

NLWKN.
Für Mensch und Umwelt.
Für Niedersachsen.

Grundwasserbericht Niedersachsen -
Sonderausgabe zur Grundwasserstands-
entwicklung im Jahr 2021



Niedersachsen

Online verfügbar unter www.nlwkn.niedersachsen.de -> Service -> Veröffentlichungen -> Webshop bzw.
http://www.nlwkn.niedersachsen.de/service/veroeffentlichungen_webshop/

Einleitung

Klimawandel, ansteigender Nutzungsdruck und die Ansprüche zum Erhalt einer funktionierenden Umwelt erzeugen ein komplexes Spannungsfeld. Wasserwirtschaft und Umweltschutz in Niedersachsen stehen vor großen Herausforderungen. Gute Daten und verlässliche Expertisen sind dabei eine Grundvoraussetzung, um Grundwasser als nachhaltig bewirtschaftete Ressource auch für nachfolgende Generationen zu erhalten.

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) erhebt als Fachbehörde landesweit Daten und macht sie für zentrale Auswertungen verfügbar, um vergangene Entwicklungen zu verstehen, laufende Prozesse zu beobachten und Prognosen für mögliche, zu erwartende Szenarien zu erstellen.

Dazu betreibt der NLWKN ein landesweites Messnetz zur Überwachung der Grundwasserstände in Niedersachsen. Aus diesem liegen dem NLWKN umfangreiche und langjährige Daten zur Entwicklung der Grundwasserstände in Niedersachsen vor.

Zu den Aufgaben des NLWKN als Teil des Gewässerkundlichen Landesdienstes (GLD) gehören die Beratung von Wassernutzern und Behörden zu Fragen der Wasserbewirtschaftung sowie die Information der Öffentlichkeit.

Die Trockenjahre 2018 und 2019 führten in Niedersachsen zu einem deutlichen Rückgang der Grundwasserstände. In vielen Messstellen wurden neue Tiefststände im Vergleich zu den vorangegangenen 30 Jahren erreicht. Eindrucksvoll wurde vor Augen geführt, welche Auswirkungen Extremereignisse und Klimawandel auch in Niedersachsen entfalten können. 2019 hat der NLWKN daher unter dem Eindruck der extremen Grundwasserstandsveränderungen im Trockenjahr 2018 begonnen, die Standsveränderungen infolge des Dürrejahres 2018 landesweit zu dokumentieren (NLWKN 2019, 2020 & 2021). Die Grundwasserstandsentwicklung wird dabei über verschiedene Kenngrößen und Indikatoren aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt. Der hier vorliegende Bericht zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2021 ist der nunmehr vierte Sonderbericht im Rahmen des Grundwasserberichts Niedersachsen.

Auch in der aktuellen Ausgabe wurden verschiedene methodische und inhaltliche Anpassungen vorgenommen. Dadurch können sich im Detail geringfügige Abweichungen zu den Ergebnissen der vorangegangenen Berichte ergeben, die grundlegenden Aussagen bleiben jedoch erhalten. Auch die allgemeinen Diskussionen und Ausführungen werden laufend überarbeitet und aktualisiert, um den derzeitigen Erkenntnisstand fortzuschreiben und aktuelle Themen aufzugreifen.

Datengrundlage und Datenaufbereitung

Die vorliegende Sonderausgabe behandelt die Situation des Grundwasserstands im hydrologischen Jahr 2021 (November 2020 bis Oktober 2021).

Dazu wurden die Grundwasserstandsdaten von insgesamt 1475 Grundwasserstandsmessstellen des NLWKN in den Messprogrammen „Grundwasserstand“ und „Wasserrahmenrichtlinie“ (NLWKN, 2014) sowie Messstellen Dritter im Messprogramm Wasserrahmenrichtlinie ausgewertet (Abbildung 1).

Veränderungen gegenüber den Vorjahresberichten ergeben sich zum einen aus der Aktualisierung des Landesmessnetzes Grundwasserstand, zum anderen wurden Messstellen in einem dritten oder vierten Grundwasserstockwerk nicht mehr in die Auswertung aufgenommen.

Anstelle von Kalenderjahren werden für die statistischen Auswertungen und Darstellungen hydrologische Jahre betrachtet. Sie umfassen jeweils einen 12-Monatszeitraum vom November des Vorjahres bis Oktober des Hauptjahres. Als Referenzzeitraum zur Ableitung der langjährigen statistischen Kenngrößen wird in Anlehnung an die in der Klimatologie gebräuchlichen Normalzeiträume ein 30-Jahreszeitraum zugrunde gelegt. Analog zum aktuell geltenden Klimanormalzeitraum 1991-2020 liegt den statistischen Auswertungen in diesem Bericht ebenfalls die Periode 1991-2020 als Referenzzeitraum zugrunde.

Die Grundwasserstandsdaten liegen in der Regel als monatliche Einzelmessung oder als Tageswerte über automatische Messeinrichtungen vor. Alle Daten wurden für die Auswertung durch die Bildung von Monatswerten vereinheitlicht. Voraussetzung für die Auswertung einer Messstelle war eine Messreihe mit maximal 20 Prozent Fehlmonaten im 30-jährigen Referenzzeitraum.

