und für die Kühlung (4,5 kg / kg).

Nahe Zukunft: 13,68 Mio. m³/a / 300.000 m³/a = 45,6; 45,6 * 100 MW = 4560 MW

Ferne Zukunft: 10,75 Mio. m³/a / 300.000 m³/a = 35,83; 35,83 * 100 MW = 3583 MW

Eine vollständige Auslastung des Grundwasserdargebots ist aber nicht zu empfehlen, da daraufhin der Grundwasserspiegel dauerhaft absinken würde und zum Beispiel Brunnen für

Trinkwasser immer tiefer reichen müssten (MDR 2022: www). Außerdem könnten auch keine Schwankungen des Wasserbedarfs aus dem Grundwasser mehr abgefangen bzw. ausgeglichen werden, da das nutzbare Grundwasserdargebot pro Jahr bereits vollständig ausgeschöpft wäre.

Hinzu kommt ebenso, dass sich diese Berechnungen derzeit nur auf eine Elektrolyseleistung von 100 MW im Landkreis Leer beziehen. Weitere Elektrolysen, welche eine Grundwassernutzung vorsehen, würden den Nutzungsdruck auf das Grundwasser dementsprechend auch weiter verschärfen, da noch mehr Grundwasser entnommen werden müsste. Die Prognosen des Grundwasserdargebots für die nahe und ferne Zukunft sowie die Wasserbedarfsprognosen für den Landkreis Leer zeigen, dass die Grundwasserneubildung und dementsprechend das Grundwasserdargebot abnehmen, und gleichzeitig der Wasserverbrauch der öffentlichen Wasserversorgung zunehmen wird. Der Nutzungsdruck wird also steigen (vgl. Kap. 5.2.3). Es könnte sogar dazu kommen, dass der Wasserverbrauch für die öffentliche Wasserversorgung in der fernen Zukunft (2071-2100) noch weiter steigt, als hier berechnet, da sich die hier verwendeten Wasserbedarfsprognosen aus dem Niedersächsischen Wasserversorgungskonzept für die ferne Zukunft eigentlich auch in der nahen Zukunft (2021-2050) befinden (vgl. Kap. 5.2.3; MU 2022a: 26ff).

Für die Berechnung des Grundwasserdargebots in der nahen und fernen Zukunft wurde mit den mittleren Prognosedaten des RCP8.5 Szenarios gerechnet. Da für dieses Szenario viele Klimaprojektionen mit verschiedenen Bandbreiten zukünftiger Klimaänderungen zur Verfügung stehen, gibt es jeweils einen Mittelwert sowie einen minimalen (schwaches Wandelszenario) und einen maximalen Wert (starkes Wandelszenario) dieser Bandbreite. (MU 2019a: 11). Am Beispiel des Grundwasserdargebots für die ferne Zukunft ist erkennbar, wie unterschiedlich diese Werte sind, bzw. wie weit diese Bandbreite möglicher Prognosen ist: Während bei der mittleren Prognose das Grundwasserdargebot im Landkreis Leer bei 28,17 Mio. m³/a liegt, ergibt sich bei Berechnung mit der minimalen Prognose ein nutzbares Grundwasserdargebot von 16,6 Mio. m³/a und bei der maximalen Prognose ein nutzbares Grundwasserdargebot von 41,24 Mio. m³/a. Denn in der fernen Zukunft der minimalen Prognose das nutzbare Dargebot um -55,8 % sinken (s. Abb. 39), während es bei der maximalen Prognose um 9,9 % steigen würde (s. Abb. 40). Würde nun in der fernen Zukunft die minimale Prognose eintreten, gäbe es nicht einmal mehr genug Wasser für die öffentliche und nichtöffentliche Wasserversorgung, denn dieser Verbrauch ist mit insgesamt 17,42 Mio. m³/a angegeben (vgl. Kap. 5.2.3), sodass ein Defizit von -0,82 Mio. m³/a entsteht, mit Elektrolyse ein Defizit von -1,12 Mio. m³/a (s. Abb. 41).

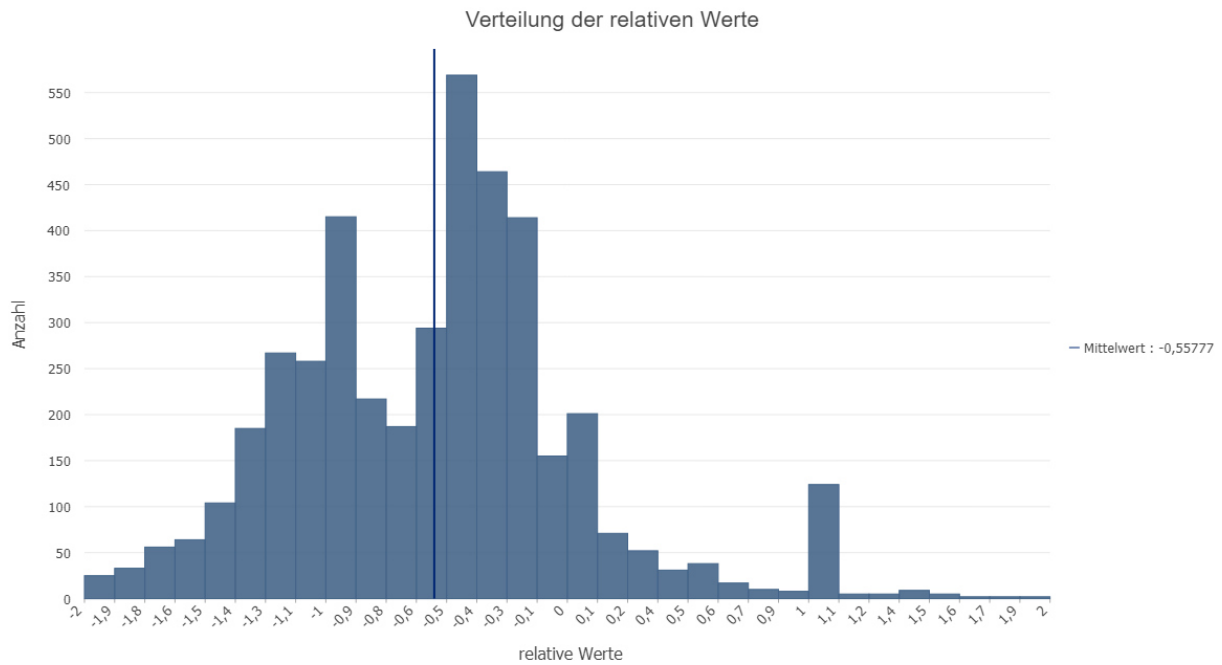


Abb. 39: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate im Landkreis Leer des schwachen Wandelszenarios (minimale Prognose) in der fernen Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum

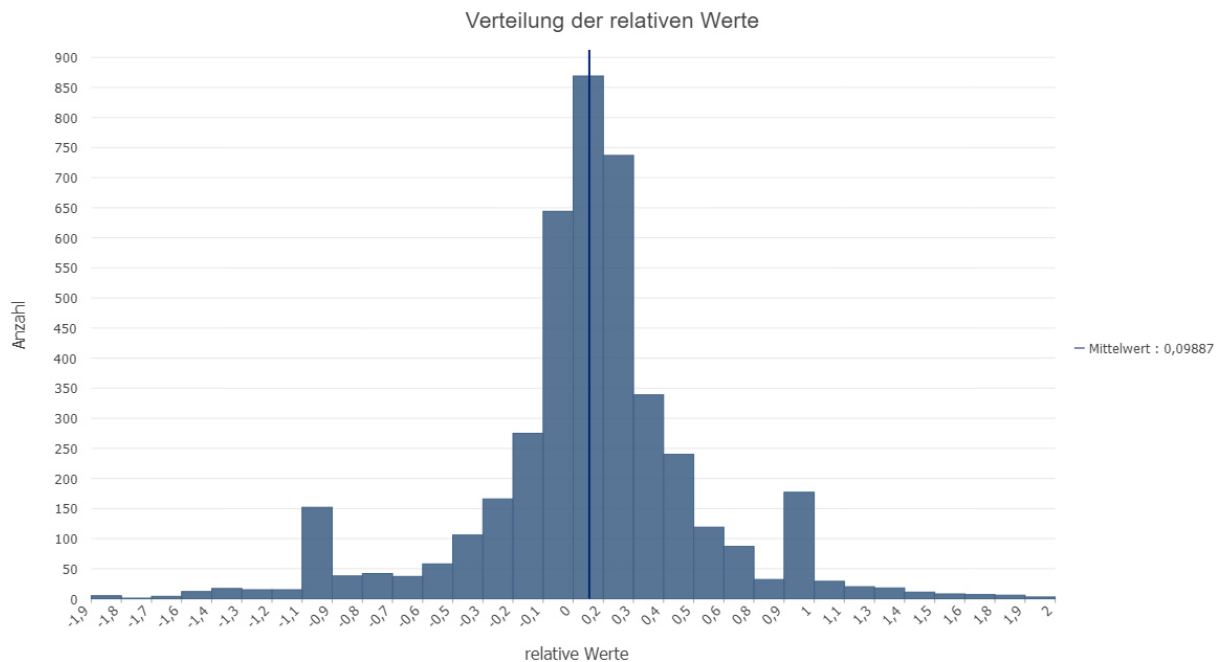


Abb. 40: Mittelwert der Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate im Landkreis Leer des starken Wandelszenarios (maximale Prognose) in der fernen Zukunft gegenüber dem Referenzzeitraum

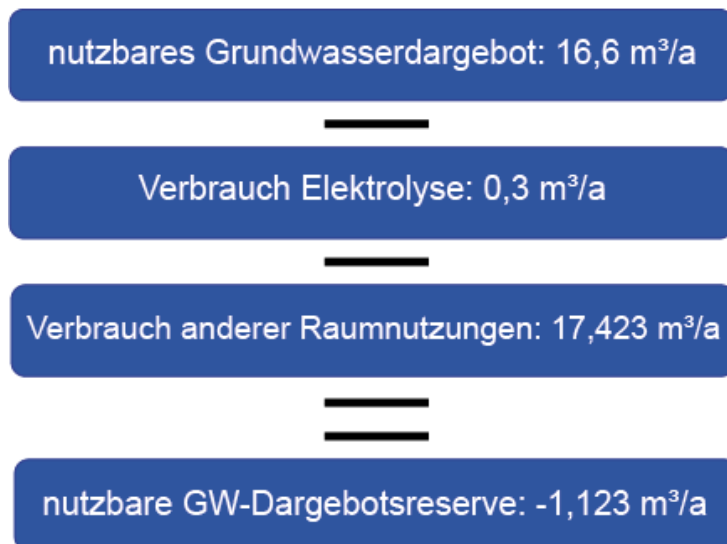


Abb. 41: Berechnung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve im Landkreis Leer mit der minimalen Prognose für die ferne Zukunft, welche sich aus dem nutzbaren Grundwasserdargebot der fernen Zukunft (min. Prognose) abzüglich des Wasserverbrauchs der Elektrolyse (inkl. Aufbereitung und Kühlung) und weiterer Raumnutzungen ergibt

Träfe die maximale Prognose ein, blieben noch 23,82 Mio. m³/a als nutzbare Grundwasserdargebotsreserve übrig, womit eine maximal installierbare Elektrolyseanlage von 7940 MW möglich wäre.

In den Berechnungen zu der Wasserverfügbarkeit des Landkreises Leer in der nahen und fernen Zukunft wurden die Daten zum Wasserverbrauch der anderen Raumnutzungen aus den Statistiken des Landesamts für Statistik Niedersachsen entnommen (LSN 2022a, b). Wird stattdessen mit den bisher genehmigten Entnahmemengen laut *RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015 (Tab. 1)* gerechnet und davon ausgegangen, dass diese auch in der Zukunft so bleiben würden, ergäbe sich für die nahe Zukunft eine nutzbare Grundwasserdargebotsreserve von nur noch:

$$31,85 \text{ Mio. m}^3/\text{a} \text{ (nutzbares Grundwasserdargebot in der nahen Zukunft)} - \\ 24,49 \text{ Mio. m}^3/\text{a} \text{ (genehmigte Entnahmemenge)} = 7,36 \text{ Mio. m}^3/\text{a}.$$

Und in der fernen Zukunft eine nutzbare Grundwasserdargebotsreserve von:

$$28,17 \text{ Mio. m}^3/\text{a} \text{ (nutzbares Grundwasserdargebot in der fernen Zukunft)} - \\ 24,49 \text{ Mio. m}^3/\text{a} \text{ (genehmigte Entnahmemenge)} = 3,68 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

(nach den Daten aus *RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015: Tab. 1*).

Das nutzbare Grundwasserdargebot könnte somit ziemlich knapp werden. Sowohl diese als auch die vorherige Berechnung mit dem schwachen Wandelszenario zeigt auf, dass es nicht ratsam ist, das nutzbare Grundwasserdargebot so weit auszulasten, dass lediglich nicht mehr entnommen wird als nachkommt, wie es im WHG und im RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015 zur mengenmäßigen Bewirtschaftung des Grundwassers festgelegt ist. Insbesondere im Hinblick auf die Unsicherheiten und möglichen prognostizierten Änderungen der Grundwasserneubildungsrate durch den Klimawandel in der Zukunft sollte eine derart mögliche Auslastung der Grundwasserkörper überdacht werden und in den Gesetzen anders festgelegt werden. Nach der WRRL bezieht sich der mengenmäßig gute Zustand der Grundwasserkörper derzeit auch gar nicht auf Auswirkungen durch Witterungsschwankungen, wie zum Beispiel Trockenperioden, sondern bewertet allein die Grundwasserentnahmen des Menschen (WRIEDT 2021: 28). Des Weiteren sollte darauf verzichtet werden, Entnahmegenehmigungen für zu große Zeiträume zu vergeben, da eben noch nicht sicher ist, wie viel nutzbares Grundwasser in Zukunft vorhanden sein wird. Es könnte zum Beispiel eine Idee sein, sich bei der Grenze der Auslastung der Grundwasserkörper an den prognostizierten möglichen Schrumpfungen in der nahen und fernen Zukunft zu orientieren, und die Grundwasserkörper nur so weit auszulasten, dass genug Reserve bleibt, um ein mögliches Schrumpfen der Grundwasserneubildungsrate ausgleichen bzw. abfangen zu können. Die Orientierung der in dieser Arbeit entwickelten Methodik an dem Wassernutzungs-Index scheint mit Blick auf die Zukunft also ein richtiger Gedanke zu sein.

Aufgrund der Datenverfügbarkeit wurde die Methodik zur Ermittlung der Wasserverfügbarkeit am Elektrolyse-Standort auf den ganzen Landkreis bezogen. Eine Betrachtung des einzelnen Grundwasserkörpers, aus dem das Wasser für die Elektrolyse entnommen werden soll, wäre theoretisch auch möglich, sofern entsprechend alle notwendigen Daten vorliegen. Die geplante Elektrolyse in Diele im Landkreis Leer liegt auf dem Grundwasserkörper "untere Ems Lockergestein links", welcher eine nutzbare Dargebotsreserve von nur 0,68 Mio. m³/a hat (RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015: Tab. 1; vgl. Abb. 29). Eine Entnahme von Wasser aus diesem Grundwasserkörper würde bei der geplanten Entnahmemenge von 300.000 m³/a dafür sorgen, dass sich diese nutzbare Grundwasserdargebotsreserve nochmal um fast die Hälfte reduzieren würde und der, eher kleine, Grundwasserkörper zu knapp 90 % ausgelastet wäre, noch ungeachtet des Klimawandels (RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015: Tab. 1; vgl. Kap. 6.1). Wird der Klimawandel mit einbezogen, würde das nutzbare Grundwasserdargebot in der fernen Zukunft um etwa 50 % sinken, was, bei den derzeit genehmigten Entnahmemengen von 2,55 Mio. m³/a, zu einem Defizit führen würde (RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015: Tab. 1; s. Abb. 42).