Abweichungen der Grundwasserstände zu den langjährigen Bezugswerten werden entweder als absolute Abweichungen in Metern angegeben oder in klassifizierter Form anhand der Quantilwerte gemäß Tabelle 1. Quantile sind Messwerte, die von einem vorgegebenen Prozentanteil aller Messwerte unterschritten werden. Beispielsweise entspricht das 25%-Quantil dem Wert, der von 25 Prozent der Messwerte unterschritten wird. Landesweite oder regionale Mittelwerte werden als arithmetischer Mittelwert oder als Median (=50%-Quantil) der jeweils ausgewerteten Messstellen angegeben.

Für exemplarisch ausgewählte Grundwassermessstellen erfolgt eine detaillierte Darstellung der Jahresganglinien sowie der langjährigen Entwicklung. Die Lage und Namen der ausgewählten Messstellen sind in Abbildung 2 dargestellt.

Grundwasserstände werden generell in Meter über Normal-Null angegeben.

Für die Darstellung der klimatischen Randbedingungen und des Witterungsverlaufs wurden Klimadaten aus dem Klimadatenzentrum des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2021 a) verwendet. Im Einzelnen waren dies die Tageswerte von Niederschlag, maximaler und minimaler Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer. Die potentielle Verdunstung wurde als FAO-Grasreferenzverdunstung nach dem Verfahren von Penman-Monteith (Allen et al., 1995) aus den

Daten des DWD berechnet. Anschließend wurde die klimatische Wasserbilanz als Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung ermittelt. Niederschlag und die klimatische Wasserbilanz wurden weiter zu Monatssummen aggregiert.

Tabelle 1: Klassifikationsschema von Grundwasserständen nach Quantilswerten.

Quantilsbereich	Bezeichnung
>= 95%-Quantil	extrem hoch
>= 85% bis < 95%-Quantil	sehr hoch
>= 75% bis < 85%-Quantil	hoch
>= 25% bis < 75%-Quantil	normal
>= 15% bis < 25%-Quantil	niedrig
>= 5% bis < 15%-Quantil	sehr niedrig
< 5%-Quantil	extrem niedrig

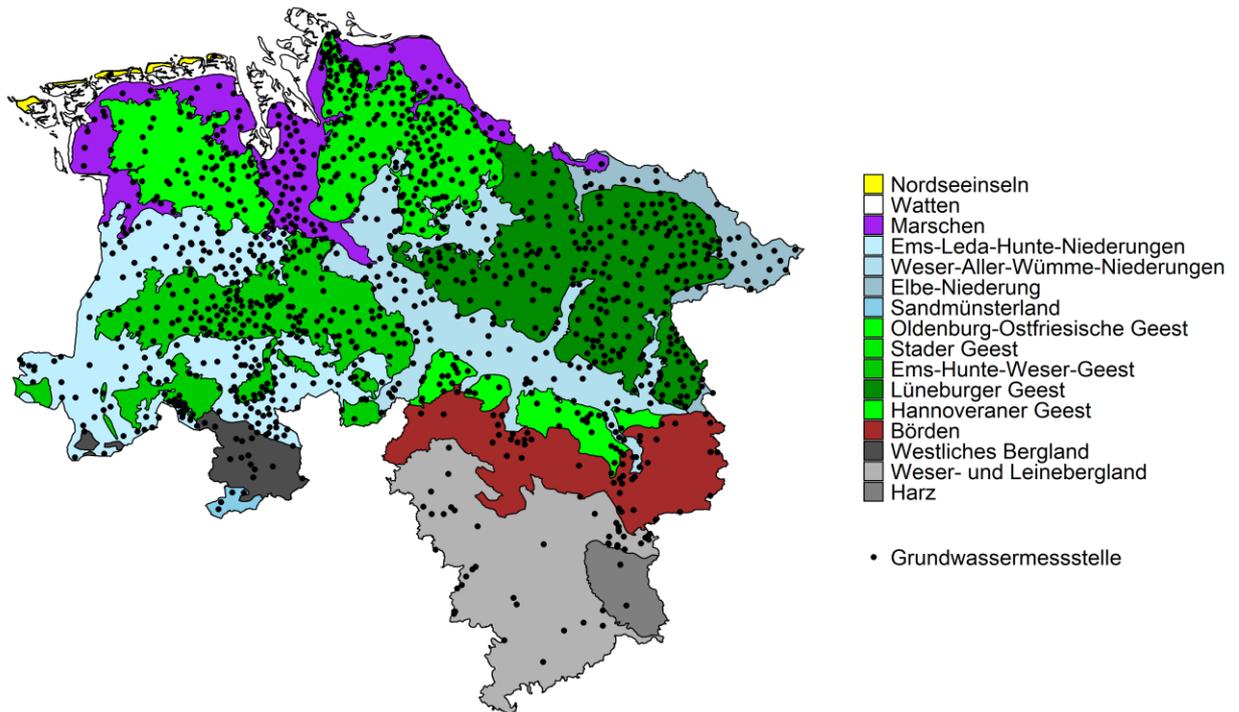


Abbildung 1: Der Auswertung zugrunde gelegte naturräumliche Einteilung Niedersachsens in Auswerteregionen und Lage der Grundwassermessstellen.