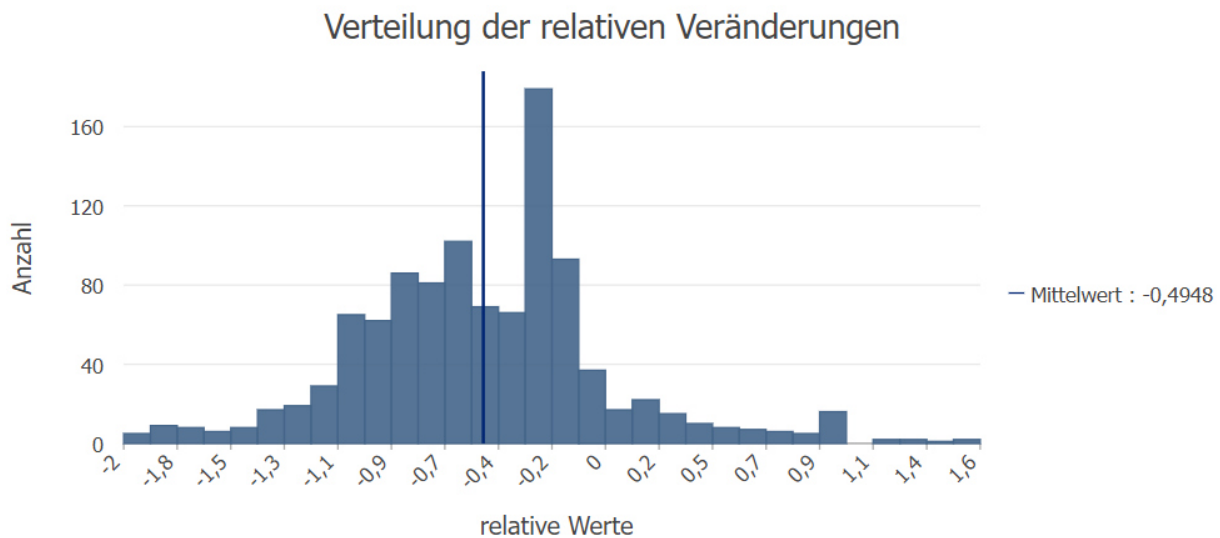


Abb. 42: Mittelwert der Rasterwerte, welche die Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate der fernen Zukunft gegenüber der Referenzperiode des Grundwasserkörpers “untere Ems Lockergestein links” anzeigen

Neben der Überschreitung des kritischen Punktes von 20, bzw. 40 % Wasserentnahme aus dem Grundwasser im Landkreis Leer sowie den zuvor genannten Rechnungen, gibt es noch weitere Gründe, die generell gegen eine Grundwasserentnahme für die Wasserstoffproduktion sprechen: Einige Wasserversorger sprechen davon, dass eine Nutzung des Trinkwassers für die Wasserstoffproduktion, wie sie in Diele geplant ist (ELEMENT EINS 2020: 2), ethisch nicht vertretbar ist, da das Grundwasser in Niedersachsen als Trinkwasser die wichtigste Lebensgrundlage des Menschen ist, und keinesfalls gefährdet werden sollte (MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung; MU 2022b: 14). Des Weiteren zeigt sich bereits jetzt, dass in Trockenperioden in einigen Regionen Deutschlands der Wasserverbrauch rationiert werden muss, beispielsweise keine Pools mehr befüllt, oder Gärten mehr bewässert werden dürfen (NDR 2022: www; TAGESSCHAU 2022: www). Ob dies auch in Leer geschehen wird, bleibt bisher ungewiss. Die Stadtwerke Leer versichern beispielsweise, dass sie auch genug Wasser für derartige Trockenperioden haben werden (STADTWERKE LEER o.J.: www). Ob das wirklich der Fall ist, oder eher der Beruhigung der Bevölkerung dient, wird hier nicht weiter beachtet. Außerdem könnte die Wasserentnahme für die Elektrolyse über das öffentliche Netz aus Gründen der Netzüberlastung nicht möglich sein (ELEMENT EINS 2020: 2). Die alleinige Betrachtung der Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen, um herauszufinden, ob die Wasserstoffproduktion an einem bestimmten Ort möglich wäre, wie es in der Studie Quo vadis, Elektrolyse geschehen ist, reicht also nicht aus (BRÜMMER et al. o.J.: 28f). Ferner sollten besser andere Möglichkeiten der Wassernutzung in Betracht gezogen werden.

Eine alternative oder optionale zusätzliche Möglichkeit für die Wassernutzung wäre zum Beispiel die Nutzung von Regenwasser, welche auch von dem Projekt GET H₂ in Lingen in Betracht gezogen wird (TENZER 2022: schriftl. Mitteilung; MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Somit könnte, bei sinnvoller Anlegung von Regenwasserspeichern, auch im Sommer bei Starkregenereignissen dieses Wasser gespeichert werden. Insbesondere in einer Trockenperiode kann dies sehr sinnvoll sein, da anstelle des Grundwassers, welches durch diese Starkregenereignisse meist keine Neubildung erlebt, dann das gespeicherte Regenwasser genutzt werden kann (BUND 2020: 11; JOERES et al. 2022: www). Eine weitere Möglichkeit wäre die Nutzung des Wassers aus Entwässerungsgräben (s. Abb. 43).



Abb. 43: Entwässerungsgraben (SPIEKERMANN et al. 2018: 13)

Durch den Anstieg des Meeresspiegels wird es immer schwieriger, das Wasser aus den Entwässerungsgräben ins Meer abfließen zu lassen (KÖHLER & KÖRNER 2022: www). Außerdem ist dieses Wasser schon etwas sauberer als beispielsweise das Ems-Wasser, welches zudem auch noch tideabhängig ist und eine Entnahme erschweren würde (MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung). Die zukünftige Verschiebung der Niederschläge könnte allerdings dazu führen, dass Gebiete im Sommer nicht mehr entwässert werden müssten (SPIEKERMANN et al. 2018: 31f). Im Winter hingegen werden Zunahmen der Abflüsse in den Entwässerungsgräben erwartet, sodass in diesem Zeitraum eine

Wasserentnahme für die Wasserstoffproduktion sinnvoll und wichtig sein kann (ebd. S. 27). Aus ökologischer Sicht wäre es sinnvoller, das Wasser hoch stehen zu lassen, sodass die Freisetzung von Treibhausgasen verringert wird und es wieder vermehrt Nassgrünlandlebensräume gibt (ebd. S. 33).

Eine dritte Möglichkeit wäre die Nutzung von Brauchwasser/Betriebswasser, also aufbereitetem Abwasser. Diese Methode der Wassernutzung findet zum Beispiel an einer Elektrolyseanlage im Klärwerk Herrenhausen in Hannover Anwendung (NIEDERSÄCHSISCHES WASSERSTOFF-NETZWERK o.J.: [www](#)).

Eine Meerwassernutzung wird ebenfalls bei einigen Elektrolyseanlagen in Betracht gezogen. Dies bietet sich zum Beispiel für ein Wasserstoffprojekt in der Nordsee, bei Helgoland, an (DIERMANN 2021: [www](#)).

Generell ist noch anzumerken, dass viele der genutzten Daten mit starken Unsicherheiten verbunden sind. Wie viel Wasser letztendlich genau verbraucht wird bei der Wasserstoffherstellung, ist einerseits von der Reinheit des genutzten Wassers, andererseits aber auch von der Anzahl der Volllaststunden pro Jahr und zu welcher Jahreszeit die Anlage hauptsächlich läuft (s. Kühlung), abhängig. Je mehr Volllaststunden möglich sind, desto mehr Wasserstoff kann produziert werden und der Wasserverbrauch dafür steigt dementsprechend (Vergleich: 100 MW Anlage, 2t H₂ pro Stunde, 9 l H₂O/kg H₂ und 4000 Volllaststunden: 72.000.000 l Wasser; selbe Werte bei 5000 Volllaststunden: 90.000.000 l Wasser). Ebenso sind die Prognosen zu den zukünftigen Veränderungen der Niederschläge, der Verdunstung und dementsprechend auch der Abflüsse und Grundwasserneubildungen, mit großen Unsicherheiten verbunden (ERTL et al. 2019: 46; MU 2022a: 25; NLWKN o.J.c: [www](#)). Deutlich wurde dies bereits bei der Betrachtung der Bandbreite an möglichen Grundwasserdargeboten im Landkreis Leer in der fernen Zukunft. Auch die Wasserbedarfsprognosen aus dem Niedersächsischen Wasserversorgungskonzept sind mit Unsicherheiten behaftet, da sie einerseits eher großräumig ausgelegt sind, und andererseits auch nur auf Prognosen bisher erfasster Daten beruhen (MU 2022b: 21). Wasserversorgungskonzepte mit konkreteren Prognosen zu den Landkreisen Emsland und Leer lagen zum Zeitpunkt der Erstellung der Masterarbeit noch nicht vor.

Bei dem hier verwendeten Klimaszenario RCP 8.5, also dem weiter-wie-bisher-Szenario, ist es durchaus fraglich, ob es zeitgemäß ist, da Maßnahmen zum Klimaschutz auch jetzt schon beschlossen sind. Das Szenario RCP 8.5 setzt voraus, dass die Industrie bei fossilen Brennstoffen bleibt, Kohlekraftwerke erhalten bleiben etc. Auch wenn sich der bereits beschlossene Umstieg auf erneuerbare Energien durch den Krieg in der Ukraine oder andere politische Umstände durch die auf Abruf bereitstehenden Kohlekraftwerke verzögert, treibt er andererseits den Ausbau der erneuerbaren Energien auch voran, um Unabhängigkeit von

russischem Gas zu erlangen (BUNDESREGIERUNG 2022a: www BUNDESREGIERUNG 2022b: www; MU 2019a: 11). Um aufzuzeigen, wie dramatisch es werden könnte, ist dieses Szenario jedoch gut geeignet. Des Weiteren bietet dieses Szenario aktuell die größte Datenbasis an Klimamodellierungen (MU 2019a: 11).

In dieser Arbeit wurden Oberflächen- und Grundwasser getrennt voneinander betrachtet, da, wie die Namen verraten, die einen Gewässer oberflächlich sind, und das Grundwasser unter der Oberfläche liegt. Des Weiteren unterscheiden sie sich in ihren Parametern für die Messung des Wasserdargebots und eine Trennung dieser Gewässerarten ist üblich und wird grundsätzlich so vorgenommen (WHG § 3; UBA 2019b: www; MU o.J.b: www). Trotzdem sind viele Grund- und Oberflächengewässer zumindest teilweise voneinander abhängig, bzw. beeinflussen sich gegenseitig (vgl. Abb 4; KEHBEIN et al. 2013: Anlage 1; NETZWERKE WASSER 2.0 2021: 3). Das heißt, die Verringerung des Abflusses der Ems könnte sich auch negativ auf die grundwasserempfindlichen Biotoptypen auswirken und eine Absenkung des Grundwassers könnte auch negative Auswirkungen auf den Ems-Abschnitt im Landkreis Leer haben, oder auf weitere Oberflächengewässer (ebd.).

Ebenso spielt bei den Auswirkungen auf die grundwasserempfindlichen Biotoptypen eine Rolle, aus welchem Grundwasserstockwerk das Wasser entnommen wird, denn grundwasserabhängige Biotoptypen oder Landökosysteme gelten als grundwasserabhängig, wenn die Grundwasseroberfläche nicht tiefer als drei Meter unter der Bodenoberfläche liegt (BANNICK et al. 2008: 21). Wird Grundwasser aus tieferen Schichten genommen, die nicht in Zusammenhang mit dem oberflächennahen Grundwasser stehen, ergeben sich keine negativen Auswirkungen auf grundwasserabhängige Landökosysteme (BANNICK et al. 2008: 8f). Hierauf wird im Zuge dieser Arbeit allerdings nicht noch näher eingegangen und dies lässt sich auch nicht mit der hier verwendeten Methodik feststellen.

6.2 Methodendiskussion

Für die Bewertung der Standorteignung von Elektrolyseuren bezogen auf den Landschaftswasserhaushalt ist die Methodik gut und deutlich besser geeignet als lediglich die Betrachtung der Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen, wie in der *Studie Quo vadis, Elektrolyse* (BRÜMMER et al. o.J.: 28), da so nicht nur die Ergiebigkeit allein, sondern zugleich mögliche sich ergebende Nutzungskonflikte mit betrachtet werden. Außerdem wird anhand der Methodik direkt ersichtlich, um wie viel Wasser es konkret gehen wird und wie sich das Wasserdargebot dadurch verändern wird.

Probleme bei der Umsetzung der Methodik können entstehen, wenn die benötigten Daten nicht vorhanden sind. Dies war in dieser Arbeit auch der Grund dafür, weshalb die Betrachtung der Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung über die Standorte der Elektrolyseure hinaus auf

den gesamten Landkreis ausgeweitet wurden und trotzdem teils nicht einsehbar war, wer wie viel Wasser wofür benutzt. Zudem werden in den Statistiken zur nichtöffentlichen Wasserversorgung nur Entnahmen ab 2000 m³ pro Jahr ersichtlich, das heißt, geringere Entnahmemengen, welche in Summe trotzdem viel sein können und zu Problemen führen könnten, tauchen nicht auf (LSN 2022b). Außerdem können für die Zukunft keine konkreten Daten ermittelt werden, da ausschließlich mit Prognosen gerechnet werden kann, welche immer mit Unsicherheiten einhergehen (ERTL et al. 2019: 46; MU 2022a: 25). Des Weiteren stellt sich die Frage, ob die kritischen Punkte richtig gewählt wurden. Der MNQ als Mindestwasserführung ist zwar sinnvoll, aber es wäre nicht sinnvoll, so viel Wasser zu entnehmen, dass der Abfluss dauerhaft dem der Mindestwasserführung entspricht, da so keine Wasserstandsschwankungen mehr möglich wären und ausgeglichen werden könnten. Hier könnte stattdessen auch der Wassernutzungs-Index als Parameter dienen, welcher angibt, ob generell eine bestimmte Entnahmemenge pro Jahr aus dem Fluss entnommen werden könnte, das Wasserdargebot also prinzipiell über das Jahr verteilt reicht, und die Mindestwasserführung wäre ein zusätzlicher Parameter, ab welchem die Entnahme dann zwingend gestoppt werden müsste, sollte es zum Beispiel zu Niedrigwasserperioden kommen. So wird die Mindestwasserführung bereits auch an der Ems gehandhabt (NLWKN 2022b: schriftl. Mitteilung). Für die Entnahme aus dem Grundwasser könnte, statt der 20 %- Schwelle des Wassernutzungs-Index auch der mengenmäßig gute Zustand laut WRRL als kritischer Punkt genutzt werden, also, dass Entnahmen nur ermöglicht werden, sofern diese nicht die Neubildung überschreiten (FEDEROLF et al. 2016: 4). Dies könnte allerdings dazu führen, dass die Grundwasserkörper irgendwann vollständig ausgelastet sind und keine Schwankungen, zum Beispiel durch Trockenperioden, mehr ausgeglichen werden könnten, wenn bereits alle genehmigten Entnahmemengen vollständig genutzt werden, wodurch der Grundwasserspiegel stetig sinken würde. Außerdem zeigen die Prognosen der Zukunft, dass dies kein sinnvoller Parameter für einen kritischen Punkt bei der Wasserentnahme ist (vgl. Kap. 5.2.3 & Kap. 6.1). Es wäre zwar theoretisch möglich, noch mehr Wasser als das nutzbare Grundwasserdargebot hergibt, zu entnehmen, hierfür wären vorher aber naturschutzfachliche und hydrogeologische Gutachten notwendig, die klären, ob noch weitere Wasserentnahmen ohne Beeinträchtigung der Naturgüter möglich sind (LWK NDS o.J.: www). Zu empfehlen ist das aber im Hinblick auf die Zukunft nicht.

Der Wassernutzungs-Index wird bisher nur für Deutschland im Gesamten und im Vergleich mit anderen Ländern genutzt. Bisher gibt es keine regionalen Bezüge, entsprechende Indikatoren sind aber in der Entwicklung. Der Indikator kann trotzdem auch schon jetzt auf regionaler Ebene gleich genutzt werden, wie auf internationaler Ebene, da dieser lediglich die Wasserentnahmen in einem Gebiet (oder Land) dem Wasserdargebot gegenüberstellt. Aus diesem Grund kann dieser Index auch auf regionaler Ebene genutzt werden, wenn die

entsprechenden Daten vorliegen (UBA 2019a: www). Da sich der Index auf das gesamte verfügbare Wasser bezieht, also sowohl auf Oberflächen- als auch auf Grundwasser, wäre er für diese Arbeit, bzw. für diese Methodik, auch für den Parameter des kritischen Punktes bei Oberflächengewässern geeignet, zusätzlich zu der Mindestwasserführung, die den Punkt darstellt, ab dem eine Entnahme zwingend gestoppt werden muss. Wohingegen der Wassernutzungs-Index erstmal nur angibt, wie viel Wasser prinzipiell pro Jahr entnommen werden könnte und tagesabhängig unterschiedliche Pegel ignoriert. Für die Entnahme des Grundwassers ist der Wassernutzungs-Index als Parameter für den kritischen Punkt gut, bzw. aus oben genannten Gründen besser geeignet als der mengenmäßig gute Zustand des Grundwassers, da dieser keine vollständige Auslastung der Grundwasserkörper zulässt.

Diese Methodik dient dazu, herauszufinden, bzw. zu berechnen, ob an einem Standort genug Wasser für die Elektrolyse zur Verfügung steht oder nicht. Er ist nicht dazu geeignet, konkrete ökologische Veränderungen herauszufinden. Sie kann lediglich einen Überblick darüber liefern, wie viele Biotoptypen von einer Wasserstandsabsenkung betroffen sein könnten. Des Weiteren zeigt die Methodik nur auf, ob das Wasserdargebot **pro Jahr/insgesamt über das Jahr verteilt** ausreichend ist für eine zusätzliche Wasserentnahme durch die Wasserstoffproduktion. Es werden dafür langfristige Mittelwerte betrachtet und tagesaktuelle Schwankungen außen vorgelassen, wodurch es dazu kommen kann, dass witterungsabhängig, sowohl kurzfristig der Wasserverbrauch zunehmen, und gleichzeitig die Wasserverfügbarkeit aber abnehmen kann. Wie viel also wirklich dann pro Tag beispielsweise entnommen werden kann, lässt sich mit dieser Methodik vorher nicht sagen.

Außerdem wurde diese Methodik der Oberflächengewässer in dieser Arbeit nur an einem Fließgewässer verwendet. Für ein Stillgewässer wäre ein anderer Parameter für das Wasserdargebot notwendig, beispielsweise der Wasserstand (Pegel), welcher sich dann entsprechend den Wasserentnahmen verringern würde (LFU 2021: www).

7. Fazit und Ausblick

Die Wasserentnahme von Ems-Wasser für die Elektrolyse in Lingen stellt sowohl jetzt als auch in Zukunft vermutlich kein Problem dar, auch wenn bisher bezüglich der zukünftigen Abflüsse keine konkreten Aussagen getroffen werden können. Die Legitimierung der derzeitigen Wassernutzung wurde in dieser Arbeit allerdings nicht untersucht beziehungsweise bewertet. Bei Niedrigwasserereignissen muss die Entnahme im Notfall gestoppt werden, wenn die Mindestwasserführung nicht mehr gegeben ist. Die Wasserentnahme aus dem Grundwasser im Landkreis Leer ist nicht zu empfehlen, da der kritische Punkt deutlich überschritten wird und es in Zukunft im schlimmsten Fall zu einem ständigen Defizit kommen kann, die Grundwasserentnahme also höher als die Grundwasserneubildung ist. Diese Aussagen gelten

dabei unter der Bedingung, dass der Status quo der derzeitigen Wasserentnahmen beibehalten wird und keine neue Priorisierung bezüglich der Wassernutzungen vorgenommen wird. Zudem ist der Streit um das Grundwasser auch hierzulande teils jetzt schon groß (JOERES et al. 2022: www) und es wird zunehmend schwieriger, eine Entnahmegenehmigung für die Grundwasserentnahme für die Wasserstoffproduktion zu bekommen (MEYER ZU VILSENDORF & KUWAN 2022: mündl. Mitteilung), was, nach Anwendung dieser Methodik am Beispiel des Landkreises Leer, auch gerechtfertigt ist. Wie genau sich die Grundwasserneubildung letztendlich in Zukunft entwickeln wird, bleibt abzuwarten. Die Angaben zu dem Grundwasserdargebot der einzelnen Grundwasserkörper beziehen sich aber bereits jetzt schon auf das sogenannte Trockenwetterdargebot und nicht auf die durchschnittlichen Verhältnisse. Zudem sollen die Angaben des Grundwasserdargebots in Zukunft noch um "die aktuellen Klimaprognosen sowie die Erkenntnisse aus dem Wasserversorgungskonzept" (WRIEDT 2021: 29) ergänzt werden.

Die Wasserstoffproduktion im Winter stellt sich als produktiver und sinnvoller heraus, da zum einen weniger Kühlwasser notwendig ist, und zum anderen mehr erneuerbarer Strom in Niedersachsen im Winter produziert wird. Zweiteres gilt unter der Voraussetzung, dass auch in Zukunft überwiegend auf Strom aus Windenergie gesetzt wird. Im Sommer kann es auch bei der Entnahme aus einem Fluss aufgrund von Niedrigwasserperioden zu Problemen bei der Wasserversorgung kommen. Die Wasserstoffproduktion muss also sowohl mit Schwankungen der Energieversorgung als auch der Wasserversorgung zurechtkommen. Generell ist die Entnahme von Flusswasser aber gegenüber der Grundwasserentnahme gut geeignet, beziehungsweise weniger risikoreich für die Trinkwasserversorgung ist. Zudem gibt es genug Alternativen, die eine Grundwasserentnahme nicht notwendig machen, auch, wenn dafür die Aufbereitung des Wassers intensiver wird.

Um einen guten Überblick über die Wasserverfügbarkeit und den Wasserverbrauch an einem potenziellen Elektrolyse-Standort zu bekommen, ist die hier entwickelte Methodik gut geeignet. Sie kann also diesbezüglich die Planung dabei unterstützen, Standorte mit zu geringer Wasserverfügbarkeit bzw. bereits zu hohem Nutzungsdruck auf das Wasserdargebot auszuschließen. Allerdings wird die Anwendung dieser Methodik durch unzureichende Datenverfügbarkeit erschwert. Es sollten schnell und möglicherweise auch öffentlich zugänglich, detaillierte Informationen darüber vorhanden sein, wer welches Wasser nutzt, und zwar sowohl wie viel, aus welchem Wasserkörper, als auch wofür. So ließe sich auch für kleinere Projektstandorte schnell feststellen, ob, und von welchem Wasser genug vorhanden ist und wofür das dortige Wasserdargebot bereits genutzt wird. Außerdem fehlen bisher konkrete Daten zum gesamten Wasserverbrauch bei der Wasserstoffproduktion, da große Anlagen bisher noch nicht oder noch nicht so lange in Betrieb sind, dass der genaue Verbrauch

nicht nur für die Elektrolyse an sich, sondern auch für die Wasseraufbereitung und die Kühlung vorliegt.

Des Weiteren sollte im Blick auf die Zukunft besser definiert werden, ab wann die Wasserentnahme aus dem Grundwasser wirklich knapp wird, denn, wie sich gezeigt hat, kann, aufgrund der Unsicherheiten der sich verändernden Grundwasserneubildungsraten im Zuge des Klimawandels, eine Orientierung an dem im WHG festgelegten mengenmäßig guten Zustand des Grundwassers dazu führen, dass die genehmigten Entnahmen irgendwann höher sind als das, was sich an Grundwasser neu bildet, wenn diese für zu lange Zeiträume vergeben werden oder die Grundwasserneubildung doch noch niedriger ausfällt, als zuvor angenommen. Eine Orientierung in Richtung des Wassernutzungs-Index, bzw. in Richtung einer Einplanung eines Puffers, kann also sinnvoller werden. Die Probleme, die sich durch die Zukunft auf die Wasserverfügbarkeit ergeben können, muss den Wasserbehörden, welche die Wasserentnahmerechte vergeben, deutlich gemacht werden, sodass diese ihre Vergaben daran anpassen können. Die aktuellen Trockenperioden haben dies bereits vorangetrieben, weshalb sich immer mehr Rechtsstreitigkeiten um das Grundwasser in Deutschland ergeben (JOERES et al. 2022: www).

Quellenverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) (2015): Durchschnittliche Jahresvolllaststunden Photovoltaik (2015, in h/a) Niedersachsen (NI). Aufgerufen am 27.04.2022, https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/solar/auswahl/813-durchschnittliche_ja/#goto_813

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) (2020): Durchschnittliche Jahresvolllaststunden Windenergie (2020, in h/a) Niedersachsen (NI). Aufgerufen am 27.04.2022, https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NI/kategorie/wind/auswahl/811-durchschnittliche_ja/#goto_811

Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG (TGA Fachplaner) (o.J.): Wasserstoff: Wie viel Wasser wird dafür benötigt? Aufgerufen am 02.03.22, <https://www.tga-fachplaner.de/energietechnik/energietraeger-wasserstoff-wie-viel-wasser-wird-dafuer-benoetigt#:~:text=Gr%C3%BCner%20Wasserstoff%20wird%20durch%20Elektrolyse,erneuerbaren%20Energien%20zum%20Einsatz%20kommt>

Altgelt, F., Micheli, M., Sailer, K., Crone, K. (2021): Water Consumption of Powerfuels Demand, supply, and policy recommendations to foster environmental sustainability. 13 Seiten, Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena).

Anhalt, M., Forberg, C., Johannes, F., Petry, U., Schmid, R., Theobald, M. (2021): Globaler Klimawandel. Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland Abschlussbericht des Projektes KliBiW Phase 6 – Vertiefende Hochwasseranalysen. 95 Seiten, Hannover: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (Hrsg.).

Bannick, C., Engelmann, B., Fendler, R., Frauenstein, J., Ginzky, H., Hornemann, C., Ilvonen, O., Kirschbaum, B., Penn-Bressel, G., Rechenberg, J., Richter, S., Roy, L., Wolter, R. (2008): Grundwasser in Deutschland. 71 Seiten, Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.).

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): Wasserentnahmen für die Bewässerung. Aufgerufen am 07.07.2022, <https://www.lfu.bayern.de/wasser/bewaesserung/index.htm>

Beug, J. (2006): „Darüber“ ist auch was – grundwasserabhängige Landökosysteme. S. 6-8 In: Grundwasser. Guter Zustand bis 2015! Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (Hrsg.).

Blanco, H. (2021): Hydrogen production in 2050: how much water will 74EJ need?. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://energypost.eu/hydrogen-production-in-2050-how-much-water-will-74ej-need/>

Brümmer, T., Dr. Heim, A., Moser, H., Wimmer, L. (o.J.): Quo vadis, Elektrolyse?. 47 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.element-eins.eu/Resources/Persistent/ca8686dd02b383a73ff56cd160bdbb139dc846ed/Quo-Vadis-Elektrolyse-DIN-A4-quer-V8-download.pdf>, zuletzt geprüft am 19.01.2022.

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) (2000-2015): Wasserstände Emsgebiet. Koblenz, Auszug aus dem DGJ (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch).

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) (2019): Wasserstände Emsgebiet 2017. Koblenz. Auszug aus dem DGJ (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch). Online verfügbar unter https://dgj-daten.bafg.de/Weser-%20und%20Emsgebiet/Dalum/3550040_WQ.pdf, zuletzt geprüft am 22.04.2022.

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) (2022): Abflüsse Emsgebiet Pegel Dalum 2019. Koblenz. Auszug aus dem DGJ (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch).

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (2020): BUND-Gewässerpapier: Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt. Ein Hintergrunddossier zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Zustand und die Gefährdung der Gewässer in Deutschland und die Folgen für die Nutzungen. 40 Seiten.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019): BMU-Aktionsprogramm PtX „Power-to-X“. 5 Seiten. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutzinitiative/iki_aktionsprogramm_ptx_bf.pdf, zuletzt geprüft am 19.01.2022

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) / peppermint.de (2019): Bundesumweltministerin Schulze startet Dialogprozess zum Thema PtX und kündigt weitere Aktivitäten an. Aufgerufen am 19.01.2022, <https://www.bmu.de/pressemitteilung/schulze-ptx-wird-wichtige-technologie-fuer-klimaschutz-und-wirtschaftsstandort-deutschland>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020): Nationale Wasserstoffstrategie - ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz und zur Zukunftsfähigkeit unserer Wirtschaft. 4 Seiten. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/nationale_wasserstoffstrategie_infopapier_bf.pdf, zuletzt geprüft am 19.01.2022.

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) (o.J.): Flexible Herstellung: Wie wird Wasserstoff erzeugt? Aufgerufen am 02.03.2022, <https://www.bdew.de/energie/wasserstoff/flexible-herstellung-was-ist-wasserstoff-und-wie-wird-er-erzeugt/#:~:text=Bei%20der%20Wasserelektrolyse%20wird%20Wasser,Sauerstoff%20zum%20positiv%20geladenen%20Pol>

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) (2016): Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2016). Anlagen, installierte Leistung, Stromerzeugung, EEG-Auszahlungen, Marktintegration der Erneuerbaren Energien und regionale Verteilung der EEG-Anlagen. Berlin, Februar 2016. Aufgerufen am 27.04.2022, <https://www.bdew.de/service/publikationen/energie-info-erneuerbare-energien-und-das-eeq-zahlen-fakten-grafiken-2016/>

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und

strategische Handlungsfelder 2017 (Kurztitel: LAWA Klimawandel-Bericht 2017). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (2020): LAWA Empfehlung zur Ermittlung einer ökologisch begründeten Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen. 53 Seiten, München.

DAS Netzwerke Wasser (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und Landwirtschaftskammer Niedersachsen) (2017): Steckbrief Landkreis Emsland. Online verfügbar unter https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/29371_DAS_-_Netzwerke_Wasser, zuletzt geprüft am 05.03.2022.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (o.J.): Wasserbilanz - klimatische. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102936&lv3=103052>

Deutscher Wetterdienst (DWD) (1981-2010): Niederschlag und Temperatur aller DWD-Stationen 1981-2010. Aufgerufen am 14.07.2022, https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/multi_annual/mean_81-10/

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2019): Aktuelles Netz aus Stationen mit täglichen Klimadaten des nationalen Klimadatenzentrums. Aufgerufen am 02.06.2022, https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mnetzkarten/messnetz_kl.pdf;jsessionid=16817341665A02236EF7CF383930BB90.live31094?_blob=publicationFile&v=13

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2022): Stationslexikon. Aufgerufen am 02.06.2022, https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/statliste/statlex_html.html;jsessionid=D3899CE6AE8587DAE3748D4FEDE46452.live11043?view=nasPublication&nn=16102

Die Bundesregierung (2022a): Mehr Energie aus erneuerbaren Quellen. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energiewende-beschleunigen-2040310>

Die Bundesregierung (2022b): Klimafreundliche und krisensichere Energieversorgung. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energieversorgung-sicherheit-2040098>

Diermann, R. (2021): Wellen, Wind und Wasserstoff. Artikel der Süddeutschen Zeitung. Stand: 27. Oktober 2021. Aufgerufen am 11.07.2022, <https://www.sueddeutsche.de/wissen/windkraft-wasserstoff-meer-helgoland-1.5450552>

Drachenfels, O. v. (2010): Überarbeitung der Naturräumlichen Regionen Niedersachsens. In: Informationen des Naturschutz Niedersachsens. 30. Jg. Nr. 4. S. 249-252. Hannover.

Drachenfels, O. v. (2012): Einstufung der Biotoptypen in Niedersachsen. Regenerationsfähigkeit, Wertstufen, Grundwasserabhängigkeit, Nährstoffempfindlichkeit, Gefährdung. In: Informationen des Naturschutz Niedersachsens. 32. Jg. Nr. 1. S. 1-60. Hannover.

Element EINS (2020): Zusammenfassung der technischen Machbarkeitsstudie für das Projekt ELEMENT EINS. Aufgerufen am 02.06.2022, https://www.element-eins.eu/Resources/Persistent/47d0ed0d64969f1d27ba74debb3770f350e6a533/Zusammenfassung_Technische%20Machbarkeitsstudie.pdf

Element EINS (o.J.a): Element EINS. Aufgerufen am 04.03.2022, <https://www.element-eins.eu/>

Element EINS (o.J.b): Konzept. Aufgerufen am 04.03.2022, <https://www.element-eins.eu/ziele.html>

Ertl, G., Bug, J., Elbracht, J., Engel, N. & Herrmann, F. (2019): Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18. – GeoBerichte 36: 54 S., 20 Abb., 9 Tab.; Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG).

Evertsbusch, S., Prause, D., Gehrt, E., Sbresny, J. (2017): Erläuterungsheft zur Bodenkarte von Niedersachsen im Maßstab 1:50.000 (BK50). 40 Seiten, Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG).

Federolf, C., Goens, J., Kehbein, E., Körtje, C., Scholtka, M., Wagener, C. (2013): Leitfaden für die Bewertung des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper in Niedersachsen und Bremen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). 32 Seiten. Braunschweig, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (Hrsg.).

FGE Ems (o.J.): Übersichten Bewirtschaftungsziele. 614 Seiten.

Fius, D. (2020): Electrolysis Water Requirements. 14 Seiten, Sevnica: EnergonX.

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) (2020): Fraunhofer IFF forscht zum Thema Ressourcenknappheit von Wasser für die Wasserstoffherzeugung. Aufgerufen am 19.01.2022, <https://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/energiesysteme-infrastrukturen/ressource-wasser-fuer-wasserstoffversorgung.html>

GET H2 (o.J.a): Start und Ausbau der Infrastruktur für grünen Wasserstoff. Aufgerufen am 04.03.2022, <https://www.get-h2.de/umsetzung/>

GET H2 (o.J.b): FAQ zu Erzeugung & Import. Aufgerufen am 27.04.2022, <https://www.get-h2.de/erzeugung-import/>

GET H2 (o.J.c): FAQ zu Verbrauch & Verarbeitung. Aufgerufen am 27.04.2022, <https://www.get-h2.de/verbrauch-verarbeitung/>

Hahn, H. J. (2006): Da „unten“ ist noch was –Das Ökosystem Grundwasser. S. 4-6 In: Grundwasser. Guter Zustand bis 2015! Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (Hrsg.).

Heinemann, C.; Kasten, P. (2019): Die Bedeutung strombasierter Stoffe für den Klimaschutz in Deutschland. Zusammenfassung und Einordnung des Wissenstands zur Herstellung und Nutzung strombasierter Energieträger und Grundstoffe. Öko-Institut e.V. Freiburg.

Jabs, F. (2021): Wasseraufbereitung für Power-to-X-Anwendungen. Aufgerufen am 19.01.2022, <https://www.chemietechnik.de/sicherheit-umwelt/wasseraufbereitung-fuer-power-to-x-anwendungen-378.html>

Joeres, A., Steeger, G., Huth, K., Jacobsen, M., Donheiser, M. (2022): Ausgetrocknet. Deutschland kämpft ums Wasser. Aufgerufen am 28-06-2022, <https://correctiv.org/aktuelles/klimawandel/2022/06/14/klimawandel-konflikt-um-wasser-in-deutschland/>

Kehbein, E., Körtje, C., Wagener, C. (2013): Konzept zur Berücksichtigung direkt grundwasserabhängiger Landökosysteme bei der Umsetzung der EG-WRRL (2. Bewirtschaftungszyklus). 26 Seiten. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN).

Köhler, E., Körner, J (2022): Nasse Felder an der Küste: Entwässerung immer schwieriger. Norddeutscher Rundfunk (NDR). Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/panorama3/Nasse-Felder-an-der-Kueste-Entwaesserung-immer-schwieriger,entwaesserung102.html>

Kröcher, J., Strom, M., Hannappel, S. (2021): Emslandplan 2.0: Nachhaltiges Wassermengenmanagement in die Fläche bringen. 97 Seiten, Berlin: Hydor Consult GmbH. Landkreis Emsland, Meppen.

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (o.J.a): Grundwasserneubildung. Aufgerufen am 03.03.2022, https://www.lbeg.niedersachsen.de/boden_grundwasser/grundwasser/grundwasserneubildung/grundwasserneubildung-618.html

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (o.J.b): Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser. Aufgerufen am 03.03.2022, https://www.lbeg.niedersachsen.de/startseite/boden_grundwasser/klimawandel/auswirkungen_auf_grundwasser/auswirkungen-des-klimawandels-auf-das-grundwasser-177245.html

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2019): NIBIS-Kartenserver. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2021): Netzwerke Wasser 2.0. Erfordernisse grundwasserabhängiger Biotope hinsichtlich des Grundwasserhaushalts und deren Berücksichtigung in Wasserrechtsverfahren. 4 Seiten.

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (Hrsg.) (2019a): Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2016. Statistische Berichte Niedersachsen Q I 1 - 3j / 2016. Hannover.

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (Hrsg.) (2019b): Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung 2016. Statistische Berichte Niedersachsen Q I 2 – 3j / 2016. Hannover.

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (2022a): Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserversorgung 2019. Statistische Berichte Niedersachsen Q I 1 - 3j / 2019 (Excel-Datei). Hannover.

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (2022b): Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserversorgung 2019. Statistische Berichte Niedersachsen Q I 2 - 3j / 2019 (Excel-Datei). Hannover.

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (2022c): Tatsächliche Nutzung (ALKIS) 454 Emsland. Verfügbar in der LSN-Online Datenbank unter <https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/default.asp>, zuletzt geprüft am 14.05.2022

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) (2022d): Tatsächliche Nutzung (ALKIS) 457 Leer. Verfügbar in der LSN-Online Datenbank unter <https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/default.asp>, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Landkreis Emsland (2015): Auf Wasserentnahme verzichten. Aufgerufen am 14.06.2022, https://www.emsland.de/buerger-behoerde/aktuell/pressemitteilungen/auf_wasserentnahme_verzichten.html

Landkreis Emsland (2020): Kurzinformation über den Landkreis. Daten, Fakten, Entwicklungen. 28 Seiten. Online verfügbar unter https://www.emsland.de/pdf_files/zahlen-und-daten/el-informations-broschuere-2020-web_3991_1.pdf., zuletzt geprüft am 05.03.2022.

Landkreis Leer (o.J.) Über den Landkreis Leer. Aufgerufen am 02.06.2022, <https://landkreis-leer.de/Politik-Verwaltung/Mehr-%C3%BCber-den-Landkreis/>

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (o.J.): Einstieg in die Bewässerung - was ist zu beachten? Aufgerufen am 14.07.2022, https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/39063_Einstieg_in_die_Bew%C3%A4sserung_%E2%80%93_was_ist_zu_beachten

Mitteldeutscher Rundfunk (MDR) (2022): Kann Deutschland das Grundwasser ausgehen? Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.mdr.de/wissen/grundwasser-deutschland-klimawandel-trockenheit-trinkwasser-versorgung100.html>

Malz, S., & Scheele, U. (2011): Wasserbedarf und Wasserverbrauch privater Haushalte und der Industrie nach Ländern. In: WARNSIGNAL KLIMA: Genug Wasser für alle? 3. Auflage (2011) - Hrsg. Lozán, J. L. H. Graßl, P. Hupfer, L. Karbe & C.-D. Schönwiese.

Meyer zu Vilsendorf, J., Kuwan, K. (EWE) (2022): mündliche Mitteilung durch Videochat am 05.05.2022.

Mühr, B. (2007): Das Klima in Lingen. Aufgerufen am 05.03.2022, <https://www.klimadiagramme.de/Deutschland/lingen.html>

Netzwerke Wasser 2.0 (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Landesbehörden Sachsen-Anhalt, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landkreis Gifhorn, Altmarkkreis Salzwedel, Landkreis Vechta, Landkreis Oldenburg) (2021): Erfordernisse grundwasserabhängiger Biotope hinsichtlich des Grundwasserhaushalts und deren Berücksichtigung in Wasserrechtsverfahren. 4 Seiten.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2016): Wasserkörperdatenblatt 03001 Ems-Lingen-Meppen. Aufgerufen am 14.06.2022, https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Download_OE/WRRL/WKDB_HE/03001_Ems_Lingen_Meppen.pdf

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2019): Erfassung der für den Naturschutz wertvollen Bereiche in Niedersachsen 1984-2004. Aufgerufen am 14.05.2022, https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/service/umweltkarten/natur_amp_landschaft/weitere_fur_den_naturschutz_wertvolle_bereiche/biotopkartierung/kartierte-biotope-in-niedersachsen-8871.html

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (Hrsg.) (2020): Arbeitshilfe zur Berücksichtigung der Bewirtschaftungsziele für Oberflächengewässer im Rahmen von Zulassungsverfahren für Grundwasserentnahmen. Oberirdische Gewässer Band 43. 40 Seiten, Norden.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2022a): schriftliche Mitteilung (E-Mail) der NLWKN Betriebsstelle Meppen durch Jens Mäueler am 02.05.2022.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2022b): schriftliche Mitteilung (E-Mail) der NLWKN Betriebsstelle Meppen durch Jens Mäueler am 10.05.2022.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2022c): Landesweite Datenbank für wasserwirtschaftliche Daten. Wasserrechte. Aufgerufen am 20.05.2022, <http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/pages/selector/index.xhtml>

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (o.J.a): Umsetzung der EG Wasserrahmenrichtlinie. Aufgerufen am 03.03.2022, <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserrahmenrichtlinie/umsetzung-der-eg-wrrl-in-niedersachsen/umsetzung-der-eg-wasserrahmenrichtlinie-43982.html>

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (o.J.b): Einteilung der Wasserkörper. Aufgerufen am 27.04.2022, <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserrahmenrichtlinie/fliessgewasser-seen/einteilung-der-wasserkorper/einteilung-der-wasserkorper-43983.html>

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (o.J.c): Liste der bedeutsamen grundwasserabhängigen Landökosysteme gem. EG-WRRRL. Online verfügbar unter: <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserrahmenrichtlinie/grundwasser/leitfaden-grundwa>

[sser/leitfaden_menge/grundwasserabhaengige_landokosysteme/grundwasserabhaengige-landoekosysteme-131177.html](https://www.umwelt.niedersachsen.de/leitfaden_menge/grundwasserabhaengige_landokosysteme/grundwasserabhaengige-landoekosysteme-131177.html), zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (o.J.c): Klimafolgenmodellierung. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/klimawandelkompakt/klimafolgenmodellierung/klimafolgenmodellierung-185576.html>

Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Begründung der Verordnung zur Änderung der Verordnung über das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP-VO). Teil A-I. Entwurf (Stand: Dez. 2021). 216 Seiten. Online verfügbar unter https://www.lrop-online.de/2020/php/modules_global/module_main.php, zuletzt geprüft am 19.01.2022.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (Hrsg.) (2019a): Klimawirkungsstudie Niedersachsen - Wissenschaftlicher Hintergrundbericht.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (Hrsg.) (2019b): Faktenblatt Mittelwasserabfluss (MQ).

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (Hrsg.) (2022a): Wasserversorgungskonzept Niedersachsen. 48 Seiten, Hannover.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (Hrsg.) (2022b): Hintergrunddokument zum Wasserversorgungskonzept Niedersachsen. 53 Seiten, Hannover.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (o.J.a): Grundwasserneubildung. Aufgerufen am 03.03.2022, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserb>

[ericht niedersachsen/nutzung schutz und uberwachung/hydrogeologischer uberblick/grundwasserneubildung/grundwasserneubildung-105161.html](https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasser-menge-stand/erlass-mengenbewirtschaftung/mengenmaeige-bewirtschaftung-des-grundwassers-8270.html)

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) (o.J.b): Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasser-menge-stand/erlass-mengenbewirtschaftung/mengenmaeige-bewirtschaftung-des-grundwassers-8270.html>

Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (o.J.): Grüner Wasserstoff in Niedersachsen. Aufgerufen am 19.01.2022, <https://www.nds.de/de/branchen/energie/wasserstoff>

Niedersächsisches Wasserstoff-Netzwerk (o.J.): Blaupause für die Sektorenkopplung - ein Klärwerk wird mit grünem Wasserstoff zum Innovationstreiber der Energiewende. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.wasserstoff-niedersachsen.de/stadtentwaesserung-hannover/>

Norddeutscher Rundfunk (NDR) (2022): Wassermangel: Osnabrück ruft zum Wassersparen auf. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/osnabrueck-emsland/Osnabrueck-ruft-vorsorglich-zum-Wassersparen-auf,wassermangel134.html>

Nordwest Zeitung (NWZ) (2020): Doch kein deutscher Hitzerekord aus Lingen. Artikel vom 18.12.2020. Aufgerufen am 05.03.2022, <https://www.nwzonline.de/wirtschaft/weser-ems/hitzerekord-lingen-deutscher-wetterdienst-annulliert-wert-von-juli-2019-a-50,11,1197816462.html#>

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2021): Wasserstoff im Klimaschutz. Klasse statt Masse. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (Stellungnahme).

Online verfügbar unter

https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021

[_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.pdf;jsessionid=6AC698B91DF391B058722736F20C2C89.intranet232?_blob=publicationFile&v=2](#), zuletzt geprüft am 19.01.2022.

Schlattmann, A., Teschner, N., von Haaren, C. (2021): Who may use scarce water? An expedition into the normative basis of sustainable decision-making norms for sustainable water use. In: Water Policy (2021) 23 (3): 556–580.

Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.) (2017): Shell Wasserstoff-Studie. Energie der Zukunft? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H₂. 72 Seiten, Hamburg.

Spektrum (o.J.): Landschaftswasserhaushalt. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/landschaftswasserhaushalt/9251>

Spiekermann, J., Ahlhorn, F., Bormann, H., Keschull, J. (2018): Zukunft der Binnenentwässerung: Strategische Ausrichtung in Zeiten des Wandels. 60 Seiten. Oldenburg.

Stadtwerke Leer (o.J.): Unser Wasserwerk. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.stadtwerke-leer.de/trinkwasser/wasserwerk>

Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (2022): Letztverbraucher. Aufgerufen am 14.05.2022, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Glossar/letzterverbraucher.html>

Tagesschau (2022): Warum in Brandenburg das Wasser knapp wird. Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.tagesschau.de/inland/wassermangel-berlin-brandenburg-tesla-101.html>

Tenzer, K. (GET H2) (2022): schriftliche Mitteilung (E-Mail) vom 22.03.2022.

TGA Fachplaner (2021): Wasserstoff: Wie viel Wasser wird dafür benötigt? Aufgerufen am 28.06.2022, <https://www.tga-fachplaner.de/energietechnik/energietraeger-wasserstoff-wie-viel-wasser-wird-dafuer-benoetigt>

TÜV-NORD AG (o.J.): Elektrolyse für die Herstellung von Wasserstoff. Aufgerufen am 19.01.2022, <https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff/herstellung/elektrolyse-von-wasser/>

Umweltbundesamt (2019a): Indikator: Nutzung der Wasserressourcen. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-nutzung-der-wasserressourcen#die-wichtigsten-fakten>

Umweltbundesamt (2019b): WW-I-2: Mittlerer Abfluss. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.umweltbundesamt.de/ww-i-2-3-das-indikatoren#ww-i-2-mittlerer-abfluss>

Umweltbundesamt (2019c): WW-I-4: Niedrigwasser. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.umweltbundesamt.de/ww-i-4-das-indikator#ww-i-4-niedrigwasser>

Universität Oldenburg (2013a): Hydrologie - Wasserbilanz. Aufgerufen am 22.04.2022, <http://www.hydrologie.uni-oldenburg.de/ein-bit/11990.html>

Universität Oldenburg (2013b): Hydrologie - Einfluss der Eigenschaften der Landschaft auf den Wasserkreislauf. Aufgerufen am 22.04.2022, <http://www.hydrologie.uni-oldenburg.de/ein-bit/12077.html>

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Ems-Nordsee (WSA) (2022): Tagesmittelabflüsse für den Pegel Dalum der Jahre 2016-2017, 2018-2019 und 2020-2021 (Excel-Tabelle).

Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (2019): Norddeutsche Wasserstoffstrategie. 32 Seiten. Online verfügbar unter

<https://norddeuschewasserstoffstrategie.de/wp-content/uploads/2020/11/norddt-H2-Strategie-final.pdf>, zuletzt geprüft am 19.01.2022.

Wittrock, E., Warnke, M. (2016a): Wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von Wasser aus dem Dortmund-Ems-Kanal für das Speicherbecken Geeste bei Lingen. Gewässerökologisches Gutachten zum Bewilligungsantrag. Oldenburg, ARSU (Auftragnehmer).

Wittrock, E., Warnke, M. (2016b): Wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von Wasser aus dem Dortmund-Ems-Kanal für das Kernkraftwerk Emsland in Lingen. Gewässerökologisches Gutachten zum Bewilligungsantrag. Oldenburg, ARSU (Auftragnehmer).

Wriedt, G. (2021): Grundwasserbericht Niedersachsen. Sonderausgabe zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2020. Grundwasser Band 48. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (Hrsg.). Online verfügbar unter [Veröffentlichungen / Webshop | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz \(niedersachsen.de\)](https://www.niedersachsen.de/veroeffentlichungen/webshop/nds-landesbetrieb-fuer-wasserwirtschaft-kuesten-und-naturschutz), zuletzt geprüft am 19.06.2022.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2022): Datenservice Erneuerbare Energien. Aufgerufen am 22.04.2022, <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c8801>

Gesetze und Verordnungen:

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) (2009). Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist.

Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers, RdErl. d. MU v. 29. 5. 2015 – Aktenzeichen 23-62011/010 (Nds. MBl. 2015 Nr. 25, S.790), Zuletzt geändert durch RdErl. vom 20.10.2020 (Nds. MBl 2020 Nr. 49, S. 1194).

Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 19. Februar 2010. Letzte berücksichtigte Änderung: Inhaltsübersicht und § 97 geändert, § 96a eingefügt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 28.06.2022 (Nds. GVBl. S. 388). <https://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=WasG+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true>, zuletzt geprüft am 10.07.2022.

Anhang

Anhang 1: E-Mail von Herrn Tenzer (Projekt Get H2) vom 22.03.2022 (S. 105)

Anhang 2: E-Mail von Herrn Mäueler (NLWKN Betriebsstelle Meppen) vom 02.05.2022 (S. 105)

Anhang 3: E-Mail von Herrn Mäueler (NLWKN Betriebsstelle Meppen) vom 10.05.2022 (S. 106)

Anhang 4: Notizen des Gesprächs mit Herrn Meyer zu Vilsendorf und Frau Kuwan von EWE vom 05.05.2022 (S. 106)

Anhang 5: Tabelle der Biotoptypen im Landkreis Emsland mit Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen (S. 108)

Anhang 6: Tabelle der Biotoptypen im WK 03001 mit Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen (S. 128)

Anhang 7: Tabelle der Biotoptypen im Landkreis Leer mit Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen (S. 129)

Anhang 8: Liste verwendeter Daten (S. 134)

Anhang 9: Mittlere Abflüsse der Ems am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020 (S. 135)

Anhang 10: Eigenständigkeitserklärung (S. 136)

Anhang 1: E-Mail von Herrn Tenzer (Projekt GET H2) vom 22.03.2022

Guten Morgen Frau Eggers,

so, jetzt habe ich auch die Antwort auf Ihre Frage:

Für die in Lingen geplante Elektrolyse soll vorwiegend Oberflächenwasser aus der Ems verwendet werden. Eine Nutzung von Regenwasser ist ebenfalls vorgesehen. Grundwasser kommt dabei nicht zur Anwendung. Das Wasser wird nach einer ersten Reinigungsstufe als Kühlwasser (Filtrat) und nach weiteren Reinigungsstufen als demineralisiertes Prozesswasser (Deionat) für den Elektrolyseprozess verwendet.

Ich hoffe, das beantwortet Ihre Frage.

Viele Grüße

Kai Tenzer

Anhang 2: E-Mail von Herrn Mäueler (NLWKN Betriebsstelle Meppen) vom 02.05.2022

Sehr geehrte Frau Eggers,

da sich nicht mit Sicherheit sagen lässt, wie sich in Zukunft die Abflüsse der Ems entwickeln (Klimaszenarien, dazu Abschaltung KKE, Speicherbecken Geeste, Grubenwässer aus NRW, etc.) möchte Ich Ihnen folgenden Link übersenden:

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/klibiw/das-projekt-klibiw-104191.html> Das Projekt KliBiW | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (niedersachsen.de)

Darüber hinaus wird über eventuelle zukünftige Anträge zur Entnahme seitens der Wasserbehörden zu entscheiden sein. Dabei hängt die Zuständigkeit vom jeweiligen Antragstellenden ab. Die Regelungen sind im Einzelnen in der „Verordnung über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Wasserrechts“ (ZustVO-Wasser) zu finden.

Ich habe Ihnen die DGJ-Seiten der Pegel in dem Bereich beigelegt.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Jens Mäueler

Anhang 3: E-Mail von Herrn Mäueler (NLWKN Betriebsstelle Meppen) vom 10.05.2022

Sehr geehrte Frau Eggers,

Wenn wir als Gewässerkundlicher Landesdienst (https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/gewasserkundlicher_landesdienst/gewaesserkundlicher-landesdienst-gld-in-niedersachsen-43327.html) bei Fragestellungen, wie bei der von Ihnen gestellten, nach §29 NWG einbezogen werden ist unsere Position dazu, dass keine Entnahmen aus Oberflächengewässern mehr genehmigt werden sollen.

Für den Fall, das eine UWB die Entnahme doch genehmigen möchte, empfehlen wir das alle Entnahmen beim Erreichen bzw. Unterschreiten von MNQ einzustellen sind.

Mit freundlichen Grüßen

Jens Mäueler

Die Frage lautete: Gibt es für die Pegel Dalum und Lingen-Darme auch eine festgelegte Mindestwasserführung bzw. einen ökologisch vertretbaren Mindestabfluss (in m³/s), der nicht unterschritten werden darf/sollte?

Anhang 4: Notizen des Gesprächs mit Herrn Meyer zu Vilsendorf und Frau Kuwan von EWE vom 05.05.2022

- Je nach Elektrolyse-Technik ist unterschiedlich reines Wasser nötig
- Je aufwändiger die Reinigungstechnik, desto mehr Wasser wird durch die Reinigung „verloren“
- 1 Projekt in Prüfung, ob dafür Trinkwasser genutzt werden kann. Vom Wasserverband gibt es grünes Licht, aber politisch ist es nicht vertretbar Trinkwasser für Industriebetrieb zu nehmen, weil, trotz hoher Grundwasserstände, partiell Probleme dort sind, gerade saisonal, genügend Wasser zu haben (wurde zu Sparmaßnahmen im Privaten aufgerufen)
- Quo vadis, Elektrolyse gute Studie, augenscheinlich im Norden viel Wasser, aber nicht alles verfügbar für Elektrolyse
- Hohe Grundwasserstände zwar da, aber Probleme mit Versalzung
- Verschiedene Industriebereiche, wie Papierherstellung, haben Entnahmegenehmigungen, aber wird immer schwieriger für diese, neue Genehmigungen zu bekommen, weil sie mit ihrer Entnahme auch quasi das versalzene GW (die Salzfahne) ins Innere des Landes „ziehen“

- Ist noch nicht Endgeprüft für das Projekt, aber haben wenig Hoffnung, Entnahmegenehmigung für das Projekt zu bekommen
- Für kleine Elektrolysen <30 bzw. eher kleiner 10 MW möglich, dass es da Trinkwasser gibt, also dass es genehmigt wird, aber für größere Elektrolysen, auch von Versorgerseite aus schwierig, dass diese mit Trinkwasser versorgt werden können, weil diese die großen Mengen an GW gar nicht bereitstellen können, das Netz dafür ausgebaut werden muss etc.
- Eher Erkenntnis: für kleine Projekte Grundwasser eine Möglichkeit, aber für große Projekte (Großtechnische Anlagen) muss auf anderes Wasser zurückgegriffen werden, müssen andere Möglichkeiten gefunden werden
- Greifen auch bei ihren Standortplanungen auf Quo vadis, Elektrolyse Studie zurück, aber ist berechtigter Hinweis zu sagen, warum nur auf Grundwasserentnahme geschaut? Wäre spannende Erkenntnis, da nochmal genauer reinzugehen und zu gucken, ob grüne Standorte auch wirklich gut sind, insbesondere bei Wasser muss nochmal genauer hingeschaut werden (haben nur GW betrachtet, was in der Praxis ja dann doch eher nicht oder nicht in dem Maßstab in Frage kommt)
- Richten sich auch bei Projekt, welches noch geprüft werden muss, darauf ein, dass Oberflächenwasser genutzt werden muss
- Weitere Möglichkeiten wären z.B. Wasser aus Entwässerungsgräben, weil da die Qualität besser ist als in der Ems, das Wasser aus der Ems ist in ihrem Bereich sowieso stark Tideabhängig und salzbelastet. Oder aus Kanal, dafür müssten aber auch noch Abstimmungen geführt werden mit entsprechenden Behördenvertretern
- Emswasser Aufbereitung schon sehr aufwändig, da versucht man eher, es kostengünstiger hinzubekommen und dann dementsprechend Wasser mit besserer Qualität zu finden, aber Trinkwasser bzw. Grundwasser zu bekommen wird wohl auch nicht funktionieren
- Große Wasserverbände beschäftigen sich schon damit, wenigstens Brauchwasser aufzubereiten für Elektrolyse, aus Kläranlage oder Uferfiltrat, das dann nochmal aufbereiten für Elektrolyse möglich
- Aktuell kein Projekt mit Grundwasser, eventuell dann später schon, wenn die Genehmigung kommen sollte
- Viele Sachen unterliegen noch der Vertraulichkeit, weil Zusammenarbeit mit Partnern, deshalb dürfen sie noch nichts dazu sagen (Ging um eventuelle GW Projekte, die aber aktuell noch nicht so weit sind, als dass man sagen könnte, ob sie nun wirklich GW dafür nutzen dürfen)
- Zu Entwässerungsgräben: ist Wasser, was eigentlich in die Nordsee gepumpt wird, also eigentlich gar nicht verkehrt, das dann zu entnehmen, (Anmerkung von mir: zumal das Einleiten in die Nordsee eh immer schwieriger wird, aufgrund des ansteigenden Meeresspiegels etc. (Quelle: irgendwo beim NDR) aber da laufen auch erst Vorgespräche, aber Konkretes gibt es da noch nicht
- Wasserangaben von GET H2 Projekt Lingen viel zu wenig (sie betrachten nur stöchiometrischen Wert)

- Prozesse drumherum Problem: Für Aufbereitung und Kühlung etc. geht unnormal viel Wasser für weg
- Mal durchrechnen für unser Clean Hydrogen Coastline Projekt mit etwa 400 MW, vlt. etwas weniger: Wie viel Wasser bräuchten wir? Für diese Mengen dann vermutlich zu viel, um GW zu nutzen
- Kerstin guckt nach öffentlichen Quellen für wie viel Wasser geht für Aufbereitung und Kühlung weg? Je nach Qualität des Wassers mehr oder weniger für Aufbereitung notwendig und gibt auch verschiedene Kühlarten, die unterschiedlich viel Wasser benötigen
- So richtig genau weiß noch keiner genau, wie viel Wasser im Endeffekt verbraucht wird, so wirklich fehlt das noch, man kann aber natürlich herausfinden, wie die Wasserqualität ist und Leute, die die Aufbereitungsanlagen zur Verfügung stellen/ die sich damit auskennen, wissen dann auch, wie viel Wasser dafür verbraucht wird. Und bei der Kühlung kann auch in etwa ausgerechnet werden, je nach Höhe der Temperatur, wie viel Wasser zur Kühlung gebraucht wird, letztendlich wird sich das aber erst im Betrieb dann herausstellen
- Beispielsweise planen wir (EWE) mit einer Kühltechnik, die im Winter gar nicht so gebraucht wird, nur im Sommer, und je nachdem, ob man „Windprofil fährt“, also ob der EE Strom aus Wind kommt, braucht man im Sommer überhaupt so viel, dass du viel kühlen musst, weil die Elektrolyseure dann nicht immer in Betrieb sind (Wind eher im Winter viel). Wie viel es dann wirklich ist, wird sich deshalb erst später zeigen, wenn die Anlagen wirklich in Betrieb sind
- Auch aktuell Thema/Diskussion, wie viel Wasser gebraucht wird, weil ja auch gar nicht klar ist, ob die Elektrolyseure im Sommer überhaupt in Vollast laufen können und dann viel gekühlt werden müsste oder nicht. Gibt da vlt. Modelle zu, aber an sich ist es eher ein Rantasten
- EWE rechnet mit 4-6k Vollaststunden pro Jahr und ca. 2000 kg/2100 kg H₂ pro Stunde bei 100 MW (kommt auch hin mit Angaben anderer Betreiber): Stöchiometrischer Wert für Wasserverbrauch wäre dann = 19 m³/h („ist ja nix“)

Anhang 5: Tabelle der Biotoptypen im Landkreis Emsland mit Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen

Biotoptypenschlüssel und Empfindlichkeitseinstufung nach DRACHENFELS (2012); Liste aller potenziell grundwasserabhängigen Biotoptypen und Lebensraumtypen in NLWKN (o.J.c) zu finden

Biotoptyp	Flächen- größe (qm)	Wasser- empfind- lichkeit	Binnen - gewäss er	Natur - nahe s Hoch - moor

FWa,FWb,GY,NUb,WWa	1886723,0 47	++	G	
GY	1313695,5			
FWa,FWb,GFd,GY,NSc,NUb,WWa	458120	++, +++	G	
FWa,FWb,GY,NUb,WWa	39847,312 5	++	G	
FWa,FWb,GY,NUb,WWa	110851,96 88	++	G	
SEa,WEa,WWa	121786,56 25	++	G	
SEb	52895,453 13		G	
NSc,SEd,WaA	22957,625	+++	G	
SEa,WEa,WWa	3077,7812 5	++	G	
SEe	921,34375		G	
SEe	1413,9375		G	
FWa,FWb,GFd,GY,NSc,NUb,WWa	163378,31 25	++, +++	G	
SEe	898,53125		G	
WQa	94093,578 13			
BFb,BFc,GFd,NSa,NSc,SOd,WaA,WAb,WBa,WQb,WYc	268839,85 94	+, ++, +++	G	
WWa	15777,765 63	++		
WQa	87048,406 25			
SEa,WWb	94450,281 25	++	G	
SYb	35200,843 75		G	
SYb	110508,93 75		G	
FWa,FWb,GFd,GY,NSc,NUb,WWa	57949,234 38	++, +++	G	
SOd	6039,5781 25		G	
SOd	24928,890 63		G	
NSc,SEa	16589,25	+++	G	
MTa,NSa,WBa	1921,0312 5	+++		
SEe,SOe	16997,718 75		G	
SEa,WWb	21995,468 75	++	G	
SEe,SOe	7072,2187 5		G	
MPa,MPb,MPc,MTb,MZa,NSa,SOa,WYc	53442,484 38	+, +++	G	
MY,MZc	853940,25	+++		
SEe,SOe	8766		G	
SEe,SOe	34650,437 5		G	
SEb	4716,7343 75		G	
FWa,FWb,SEd,WWa	18947,593 75	++	G	
GFa,GFd,MPa,MPc,MTb,MY,MZc,NSc,NSa,WYc	2395075,7 81	+, ++, +++		
NSc,SEa,WaA,WHb,WQc,WQf	53666,468 75	++, +++	G	

GMc,RSb	56205,984 38	(+)		
GFd,MHa,MPa,MPb,MPc,MTb,MZa,MZc,NSa,NSc,SOa,WYc	881209,96 88	+, ++, +++	G	
BFb,NSc,SEa	29832,156 25	+, +++	G	
BFb,NSc,SEa	45099,203 13	+, +++	G	
RSa,WQa,WQb	8908,0156 25	++		
RSa,WQa,WQb	11839,609 38	++		
FWa,SEa	46066,656 25		G	
GFd,GMa,GY,SEe	336461,79 69	+, ++	G	
NSc,SEa,WaA,WHb,WQc,WQf	3342,8593 75	++, +++	G	
RSa,WQa,WQb	18365,140 63	++		
RSa,WQa,WQb	16950,296 88	++		
SEe,SOe	12301,25		G	
RSa,WQa,WQb	15722,218 75	++		
WQa,WQb	13375,218 75	++		
NSc,SEa,WaA,WHb,WQc,WQf	62523,609 38	++, +++	G	
WQa,WQb	83321,890 63	++		
WQa	22116,156 25			
GFa,MZc,NSc,RNa	96678,703 13	++, +++		
NSc,WHa,WWa	17126,765 63	++, +++		
FWa,SEa	29498,078 13		G	
SEe,SOe	22922,187 5		G	
GFd,MPa,MPb,MPc,MTb,MZa,SOa,WYc	2017318,2 03	+, ++, +++	G	
NSc,SEa,WaA,WHb,WQc,WQf	20477,859 38	++, +++	G	
WQa	13226,906 25			
BFb,NSc,SEb,WaA	32940,906 25	+, +++	G	
GFa,MZc,NSc,RNa	98628,484 38	++, +++		
GMc,RSb	5054,7187 5	(+)		
GFd,GMa,GMc,NSc,NSa,RNa,RNc,RSa,RSb,SEa,WHb	93310,906 25	(+), +, ++, +++	G	
GFd,GMa,GMc,NSc,NSa,RNa,RNc,RSa,RSb,SEa,WHb	69140,906 25	(+), +, ++, +++	G	
GFd,MPa,MPb,MPc,MTb,MZc,SOe,WYc	3744884,2 5	+, ++, +++	G	
SEa,WQf	138904,96 88		G	
HCa,MZb,SOd	7838,2812 5	+++	G	
SEe,SOe	38817,187 5		G	

GMc,RSb	120271,46 88	(+)		
FQc,GFd,GMc,NSc,RNc,RSb,RSa,SEa,WAA	214231,51 56	(+), ++, +++	G	
GFd,MHa,MPa,MPc,MTb,MZa,NSc,NSa,WBb,WYc	407080,84 38	+, ++, +++		
SEe,SOe	30702,406 25		G	
BFc,GFd,RNa,WBb,WYc	19266,656 25	+, ++		
SEa,WQf	19199,828 13		G	
SEa,WQf	15816,046 88		G	
SEa,WQf	6724,5156 25		G	
GFd,MHa,MPa,MPc,MTb,MZa,NSc,NSa,WBb,WYc	271313,57 81	+, ++, +++		
MPa,MP2,MP3,MZb,MZa,NSc	118862,67 19	+, +++		
GFd,GY,MPa,MPb,NSc,WYc	966523,56 25	+, ++, +++		
GFd,GY,MPa,MPb,NSc,WYc	1136369,2 66	+, ++, +++		
BFb,NSc,SEa,WCb,WEa,WQa,WQc	164565,06 25	+, ++, +++	G	
BFb,MHa,MPa,MPc,MTb,MZa,MZc,NSa,NSc,SOa,WQa,WQb	271497,18 75	+, ++, +++	G	
SEe,SOe	46589,609 38		G	
MPa,MPb,MPc,MZa,WYc	46245,687 5	+, +++		
GFd,GY,MPa,MPb,NSc,WYc	1716023,6 41	+, ++, +++		
BFb,GFd,NSc,RNa	209726,71 88	+, ++, +++		
MPa,MPb,MTb,MY,MZa,MZc	3231276,0 78	+, +++		
GMc,HCa,NUb,RSa,RSd	58929,031 25	(+)		
SEa,WEa,WWa	13934,140 63	++	G	
GFa,GFd,MZa,NSa,RNa	69068,671 88	++, +++		
WQf	61463,046 88			
SEa,WEa,WWa	4651,2187 5	++	G	
GFa,GFd,MZa,NSa,RNa	58175,640 63	++, +++		
SEe	27479,625		G	
GY	950841,5			
GFd,GFa,GMa,GY,MHa,MPa,MPc,MTb,MZa,MZc,NSa,RNa,SOa,WYc	1276027,7 66	+, ++, +++	G	
BFc,HCa,MPa,MP2,MPc,MTb,MZa,NPa,RSd,WYc	477209,42 19	+, ++, +++		++h
MHa,MTb,MZa,NSa	310,6875	+++		
MHa,MTb,MZa,NSa	313,51562 5	+++		
MHa,MTb,MZa,NSa	312,0625	+++		
GFd,GY	268324,06 25	++		
MHa,MTb,MZa,NSa	10030,453 13	+++		

SEe	3998,4843 75		G	
RSa,RSb	10300,468 75			
BFa,NSc,RSa	558976,76 56	+++		
BFa,NSc,RSa	48796,984 38	+++		
GMa,NSc	4763,2656 25	+, +++		
NSc,SEa	8259,3437 5	+++	G	
BFb,GFd,GMa,NSc,NSa	385403,40 63	+, ++, +++		
GFd,GMa,SEb	6956,5781 25	+, ++	G	
BFb,GMa,NSa,NSc,SEa,WaA	48033,937 5	+, +++	G	
GFd,NSc,NS1	70502,765 63	++, +++		
HCa,NSc,RNc,RNa,RSd,WEa,WQa	181428,62 5	+++		
SEa	996,84375		G	
GFd,NSc,NS1,SEa	146561,57 81	++, +++	G	
BFb,GMa,NSa,NSc,SEa,WaA	5226,3125	+, +++	G	
SEe	25831,812 5		G	
GFd,NSc,NS1,SEb	6952,5156 25	++, +++	G	
NSc,SEa	46059,078 13	+++	G	
HC1,NPa,SOd	608,10937 5	++	G	++h
NSc,SEe	50522,062 5	+++	G	
GMc,HCa,RSb,RSd,WQa	32344,234 38	(+)		
RSa,RSb,RSd,SEa,WEa,WH1,WH2	104119,59 38	++	G	
BTa,GMa,GMc,RSd	13081,390 63	(+), +		
BFc,BFb,GFd,GMa,NSa,NSc,SOB,WBa,WYc	191645,85 94	+, ++, +++	G	
SEa	17863,406 25		G	
SEe	42025,484 38		G	
HCa,RNa,RSd	146657,28 13			
NPa,SOe	457,82812 5	++	G	++h
SEa	9866,9062 5		G	
SOe	909,64062 5		G	
GFd,GMa,GY,SEa	123525,76 56	+, ++	G	
BFa,GFd,NSc,NUb,SEa	77529,640 63	++, +++	G	
SOe	74980,343 75		G	
NSc,SEa	5949,7812 5	+++	G	

NSc,SEa	5966,7343 75	+++	G	
RSd,SOe	52354,218 75		G	
BFb,NSc,SEa,WaA	7935,2187 5	+, +++	G	
SOe	8107,7968 75		G	
BTb,HCa,RSd,WQa,WYd	143910,84 38			
MPa,MPc,WQc	522490,01 56	+, ++		
MPa,MPc,MZb,NSa,NSc	14454,062 5	+, +++		
BFb,SEa,WEa,WHb	70597,578 13	+, ++	G	
HCa,RSa,RSd,WYd	60904,687 5			
SOe	36424,296 88		G	
BFa,FFb,NUb	379289,90 63		G	
BF2,BFc,NSa,NSc,WQb,WYc,WYd	59575,437 5	+, ++, +++		
RSd,RS2	28446,187 5			
RSd,WH1,WH2	63896,390 63	++		
FBd,GFd,GMa,GY,NSc,WaA,WYc	253118,12 5	+, ++, +++		
BFb,FBc,FBd,GFd,GMa,NS1,NSc	482612,78 13	+, ++, +++		
NPb,SYb	7641,25	++	G	++h
HCa,SOe	19356,781 25		G	
BFb,NSc,SEb	5677,6875	+, +++	G	
BFb,SEe	1539,0937 5	+	G	
SEb	9754,125		G	
BFb,SEe	2586,8906 25	+	G	
SEe	4426,375		G	
FBd,GFd,GMa,GY,NSc,WaA,WYc	1756700,1 88	+, ++, +++		
NPa,NSa	3182,0781 25	++, +++		++h
SEe	4612,7187 5		G	
SEe	2968,6875		G	
NSa,SOb	10499,781 25	+++	G	
HCa,RSb,RSd,RSa,WQ1,WYd	100139,18 75			
BFb,NSc,SEd	7716,4375	+, +++	G	
SOe	5332,3281 25		G	
BFa,GMa,GMc,NSc,NUb,SEa,WH1,WH2	94060,015 63	(+), +, ++, +++	G	
WQa,WQ2	15628,828 13			
HCa,WQa	65661,812 5			

WQb	47787,140 63	++		
WQa,WQf	57333,687 5			
SEe	1153,375		G	
SEe	1268,125		G	
BFb,BF1,NSc,SEa	24646,734 38	+, +++	G	
SOB,WBa	7729,375		G	
NSa,NSc,SEe	5406,7187 5	+++	G	
BFb,NSc,SEb	11683,093 75	+, +++	G	
BFa,SEa	41111,812 5		G	
HCa,WQ1	22940,984 38			
BFb,BF1,NSc,SEa	310,20312 5	+, +++	G	
GFd,GMa,GY,NS1,NSc	3212211,4 53	+, ++, +++		
HCa,RNc	49520,484 38			
GFd,GMc,GMa,RSb,SYb	90826,468 75	(+), +, ++	G	
SEe	4093,5		G	
SEe	1265,7031 25		G	
GFd,NSc	6959,5468 75	++, +++		
SEa	3970,7343 75		G	
NSa,SOB	8936,0468 75	+++	G	
SEa	13608,859 38		G	
NSc	2506,2031 25	+++		
MHa,NSa	9564,4687 5	+++		
GY,MPa,MPb,MPc,MZa,NS3,WYc	1142348,9 53	+, +++		
SEa	4973,5		G	
SEb	13695,25		G	
BFa,NSc,NS1,SEa	41478,531 25	+++	G	
NPa,SOe	2970,9062 5	++	G	++h
SEb	4637,4531 25		G	
GFd,GMa,GY,NS1,NSc	10919188, 8	+, ++, +++		
SEe	4777,4687 5		G	
MPa,WBb,WYc	151245,17 19	+		
BFb,GFd,GY,HCa,MZb,NSa,NSc,RNc,SEe,WBa,WQc,WQb,WYa	648434,42 19	+, ++, +++	G	
BFb,GFd,GMa,GMc,MPa,MPc,MTb,MZa,MZc,NSa,NSc,SEe,SOe,WBb,WYc	1422809,4 84	(+), +, ++, +++	G	
MPa,WBb,WYc	111461,62 5	+		

HCa,NPa,SYb	4743,3593 75	++	G	++h
NPb,SYb	596,5	++	G	++h
BFb,FBd,FQc,GFd,GMa,GMc,HCa,MZb,MZ1,NSa,NSc,SEe,WAA,WBa,W Ea,Wec,WQb,WYa	1356398	(+), +, ++, +++	G	
HCa,MZb,NSa,RSa,RSd	607178,46 88	+++		
MTa,NSa,SOB	13561,109 38	+++	G	
MTa,NSa,SOe	11898,421 88	+++	G	
BFb,GFa,GFd,MHa,MPa,MPc,MZa,WBb	29317,625	+, ++, +++		
HCa,MZb,NSa,RSa,RSd	841042,81 25	+++		
MTa,NSa,SOB,WBa,WQb	106613,46 88	++	G	
BFa,SEa	8250,9218 75		G	
MPa,WBb,WYc	52856,953 13	+		
BFb,GFa,GFd,MHa,MPa,MPc,MZa,WBb	46785,125	+, ++, +++		
NSa,SOB	24092,968 75	+++	G	
MPa,WBb,WYc	47628,265 63	+		
BFb,GFd,GFa,GY,HCa,MPa,MPc,MTb,MZb,NSa,NSc,RNa,RSa,RSd,WB b,WQb,WYc	4515313,7 81	+, ++, +++		
NSc,WAA	21123,843 75	+++		
BFc,HCa,MPa,MPb,MPc,MTb,MZa	20163107, 8	+, +++		
BFb,GFd,MPa,MPc,NSc,NSa,SOB,WBb,WBa,WYc	256822,10 94	+, ++, +++	G	
BFa,NSc,SEa	72985,625	+++	G	
SEe	2330,4375		G	
MZ2,NSa	8944,7031 25	+++		
SEe	624,39062 5		G	
MHa,MP1,MPc,NSa,WBa,WB2,WQa,WYc	457837,03 13	+++		
SEb	8439,0468 75		G	
HCa,NSa,RSa,WQa,WYd	817335,73 44	+++		
BFa,BFb,SEa,WAA	8849,6718 75	+, +++	G	
GFa,GFd,GMc,GY,NSa,RNa	303999,64 06	(+), ++, +++		
GFa,GFd,GMc,GY,NSa,RNa	80083,640 63	(+), ++, +++		
BFb,NSa,WBa	51849,640 63	+, +++		
NSa	4168,5468 75	+++		
NSa,SOB,WBb,XOa	8285,2968 75	+++	G	
GFd,MHa,MPa,MTb,MZa,MZb,WYc	396884,85 94	+, ++, +++		
GFd,MHa,MPa,MTb,MZa,MZb,WYc	177213,67 19	+, ++, +++		
WBa,XOa	8215,5625			

BFb,GFd,MHa,NSa,NSc,WAA,WAb,WBa	273452,96 88	+, ++, +++		
NSa,SOB,XOa	16110,734 38	+++	G	
MZa,MZb,SEb	44345,578 13	+++	G	
BFb,GY,HCa,MPa,MPb,MP3,MTa,MZb,NSa,WYc	2361535,3 91	+, +++		
GFd,MPa,WBb,WYc	518489,03 13	+, ++		
BTb,RNc	18978,468 75			
GMc,RSa,RSb,RS4	92150,515 63	(+)		
WH1,WH2,ZGb	2415,6093 75	++		
BFb,GFd,GMa,NSc	128899,31 25	+, ++, +++		
GY,MPa	101688,57 81	+		
BFb,NSc,NS1,WEa,WQ2,WQ1,WQ6	96066,265 63	+, +++		
WH1,WH2,ZGb	2604,6562 5	++		
SOe	3978,5156 25		G	
FGb	312188,84 38		G?	
GY,MPa	57145,468 75	+		
GY,MPa	80888,781 25	+		
SEe	575,5		G	
GY,MPa	146576,29 69	+		
HCa	88346,468 75			
GFd,GMa,GY,NSa	7148442,7 81	+, ++, +++		
WLb	123685,45 31	(+)		
NSc,SEa,WAA	12640,265 63	+++	G	
NSc,SEa,WAA	9487,8593 75	+++	G	
NSc,SEa,WAA	2525,2187 5	+++	G	
NSc,SEa,WAA	4550,1562 5	+++	G	
HCa,MPa	533909,87 5	+		
RSa,RSb,SEa,WHa,WWa	157544,12 5	++	G	
BFb,NSa,SEb	5958,375	+, +++	G	
HCa,NSa,WQa,WYd	66472,562 5	+++		
NSc	6328,4687 5	+++		
RSa,RSb,SEa,WHa,WWa	32779,812 5	++	G	
GFd,WAb,WBa,WQb	4884,8281 25	++		
GFd,WAb,WBa,WQb	81226,390 63	++		

BFb,SEa	2644,2343 75	+	G	
NPa,NSa,SOe,WBb,WYc	31094,703 13	++, +++	G	++h
WQa,WQb	39404,937 5	++		
NSc,SEa,WAA	16978,484 38	+++	G	
NSc,SEa,WAA	13846,968 75	+++	G	
MTb,MZc	5969,1718 75	+++		
HCa,NSa,SEb	130749,62 5	+++	G	
HCa,MTa,MZb	223687	+++		
BFb,BFc,MPa,MPc,NSa,NSc,SEa,SEd,WAb,WYc	150354,10 94	+, +++	G	
GFd,NSc	18969,093 75	++, +++		
MTa,NSa,SOB	26662,156 25	+++	G	
BTa,GMc,RNc,RSa,RSb,ZGb	90941,968 75	(+)		
GFd,NSc	45540,734 38	++, +++		
RSa,RSb,SEa,WHa,WWa	312,03125	++	G	
NSc,SEa,WAA	24807,609 38	+++	G	
MTb,MZa	312,03125	+++		
SEa	995,375		G	
SEb	198,26562 5		G	
MTa,NSa,SOB	14094,531 25	+++	G	
NSc,SEa	41594,562 5	+++	G	
NSc,WAA	53824,953 13	+++		
BFb,BFc,HCa,MZb,NSa	27742,312 5	+, +++		
MTb,MZa	17584,453 13	+++		
MZb,NSc,SEa	144139,87 5	+++	G	
MTb,MZa	313,39062 5	+++		
SEa	6202,0625		G	
HCa,MHa,MTb,MZa,NSa,SOB	57963,859 38	+++	G	
MHa,MZa,NSa,NSc	32991,109 38	+++		
WHb,WQa	29062,781 25	++		
WAA,WAb,WBa	48323,328 13	+++		
RSa,RSb	122711,93 75			
WHa	64633,890 63	++		
GFd,GMa	35882,203 13	+, ++		
WAA,WAb,WBa	51750,734 38	+++		

MPa,MZa	15198,109 38	+, +++		
GFd,GMa	17802,703 13	+, ++		
NPa	3183,5156 25	++		++h
RSb,SEa	14883,390 63		G	
MPa,MZa	11432,796 88	+, +++		
NPa,SOd	6035,4843 75	++	G	++h
BFb,NSa,WBa	6958,7031 25	+, +++		
MHa,MTa,MZa,NSa,SOB	5952,8906 25	+++	G	
WAa	5744,7968 75	+++		
MHa,MTa,MZa,NSa,SOB	5966,8125	+++	G	
WHa	10119,125	++		
WHa	65899,812 5	++		
MHa,WQb	40145,578 13	++		
NSa,SEb,SOB,WBa	4970,0625	+++	G	
MTa,NSa,SOB	8940,1562 5	+++	G	
MTb,MZa,NSa	35271,093 75	+++		
GFd,NSc,SEa,WAa	111913,48 44	++, +++	G	
SEa	119909,28 13		G	
GFd,RSb,SEa,SEb	175516,70 31	++	G	
SEa	139525,40 63		G	
BFb,NSa,SEb	13817,156 25	+, +++	G	
BFb,NSc,SEa,WAa	41335,406 25	+, +++	G	
SEa	6297,6562 5		G	
SE2,WAa,WHa	50852,25	++, +++	G	
NPa,NSc	2974,5312 5	++, +++		++h
MHa,MTa,NSa,SOa	35579,578 13	+++	G	
BFb,MTb,MZa,NSa	309,84375	+, +++		
BFb,MTb,MZa,NSa	19300,875	+, +++		
SEa	6265,3593 75		G	
WAa,WAb,WHb,WLb,WMc	252313,17 19	(+), ++,+++		
SEa	1993,7343 75		G	
BFb,NSc,SEa,WAa	313,15625	+, +++	G	
BFb,GFd,SE4	62607,328 13	+, ++	G	
BFb,NSc,SEa,WAa	309,78125	+, +++	G	
GY,MPa,MY,WYc	274997,95 31	+, +++		

WAa	12659,546 88	+++		
SEa,WAa,WEa,WH1,WH2	101936,23 44	++, +++	G	
GFd,RSb,SEa,WHb	221188,54 69	++	G	
WBb,WYc	448923			
HCa,RSa,RSd,WQa	72234,562 5			
BFb,NSa,NSc,SEb	3235,7812 5	+, +++	G	
BFb,NSa,NSc,SEb	3236,7343 75	+, +++	G	
MTa,NSa,SOb	1596,4687 5	+++	G	
NSa,NSc	2483,5	+++		
MHa,NSa,WB2	2985,0156 25	+++		
MZc,NSa,SOa	158381,31 25	+++	G	
MHa,MTa,NSa,SOa	11356,515 63	+++	G	
SEa	1746,8281 25		G	
BFb,NSc,NSa,SEa	19705,718 75	+, +++	G	
SEa	1741,0312 5		G	
SEa,WEa	3487,4687 5	++	G	
BFb,GFd,MHa,NSc,SOa	46907	+, ++, +++	G	
BFb,SEb	15061,421 88	+	G	
SEa	2976,7187 5		G	
BFb,SEb	308,0625	+	G	
SEa,WEa,WQa	58490,765 63	++	G	
SEa,WEa	2985,0781 25	++	G	
BFa,FFb,NUb	359964,26 56		G	
MTa,MZb,SOa,SOe	29237,734 38	+++	G	
GFd,NSc,SEa,WAa,WAb,WLb,WQ1,WQ2	31218,234 38	(+), ++, +++	G	
BFa,BFb,SEa,WH2,WQa,WYd	101208,01 56	+, ++	G	
GMc,RSb,RSd	129966,59 38	(+)		
BFb,BFc,NSa,SEb,WAa,WAb,WBa,WYc	202645,34 38	+, +++	G	
BFb,SEa	20341,234 38	+	G	
FFb,NUb,RSb	935956,95 31		G	
GFd,NSc,SEa,WAa,WHb	43779,328 13	++, +++	G	
MPa,MTb,MZa	341035,43 75	+, +++		
GFd,GMa,WAa	26799,359 38	+, ++, +++		
BFb,GMc,HCa,RSa,RSb,RSd,SEa,WQa	310,40625	(+), +	G	

BFb,GMc,HCa,RSa,RSb,RSd,SEa,WQa	145589,29 69	(+), +	G	
GMc,NSc,RNc,SEa,WAA,WHb	135048,01 56	(+), ++, +++	G	
BFb,GMc,HCa,RSa,RSb,RSd,SEa,WQa	314,51562 5	(+), +	G	
BFb,GFd,NSc	17414,390 63	+, ++, +++		
BFa,BFb,GFd,GMa,NSc,NUb,SEa	129260,54 69	+, ++, +++	G	
BFb,GFd,NSc	10719,078 13	+, ++, +++		
SOB,SO5	4966,5468 75		G	
MPa,MPb,MTb,MZa	420843,54 69	+, +++		
GFd,GM1,GMc,RSa,RSb,RSd,SEb,WH1,WQ1	111537,06 25	(+), ++	G	
SEa	10668,781 25		G	
GFd,NSc,WQa,WQc,WQf	83674,093 75	++, +++		
WHb	5968,7656 25	++		
GFd,GMa,NSc,WAA	40631,593 75	+, ++, +++		
NSc,NSa	18021,187 5	+++		
BTa,GMc,RNc,RSa,RSb,SEa,ZG2	113098,17 19	(+)	G	
BFb,NSc,SEb	7927,8281 25	+, +++	G	
BFa,BFb,GFd,GMa,NSc,NUb,SEa	311,28125	+, ++, +++	G	
BFa,NUb,SEa	14765,968 75		G	
GFd,GM1,GMc,RSa,RSb,RSd,SEb,WH1,WQ1	231698,51 56	(+), ++	G	
BTa,GMc,RSa,RSb	42885,843 75	(+)		
NUb,SEa	16124,375		G	
WMc,WQa,WYd,XE	58976,234 38	(+)		
SEa	30741		G	
SEa	38152,312 5		G	
BFb,BFa,GFd,NSc,NSa,SEa,WEa,WQb	309,71875	+, ++, +++	G	
SEa	1285,5937 5		G	
BTa,GMc,RSa,RSb	13020,984 38	(+)		
BFb,BFa,GFd,NSc,NSa,SEa,WEa,WQb	40232,453 13	+, ++, +++	G	
BFb,BFc,SEa	5971,125	+	G	
SEe	593,8125		G	
SEa	5966,2343 75		G	
BFb,GFd,WAA,WEa	45790,812 5	+, ++, +++		
BTa,GMc,RSa,RSb	27425,281 25	(+)		
WMc,WQa,WYd,XE	29243,625	(+)		
SOB	7944,0937 5		G	

GFd,NSc	8941,3281 25	++, +++		
GFd,GMa,GY,NSc	747384,40 63	+, ++, +++		
BFb,GFd,NSc,WAA	64799,890 63	+, ++, +++		
BFb,BFc,GFd,NSa,SOB,SO4,WAA,WAb,WBa,WQa,WQb	121697,81 25	+, ++, +++	G	
NSa,SOB	16627,125	+++	G	
SEa	32726,562 5		G	
BFb,GFd,GMa,NSa,NSc,WAA	92867,562 5	+, ++, +++		
SEa,SEe	7114,375		G	
BFb,NSc,SEa	20828,656 25	+, +++	G	
BFa,SEa,WHb	19148,5	++	G	
BFb,BFc,NSc,WAA,WQb	12831,312 5	+, ++, +++		
BTa,BTb,GFd,GMc,HCa,RSa,RSb,WHb	509032,14 06	(+), ++		
BFb,SE1	310,34375	+	G	
BFb,BF2,GFd,GMa,NSc	33428,203 13	+, +++		
BFb,SE1	1925,3281 25	+	G	
SEa	31565,921 88		G	
GFd,NSa,NSc	32804,203 13	+++		
BFb,SEa,WAA,WBa,WQb	61407,015 63	+, ++, +++	G	
BFa,BFb,SEa	6389,9687 5	+	G	
BFa,BFb,SEa	16137,828 13	+	G	
MPa,MZa	595222,12 5	+, +++		
FFb,WH1	103409,76 56	++	G	
BFb,NSc,SEa,WAA	5958,0156 25	+, +++	G	
BFa,BFb,GFd,SEe,WEa,WHb,WQ3,WQ6	93497,25	+, ++	G	
BFb,BFc,GFd,SEd,WAA,WAb,WBa,WQb	134169,68 75	+, ++, +++	G	
BFa,BFb,SEa	15679,828 13	+	G	
BTb,BTa,GFd,GMc,GMa,NSc,RNc,RSd,RS1,RSb,SEb,SEa,WHa	633423,34 38	(+), +, ++, +++	G	
MPa,MZa	17025,515 63	+, +++		
BFb,NSa,NSc,RNc,RSd	24317,031 25	+, +++		
BFc,GFd,WBa	30566,140 63	+		
MPa,MZa	390054,93 75	+, +++		
FGb,SEd	3826,5625		G	
MPa,MZa	1206180,2 5	+, +++		
FGb,SEd	312,28125		G	
NSa,SOe	1483,9843 75	+++	G	

RSb,SEa,WYa	64590,312 5		G	
SEe	13040,75		G	
SEa	23269,046 88		G	
BTb,GFd,RS2,RSd,SEa,SE5,WH1,WQ1	79955,953 13	++	G	
BFb,GFd,GMc,NSc,RSb,SEa	90124,796 88	(+), +, +++	G	
SEa	10784,406 25		G	
BTb,GFd,GMc,RSa,RSb	126236,07 81	(+)		
BFb,NPa,NSc,NS1,SEd	12208,968 75	+, ++, +++	G	++h
BFb,GFd,GMa,GY,NSa,NSc	480976,60 94	+, +++		
MPa,MZa	71751,546 88	+, +++		
SEa	395,71875		G	
MPa,MPb,MPc,MTb,MZa,WYc	5012324,7 03	+, +++		
SEa	1982,7656 25		G	
MHa,MTa,NSa,SOB	12956,078 13	+++	G	
FBd,WAA,WEa,WLb,WQf	48584,609 38	(+), ++, +++		
HCa,RSa	48893,093 75			
HCa,RSa	30970,265 63			
SEe	2478,7656 25		G	
BFb,BFc,NSa,WQa,WQb	14394,687 5	+, ++, +++		
SE2	996,23437 5		G	
SEb	14990,593 75		G	
GFd,GMc,RSb,WWa,ZG2	75691,531 25	(+), ++		
SE1	8329,625		G	
GFd,GMc,RSb,WWa,ZG2	41453,843 75	(+), ++		
BFb,BFc,NSa,NSc,SEa,WAA	24398,062 5	+, +++	G	
BFc,NSa,NSc	2981,4687 5	+, +++		
WQa,WYd	36201,5			
BTa,BTb,RSb,ZG2	86890,031 25			
MPa,MP2,MTb,MY,MZa,NSc,WYc	1096228,5 63	+++		
MPa,MTb,MY,MZa,SOa	323587,09 38	+, +++	G	
BFb,NSc,SEa	21537,687 5	+, +++	G	
SOe,SO2	2485,7968 75		G	
MZ2,NSa,SOB,SO4	7957,9531 25	+++	G	
SOe,SO2	2483,3593 75		G	

GFd,GMa,NSc,SEb	22014,937 5	+, +++	G	
BFb,MTa,NSa,SEb	7957,9843 75	+, +++	G	
MZa	42592	+++		
SEb	1987,7031 25		G	
BFc,NSc,SEe,WAA,WAb,WBa,WQa,WQb	103187,46 88	+, ++, +++	G	
BFb,NSa,NSc,SEb	9777,2656 25	+, +++	G	
BTa,BTb,RNc,RSb	62433,046 88			
MPa,MZa,SYb,WYc	302398,07 81	+, +++	G	
MPa,MPc,MZa,WYc	1348890,4 38	+, +++		
GFd,NSc,WAA,WEa	15773,296 88	++, +++		
MTb,MZb,NSa,SOB	7942,7343 75	+++	G	
SEb	2483,6562 5		G	
MPa,MTb,MZa	584516,53 13	+, +++		
BFb,NSc,SEb,WAA	25498,234 38	+, +++	G	
BTa,GMc,RSa,RSb,SEa,ZGb	97509,875	(+)	G	
NPa,WQa	44780,875	++		++h
MPa,MTb,MZa	11287	+, +++		
BFb,NSc,WAA,WQ2	27696,046 88	+, +++		
BFa,FFb,NUb	951514,18 75	+	G	
NPa,NSc,SOe	275188,26 56	++, +++	G	++h
SEc	116927,01 56		G	
MPa,MPb,MPc,MZa	364856,84 38	+, +++		
BFb,SE2,WAA	19011,328 13	+, +++	G	
BTa,HCa,RSa,RSb,RYa,RYc,SEd,WCD	140731,48 44		G	
NPa,NSa,SOe	7888,4062 5	++, +++	G	++h
GMa,GMc,NSc,WEa,WHb,WMc	688982,35 94	(+), +, ++, +++		
RNc	9464,7187 5			
WQa	29901,578 13			
WCd,WQc	39765,015 63	++		
BFb,MTa,MZb,NSa,SOB,SO5	33289,75	+, +++	G	
WQa,WYd	40226,703 13			
WCb	13639,234 38	+		
BTb,HCa,WQa	177047,56 25			
BTb,RNc,WQc	73854,484 38	++		

BTa,RSa,RSb	1983,1718 75			
MHa,MTb,SOa	106400,17 19		G	
HCa,RSa	60108,906 25			
BTa,GMc,RSd,RSa,RSb	78328,984 38	(+)		
BTb,HCa	186722,73 44			
BFb,GFa,MPa,MZa,NSa,NSc,WYc	41121,140 63	+, +++		
BFb,NSc,WAA,WAb,WYd	64970,906 25	+, +++		
MHa,MPa,MT1,MZa,SO1	73738,421 88	+, +++	G	
MHa,MPa,MT1,MZa,SO1	37037,937 5	+, +++	G	
SEc,WCb,WEa,WQc	32065,062 5	++	G	
BTb,HCa	18048,484 38			
SOd	9420,9687 5		G	
GFd,GFa,NSc	19229,218 75	+++		
NPa,SOd	9086,25	++	G	++h
GFd,NSa	39903,593 75	+++		
BTb,GMc,RNc,RSa,RSd,WYd	60789,171 88	(+)		
BTb,GMc,RNc,RSa,RSd,WYd	16691,093 75	(+)		
FQc,WAA	1484,6718 75	+++	G	
SEd	53539,546 88		G	
BFb,NSc	7073,2343 75	+, +++		
FQc,MZb,NSa	2981,3593 75	+++	G	
FQc,MZb,NSa	2984,1562 5	+++	G	
BFb,WAA,WEa	53285,359 38	+, ++, +++		
SEc	3970,7656 25		G	
WAA	152023,5	+++		
FQc,WAA,WEc	6959,4062 5	+++	G	
BFb,MHa,MPa,MTb,NSa	57293,25	+, +++		
WHA	26124,312 5	++		
FQc,NSa	7945,6875	+++	G	
WAA,WEa	91248,281 25	++, +++		
GFd,NSc,WHb,WMc	689864,15 63	(+), ++, +++		
MPc,MPa,MTb,MZa	4968,3437 5	+, +++		
WAA,WEa	20581,812 5	++, +++		
MHa,MTa,NSc,SO5	12711,968 75	+++	G	

WAa,WEa	15461,078 13	++, +++		
BFb,NSc,WAa,WEa,WQ3	142506,57 81	+, ++, +++		
GFd,GMa,WAa,WEa	239868,07 81	+, ++, +++		
SEa	8234,5312 5		G	
GFd,GMa,WAa,WEa	18462,234 38	+, ++, +++		
WLb,WQc	32125,546 88	(+)		
WAa,WLb,WQc	14169,078 13	(+), +++		
NPa,SOe,SO2	996,29687 5	++	G	++h
HCa,NSa,RSd,SO4,SO5	37119,984 38	+++	G	
WAa,WLb,WQc	75806,859 38	(+), +++		
HCa,NSa,RSd	92284,390 63	+++		
GY,HCa,NSa,WY4	5253539,6 72	+++		
BFc,FBd,WAa,WAb	37971,718 75	+, +++		
GM1,NSc,SE1	10579,593 75	+++	G	
GFd,GMa,NSc,SEc	116202,62 5	+, ++, +++	G	
FQc,GFd,NSa,NSc	8283,5	++, +++	G	
WAa,WEa,WHa,WHb,WLb,WQf	160546,62 5	(+), ++, +++		
FQc,GFd,NSa,NSc	2902,4843 75	++, +++	G	
WAa,WHa,WHb,WMc,WQf	18220,968 75	(+), ++, +++		
SEa	2198,0312 5		G	
WAa,WHa,WHb,WMc,WQf	20455,093 75	(+), ++, +++		
NSc,SEa	10335,234 38	+++	G	
BFb,NSc,SEc,WAa,WHa,WHb,WQf	109170,70 31	+, ++, +++	G	
GFd,NSc,SEc	33594,859 38	++, +++	G	
MTa,SOB,WBa	7972,9062 5	+++	G	
WHa,WHb,WMc	23217,296 88	(+), ++		
GFd,NSc,SEa	103260,31 25	++, +++	G	
WHa,WHb,WMc	84901,234 38	(+), ++		
BFb,NSa	598,35937 5	+, +++		
GFd,GMa,WEa	17916,656 25	+, ++		
WQc	21978,031 25	++		
GFd,NSc,SEa	4237,0625	++, +++	G	
SOd	394,90625		G	

WYd,XE	159635,81 25			
GMc,RSd	39828,937 5	(+)		
BFb,GFa,HCa,NSc,NSa,WAA	38257,093 75	+, ++, +++		
BFb,SEb	4973,3906 25	+	G	
BFb,NSa,NSc,SEb,SE4,WAA	10950,875	+, +++	G	
GMc,GMa,MHa,MZa,NSc,NSa,SEb,SOB	102871,90 63	(+), +, +++	G	
BFb,NSa,NSc,SEb,SE4,WAA	6787,0937 5	+, +++	G	
MTa,NSa,SOB	3781,3906 25	+++	G	
BFb,GFd,GFa,GMa,NSc,NSa,WAA	142031,43 75	+, ++, +++		
BFb,GFd,NSc	31142,140 63	+, ++, +++		
GFd,GMa	310,98437 5	+, ++		
GFd,GMa	7937,0468 75	+, ++		
BFb,GFd,SOe	41830,062 5	+, ++	G	
SOd	1785,5468 75		G	
NPa,SOd	6958,3437 5	++	G	++h
HCa,RSd,RS1,SO4,WBa,WQb	68808,078 13	++, +++	G	
SEd	496,51562 5		G	
NSc	22614,109 38	+++		
BFc,MP1,MPb,MTb,SOa,WBb,WYc	524549,57 81	+, +++	G	
BFa,SEa	8601,7031 25	+	G	
NSa,SOB,WQ1,WQ2,XE	13298,953 13	+++	G	
GFd,NSc,SEb,SE1	36737,359 38	++, +++	G	
GFd,NSc,SEb,SE1	17391,921 88	++, +++	G	
GFd,NSc	23036,578 13	++, +++		
WAA,WCD,WH1,XE	48709,203 13	++, +++		
BFb,NSa,SOB	50605,843 75	+, +++	G	
WAA,WCD,WH1,XE	46062,015 63	++, +++		
GFd,GMa,NSc,SE2	25981,187 5	+, ++, +++	G	
GFd,NSc,WAA,WCB,WCD,WH1,XE	194748,32 81	+, ++, +++		
NSc,SO2,WA1	2983,2656 25	+++	G	
BFb,NSc	23203,890 63	+, +++		
NSc,WAA,WCD,WE1,WH1,WMc	144803,42 19	(+), ++, +++		
BFb,BFc,NSa,SOB	4108,25	+, +++	G	

NSc,WAA,WCD,WE1,WH1,WMc	118102,95 31	(+), ++, +++		
FQc,GF1,NSc,SEc,SEe,WAA,WAb,XQ	80096,828 13	++, +++	G	
NUb,WCD,WH1	77085,015 63	++		
BFb,NSc,SEb,WAA	36588,890 63	+, +++	G	
BFb,NSc,SEb	2977,4531 25	+, +++	G	
GF1,NSa,SOB	94643,703 13	++, +++	G	
BFb,WAA,WA2,WBa,WQb	15634,312 5	+, ++, +++		
BFb,GFd,NSc,NS1	13602,453 13	+, ++, +++		
SOe	347,85937 5		G	
NSc,SEd	7659,0781 25	+++	G	
BFb,NSa,NSc,SEb,WAA,WBa	362456,95 31	+, +++	G	
BFc,SEe,WA1,WB1,WY1,WY3	140177,40 63	+	G	
WC1,WCb,WMc	1002425,0 78	(+)		
BFb,NSa,NSc,SO2	9566,2031 25	+, +++	G	
NSc,WAA,WA2,WCD,WE1,WH1,WMc	114533,01 56	(+), ++, +++		
GFd,SEe	2483,4375	++	G	
SOc	498,04687 5		G	
BFb,BFc,NSa,NSc,SOd,SO2	5461	+, +++	G	
BFb,GFa,MZ2	26515,625	+, ++, +++		
BFb,WAA,WA2,WBa,WQb	13491,718 75	+, ++, +++		
FWa,FWb,GFd,GY,NSc,NUb,WWa	2153159,3 28	++, +++	G	
GFd,GMa,GY,SEe	732575,60 94	+, ++	G	
GFd,GMa,GY,SEe	1366409,4 22	+, ++	G	
BFc,GFd,RNa,WBb,WYc	636581,06 25	+, ++, +++		
GY	653030,57 81			
BFb,BFc,FBc,FQc,GFd,GMa,HCa,NSa,NSc,RSa,RSd,WAA,WAb,WBa,WQa,WQb	429850,15 63	+, ++, +++	G	
GFa,HCa,MHa,MPa,MZa,MZb,NSa	3110976,2 19	+, ++, +++		
BTa,GMc,RNc,RSa,RSb,ZGb	193674,43 75	(+)		
BTa,GMc,RSa,RSb,WHb	274077,03 13	(+), ++		
BFb,BTa,BTb,GFd,GMa,GMc,HCa,NSc,RSb,SEa,WAA,ZG2	195658,56 25	(+), +, ++, +++	G	
BTb,GFd,RS2,RSd,SEa,SE5,WH1,WQ1	131820,06 25	++	G	
BFa,BFb,NSc,NUb,SEa,SEe	41289,375	+, +++	G	
BFb,GFd,NSc,SEa,WQ6,XE	68819,593 75	+, ++, +++	G	

Anhang 6: Tabelle der Biotoptypen im WK 03001 mit Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen

Biotoptypenschlüssel und Empfindlichkeitseinstufung nach DRACHENFELS (2012)

Biotoptyp	Fläche in qm	Wasserempfindlichkeit	Binnen-gewässer	Natur-nahes Hoch-moor
FFb,NUb,RSb	935956,9531	+	G	
BTa,GMc,RSa,RSb	42885,84375	+		
BTa,GMc,RSa,RSb	13020,98438	+		
BTa,GMc,RSa,RSb	27425,28125	+		
SEa,SEe	7114,375		G	
BTa,BTb,GFd,GMc,HCa,RSa,RSb,WHb	509032,1406	+, ++		
SEa	31565,92188		G	
BTb,GFd,GMc,RSa,RSb	126236,0781	+, ++		
SEa	1982,765625		G	
SEe	2478,765625		G	
SE2	996,234375		G	
SEb	14990,59375		G	
GFd,GMc,RSb,WWa,ZG2	75691,53125	+, ++, +++		
SE1	8329,625		G	
GFd,GMc,RSb,WWa,ZG2	41453,84375	+, ++, +++		
BTa,BTb,RSb,ZG2	86890,03125			
BFb,NSc,SEa	21537,6875	+, +++	G	
BTa,BTb,RNc,RSb	62433,04688			
SEb	2483,65625		G	
BTa,GMc,RSa,RSb,SEa,ZGb	97509,875	+	G	
BFa,FFb,NUb	951514,1875	+	G	
BTa,HCa,RSa,RSb,RYa,RYc,SEd,WCD	140731,4844	+	G	
NPa,NSa,SOe	7888,40625	++, +++	G	
GMa,GMc,NSc,WEa,WHb,WMc	688982,3594	(+), +, ++, +++		
WQa	29901,57813	++		
WQa,WYd	40226,70313	++		
BTb,HCa,WQa	177047,5625	++		
BTa,RSa,RSb	1983,171875			
BTa,GMc,RSd,RSa,RSb	78328,98438	+		
BTb,HCa	186722,7344			
BTb,HCa	18048,48438			
GFd,GFa,NSc	19229,21875	++, +++		
NPa,SOD	9086,25	++	G	
BTb,GMc,RNc,RSa,RSd,WYd	60789,17188	+		
BTb,GMc,RNc,RSa,RSd,WYd	16691,09375	+		
SOe	1787,859375		G	
WHa	26124,3125	++		
GFd,NSc,WHb,WMc	689864,1563	(+), ++, +++		
MPc,MPa,MTb,MZa	4968,34375	+, +++		

Anhang 7: Tabelle der Biotoptypen im Landkreis Leer mit Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkungen

Biotoptypenschlüssel und Empfindlichkeitseinstufung nach DRACHENFELS (2012)

Biotoptyp	Fläche in qm	Wasserempfindlichkeit	Binnengewässer	Naturnahes Hochmoor
BFb,GF1,GFd,NSc,RSa,RSd,SEe	96872,3125	+, ++, +++	G	
GMb,GY,KBR,KHF,KHQ,KPB,KRP,KRS,KWQ	3838436,109	++, +++		
FGa,GFd,NSc,NS1	175762,5	++, +++	G	
FGa,GFd,GMa,GY	544143,6875	++, +++	G	
GFd,GFa,NS1	56239	++, +++		
FGb,GFd,NSc	43571,25	++, +++	G	
GFa,GFd,GMa,NSc	246797,5156	+, ++, +++		
FGb,GFd,GMa	21047,64063	+, ++	G	
GFd,GMa,NSc	122608,75	+, ++, +++		
NSc,WAA	28620,53125	+++		
FGa,GF1,NSa,NSc,SEe,SE2,WAA,WYc	156279,125	++, +++	G	
GFd,GMa	26832,60938	+, ++		
GFd,GMb,NSc	52457,1875	+, ++, +++		
NSc,SEd	63719,60938	+++	G	
GF1,GFd,NS1,NSc	61407,64063	++, +++		
BF2,NSc,WA1,ZGb	18288,15625	+, +++		
KBO,KFN	40988287,36			
FGa,GFd,GY	3618583,359	++	G	
FFb,NSc,SEe	380254,1875	+++	G	
BFc,GY,MPa,MPb,MPc,MTb,MZa,NSa,SOa,WYc	2230257,891	+, +++	G	
BFc,MHa,MPa,MPb,MZa,SOa,WYc	1384061,563	+, +++	G	++h
BFb,FGa,GFd,GY,NSa,NSc	576648,4531	+, ++, +++	G	
BFb,FGa,GFa,GFd,GY,NSa,NSc,RNa	621986,2344	+, ++, +++	G	
FGa,GFd,GY	1465350,703	++	G	
GFd,GMc,GY,MPa,MZa,NSa,WYc	328158,6406	+, ++, +++		
BFc,GY,MPa,MPb,MPc,MZa,NSa,SOa,WYc	3389498,641	+, +++	G	
FGa,GFa,GFd,GY,NSa,NSc,SEc	1206794,891	++, +++	G	
FGa,GFd,GY	729156,2656	++	G	
BFc,GF4,GY,MPa,MPb,MPc,MY,MZa,MZc,WYc	8803756,688	+, ++, +++		
FFb,GY	1561575,344		G	
GFa,GFd,NSc,NSa,RNa	146298,9531	++, +++		
BFb,GFd,GFa,GMa,GMc,GY,NSc,SEb,SEd,SEe	1053346,984	+, ++, +++	G	
GFd,GMc,GY,MPa,MZa,NSa,WYc	1122052,594	+, ++, +++		
GFa,GFd,NSa,NSc	194203,875	++, +++		

FFb,NSc,SEe	231418,0313	+++	G	
GFd,NSc	34927,90625	++, +++		
GFd,NSc	24484,125	++, +++		
GFa,GFd,NSa,NSc,RNa	133291,0313	++, +++		
SEd	7900,34375		G	
GFd,GY	492568,3594	++		
GFa,GFd,NSa,RNa	20048,9375	++, +++		
FGa,GFd,GY	48192,6875	++	G	
SEe	2710,234375		G	
GFa,GFd,NSa,RNa	47489,45313	++, +++		
FBd,FFb	59890,67188		G	
GFd,GY	1013041,75	++		
NSc,SEe	10952,28125	+++	G	
GFa,GFd,NSa,RNa	92479,65625	++, +++		
GY	693581,9688			
WQc	58786,9375	++		
GFa,NSa,RNa	29148,0625	++, +++		
GFd	11978,84375	++		
GFd,GFa,GMa	108954,5	+, ++		
BFb,HCa,NPb,SEd,SYb,ZGb	23720,35938	+, ++	G	
GFa,GY,NSa	557509,7031	++, +++		
GFa,NSa,RNa	18103,82813	++, +++		
GFd,GFa,GMa	20710,125	+, ++		
BFc,MHa,MPa,MZb,WQb	40298,42188	+, ++, +++		++h
GFd,GFa,GMa	16076,57813	+, ++		
NSc,NSa,SEd	23208,20313	+++	G	
GFd,GFa,GMa	58324	+, ++		
SEd	2342,53125		G	
BFb,SEd	8873,34375	+	G	
ZGa	1149947,266			
BFb,BFc,GFd,NSa,NSc	13611,15625	+, ++, +++		
ZGa	746488,5156			
GFd,GMb,GY,KBO,KBR,KHF,KPB	86145,07813	+, ++		
GFd,GMb,GY,KBO,KBR,KHF,KPB	69852,28125	+, ++		
GFd,GMb,GY,KBO,KBR,KHF,KPB	1470936,688	+, ++		
NSc,SEe	6034,90625	+++	G	
NSc,SEe	9698,21875	+++	G	
GMb,GY,KBO,KHF,KPB,KRP	1269866,75	+, ++		
GFa,GFd,GMa,GMa,NSa,NSc,RNa	163366,2031	+, ++, +++		
BFb,NSc,WQb	32757,34375	+, ++, +++		
Wlb,WQc,WQf	260538,9688	(+), ++		
NPa,SEd	66668,95313	++	G	
MHa,MPa,MP3,MTb,NSa,WBb,WQb,WQc	32439,40625	+, ++, +++		++h
GFd,GY,KBO,KHF,KPB,KRP,SEb	2527098,266	++	G	
GFd,GMa,MPa,MZa,NSa,NSc,SOd,WBb,WY c	343199,7969	+, ++, +++	G	
SEd,WQb	25138,25	++	G	

BFb,GFd,GMa,GY,MZa,NSc,WYc	794718,6406	+, ++, +++		
MPa,MPc,MZa,WYc	66570,15625	+, +++		
NSc	6885,96875	+++		
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	137217,4219	++, +++	G	
MPa,MPc,MZa,WYc	86932,375	+, +++		
BFb,GFd,GMa,GY,MZa,NSc,WYc	1241494,172	+, ++, +++		
MPa,MPc,MZa,WYc	15743,73438	+, +++		
WCd,WQf	145993,3438	+, ++		
BFc,MHa,MPa,MPc,NSa,SOa,WBb,WYc	258239,4063	+, +++	G	++h
GFd,NSc,RNa	6863,90625	++, +++		
GFd,NSc,RNa	64004,04688	++, +++		
MPa,MPc,MZa,MZc,NSc	66611,92188	+, +++		
WCd,WEE	22303,625	+, ++		
WCd,WQf	18583,46875	+, ++		
GFd,NSc,SEe	18950,67188	++, +++	G	
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	580881,9063	++, +++	G	
ZGa	612907,2031			
ZGa	241497,3906			
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	23621,34375	++, +++	G	
GFd,GMa,MPa,MZa,NSc,WBb,WYc	626489,5781	+, ++, +++		
WCd,WC2,WQf	23269,9375	+, ++		
NSa	6675,703125	+++		
WCd,WQf	46610,70313	+, ++		
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	21545,70313	++, +++	G	
WC2,WQb	31739,15625	+, ++		
WC2,WQb	7450,578125	+, ++		
WC2,WQb	14635,34375	+, ++		
WC2,WQb	14160,48438	+, ++		
WCb,WCd,WQb	33442,45313	+, ++		
BFc,MHa,MPa,MPb,MP3,MZa,WYc	5300,140625	+, +++		++h
SEd	9761,8125		G	
WCb,WCd,WQb	25900,29688	+, ++		
MHa,MPa,MPb,MPc,MZa,NSa,WBb,WYc	148250,5156	+, +++		++h
ZGa	434108,6094			
GY	43984,375			
WQc	63740,01563	++		
WQc	28288,21875	++		
GY	2378659,328			
GY	2091146,047			
BFb,GFd	39074,21875	+, ++		
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	446112,1094	++, +++	G	
MP1,MPc,MZa,NSa,WBb,WYc	17737,25	+, +++		
GFd,MHa,MPa,MPc,MTb,MZa,WBb,WYc	323428,5469	+, ++, +++		++h
GY	2069064,609			
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	1222183,047	++, +++	G	
NSc	74161,92188	+++		
GY	416863,875			

GFd,NSc,SEe	8409,84375	++, +++	G	
GFd,GF1,NSc,NSa	48829,51563	++, +++		
GFd,GY,KBO,KHF,KPB,KRP,SEb	312314,6875	++	G	
GY	1941351,531			
GFd,GY,KBO,KHF,KPB,KRP,SEb	304851,1563	++	G	
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	29759,85938	+, ++	G	
FWb,GY,SEa	1154132,422		G	
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	32423,29688	+, ++	G	
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	30258,625	+, ++	G	
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	17755,32813	+, ++	G	
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	25273,07813	+, ++	G	
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	43877,09375	+, ++	G	
GFd,GY,KBO,KBR,KPB,NSc,SEd,SYd	17703,48438	++, +++	G	
BFa,BFb,NSc,SEc	44951,3125	+, +++	G	
NSc	8951,328125	+++		
BFb,BFa,FWa,FWb,GFd,WWa	134346	+, ++	G	
FWb,FWa,NSc,SEd,WWa	350652,5469	++, +++	G	
SEd	11066,89063		G	
SEa	8123,5625		G	
SEd	6069,140625		G	
BFb,NSc	11802,75	+, +++		
FWa,FWb,GFd,GY	452576,125	++	G	
SEa,SEd	38844,29688		G	
FWa,FWb,GFd,GY	399740,4531	++	G	
SEa,SEd	7999,03125		G	
BFb,NSc,SEd	10812,67188	+, +++	G	
GFd,GMa,NSc	358622,2031	+, ++, +++		
BFb,NSc,SEe	13513,60938	+, +++	G	
GFa,RNa	36815,3125	++		
GY	59857,25			
NSc,SEd	5673,734375	+++	G	
SEe	4119,65625		G	
BFb,NSc,SEa	38837,75	+, +++	G	
GFd	160666,2031	++		
GY	905500,4375			
GFd,GMa	34478,64063	+, ++		
GFd,GMa	11297,76563	+, ++		
BFb,BFc,WaA,WEa	40537,96875	+, ++, +++		
GY	846515,6094			
BFb,NSc,SEa	14867,23438	+, +++	G	
FWa,FWb,SEa	9675,5		G	
GFd,GMa,NSc	224222,1563	+, ++, +++		
FWa,FWb,SEa	14825,07813		G	
WQb	10381,90625	++		
GY	602230,5469			
NSc,SEa	6986,21875	+++	G	
ZGa	975093,125			

WQb	21230,9375	++		
SEd	4252,453125		G	
NSc,SEd	45264,60938	+++	G	
NSc,SEa	33641,28125	+++	G	
GFd,NSc,SEa	83318,60938	++, +++	G	
GFa,GFd,NSa,NSc,ZGa	66931,90625	++, +++		
BFa,FWa,FWb,GFd,NSc,WWa	381616,4531	+, ++, +++	G	
FYc,GY,NSc,NSa,WAA	896833,9375	+++	G	
BFb,NSc,WAA,ZGa	16733,90625	+, +++		
BFb,BFc,GFa,GFd,MHa,NSa,NSc	121913,0313	+, ++, +++		++h
GFd,GY,NSc,SEe	410270,9844	++, +++	G	
NSc,SEc	17811,54688	+++	G	
SEd	4621,1875		G	
SEd	4165,46875		G	
SEd	2030,5625		G	
BFb,NSc	13867,46875	+, +++		
SYb	100423,3281		G	
BFa,FWa,FWb,GFd,NSc,WWa	254885	+, ++, +++	G	
SEb	4946,0625		G	
SYb	129924,3594		G	
BFb,FQc,GFd,GMa,NSc,SEc,SEa,WAA,ZGa	197609,1094	+, ++, +++	G	
BFb,NSc,NSa,WAb,WBa,WYc	10051,98438	+, +++		
BFb,BFc,NSc,SEe	19359,39063	+, +++	G	
BFb,FQc,GFd,GMa,NSc,SEc,SEa,WAA,ZGa	272672,2031	+, ++, +++	G	
WAA,WEa,WLb,WQc	88405,375	(+), ++, +++		
SEd	9484,71875		G	
BFa,FWa,FWb,GFd,NSc,WWa	83063,92188	+, ++, +++	G	
GFd	17535,60938	++		
BFb,FQc,GFd,GMa,NSc,SEc,SEa,WAA,ZGa	12044,40625	+, ++, +++	G	
BFb,FQc,GFd,GMa,NSc,SEc,SEa,WAA,ZGa	457291,7969	+, ++, +++	G	
NPa,SOD	15227,04688	++	G	
NSc,SEe,WBa,WYc	15375,875	+++	G	
BFc,GFd,GFa,MHa,MPa,MPc,MTb,MZc,WYc	593809,1563	+, ++, +++		++h
BFa,FWa,FWb,GFd,NSc,WWa	197664,0156	+, ++, +++	G	
SEd	135580,8594		G	
BFc,MPa,MPc,MTb,MZa,WQb,WYc	320433,9688	+, ++, +++		
GFd,GMa,NSc,NSa,SEb,ZGb	60283,20313	+, ++, +++	G	
SEb	2815,96875		G	
NSc,WAA,ZGb	69942,4375	+++		
FWa,FWb,GY,NUb,WWa	1886723,047	+, ++	G	
BFa,FWa,FWb,GFd,NSc,WWa	28728,89063	+, ++, +++	G	
BFb,GFd,NSc,SEd,WWb	30564,98438	+, ++, +++	G	
SEd	5482,375		G	
FWa,FWb,GY,NUb,WWa	45730,03125	+, ++	G	
NSc,SEd	60399,45313	+++	G	
GFa,MPa,MPb,MTb,MZa,NSa,NSc,RNa,RSd ,WYc	5125595,469	+, ++, +++		

BFb,FQc,GFd,NSa,WAA,WAb,WBa	21366,29688	+, ++, +++	G	
BFb,GFd,MPa,MPc,MZa,NSa,WBb,WYc	177093,7188	+, ++, +++		
MPa,MPc,MY,MZa,NSc,NSa,WBb	957417,7656	+, +++		
BFb,GMc,NSc	36915,01563	+, +++		
GY,MPa,MPc	1569590,938	+		
MY,MZc	853940,25	+, +++		
FQc,MZb,NSa,NSc,WBa,WYc	12461,78125	+++	G	
FQc,MZb,NSa,NSc,WBa,WYc	13558,09375	+++	G	
GFd,MHa,MPa,MPc,MZa,MZc,NSc,NSa,WYc	463074,1563	+, ++, +++		++h
GFd,MHa,MPa,MPc,MZa,MZc,NSc,NSa,WYc	66002,89063	+, ++, +++		++h
FGa,GFd,GMa,GY	5912238,234	+, ++	G	
FGa,GFd,GMa,GY	51007671,61	+, ++	G	
GMb,GY,KBO,KBR,KHF,KPB	1746729,766	+, ++		
FGa,GFa,GFd,GMa,GY,NSa,NSc	2782270,531	+, ++, +++	G	
BFc,GF4,GY,MPa,MPb,MPc,MY,MZa,MZc,WYc	687915,7188	+, ++, +++		
GFd,GMc,GY,MPa,MZa,NSa,WYc	3276237,031	+, ++, +++		
FGa,GFd,GY	2064978,781	++	G	
FFb,GY	2176208,766		G	
FGa,GFd,GY	3244664,672	++	G	
ZGa	1586706,781			
GY	2495622,359			
GFd,GY,NSc	2121230,469	++, +++		
GY	8139428,75			
GY	3602926,172			
FGa,GY	1519749,109		G	
GY	2101403,859			
GY	3471427,469			
BFb,FFb,FGa,FWa,GFd,GMa,GMc,GY,NSa,NSc,SEa,WAA,ZGb	1941165,141	+, ++, +++	G	
FGa,GY	6147077,703		G	

Anhang 8: Liste verwendeter Daten

Daten	Quellen
Klimadaten Lingen und Diele	DWD 1981-2010
Basis-DLM Niedersachsen	LGLN / ATKIS Basis-DLM ; Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)
Statistik Flächennutzungen	LSN 2022
DTK 500 wms	© GeoBasis-DE / BKG (2022)
DrainBasin_Waterbody_LOCAL	© 2016, geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de
BK 50	Datenquelle: BK 50, © LBEG, Hannover, 2022
WFD_GWBODY_Local	© 2016, geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de
Biotoptypen Niedersachsen	© 2019, geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de

mGROWA	Datenquelle: mGROWA 18, © LBEG, Hannover, 2022
Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers (Tabelle)	MU o.J.b
Klimatische Wasserbilanz Referenzperiode	Datenquelle: KWB, © LBEG, Hannover, 2022
Klimatische Wasserbilanz nahe Zukunft (2021-2050)	Datenquelle: KWB, © LBEG, Hannover, 2022
Klimatische Wasserbilanz ferne Zukunft (2071-2100)	Datenquelle: KWB, © LBEG, Hannover, 2022
Grundwasserneubildung nahe Zukunft (2021-2050)	Datenquelle: mGROWA 18, © LBEG, Hannover, 2022
Grundwasserneubildung ferne Zukunft (2071-2100)	Datenquelle: mGROWA 18, © LBEG, Hannover, 2022
Öffentliche Wasserversorgung	LSN 2019a; LSN 2022a
Nichtöffentliche Wasserversorgung	LSN 2019b; LSN 2022b
Zukunftsdaten Wasserverbrauch Raumnutzungen	MU 2022a,b
Mittlerer (langjähriger) Abfluss des entspr. Wasserkörpers	BFG 2022 ; WSA 2022
Mindestwasserabfluss/ökolog. Mindestabfluss entspr. Wasserkörper	NLWKN 2022b; BFG 2022
Wasserrechte	NLWKN 2022c
Gewässernetz ohne HB	© 2020 Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung http://www.lgn.niedersachsen.de Bearbeitet durch das Nds. Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
Verwaltungseinheiten Niedersachsen	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) 2022 / ATKIS Basis-DLM ; Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)

Anhang 9: Mittlere Abflüsse der Ems am Pegel Dalum der Jahre 2000-2020

Datenquellen: WSA Ems-Nordsee 2022; BFG (2000-2015)

Abflussjahr	MQ Jahr in m ³ /s	MQ Sommer in m ³ /s	MQ Winter in m ³ /s
2020	39,3	13,4	65,6
2019	31,3	15,3	47,6
2018	46,1	13,8	79,5
2017	31,5	21,6	41,5
2016	53,5	25,8	81,4
2015	45,5	24,4	66,7
2014	37,3	35,3	39,4
2013	36,4	18,3	54,9
2012	35,9	18,3	53,6
2011	45,9	16,4	75,9
2010	50,6	29,6	71,9
2009	32,5	16,4	48,7
2008	53,9	19,8	88,4

2007	55,6	44,6	66,7
2006	39,3	20,02	58,7
2005	45,1	24,02	66,4
2004	46,6	27	66,5
2003	52,4	19,5	85,8
2002	55,6	34,1	77,4
2001	41,1	21,9	60,6
2000	46,1	20,2	72,3
Mittelwert	43,88095238	22,8447619	65,21428571

Anhang 10: Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst wurde.

Es wurden keine weiteren als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Ebenso hat diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

28.07.2022

Datum

Johanna Egger

Unterschrift