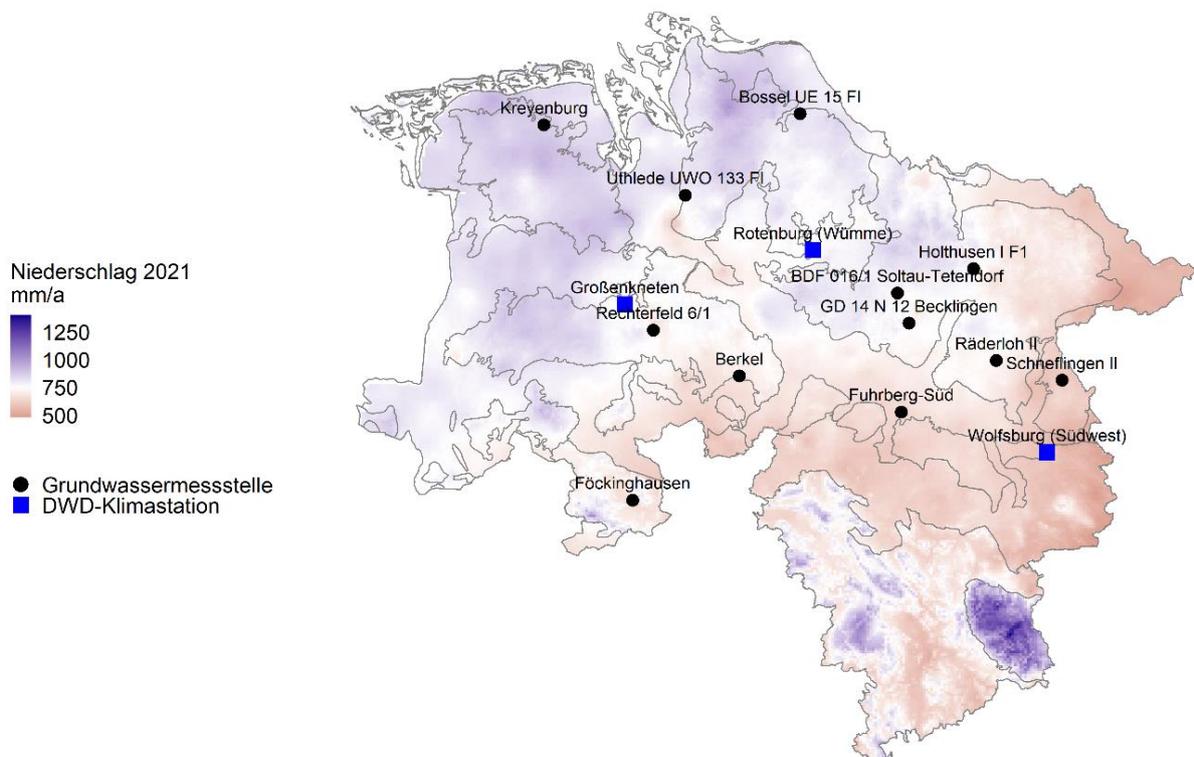


Abbildung 2: Lage der exemplarisch ausgewählten Grundwassermessstellen und Klimastationen sowie räumliche Verteilung der Jahresniederschläge 2021.

Meteorologische Situation 2021

Im Jahr 2021 zeigten die Niederschläge eine deutliche regionale Differenzierung. Sie nahmen tendenziell von Nordwesten (> 800 mm/a) nach Südosten (< 600 mm/a) ab. In den Bergregionen herrschen je nach Exposition und Höhenlage sehr differenzierte Niederschlagsverhältnisse, die höchsten Niederschläge traten im Harz mit > 1000 mm/a auf (Abbildung 2). Diese räumliche Verteilung entspricht im Wesentlichen auch der mittleren Niederschlagsverteilung im Zeitraum 1991-2020. Die Jahresniederschlagsmenge erreichte mit 748 mm/a (DWD 2022b) ein durchschnittliches Niveau ($=763$ mm/a 1991-2020). Die Niederschlagsituation war 2021 deutlich günstiger als in den vorangegangenen 4 Jahren, überdurchschnittliche Niederschläge traten vor allem im Frühjahr und Sommer auf (Abbildung 3).

Zu Beginn des Winters 2020/2021 war die Bodenfeuchte noch niedriger als üblich, die Niederschlagsmenge lag im üblichen Rahmen (DWD, 2021 a). Der Frühling gestaltete sich nach anfänglich unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen ab Mai recht nass und blieb insgesamt kühl (DWD 2021 b). Auch der Sommer zeichnete sich im deutlichen Kontrast zu den vorhergehenden Jahren im weiteren Verlauf durch hohe Niederschläge und überdurchschnittliche Bodenfeuchten in den oberen Bodenschichten sowie fehlende Hitzeperioden aus (DWD 2021 c). Im Herbst stellten sich dann wieder trockene Witterungsverhältnisse ein (DWD 2021 d). Im Winter 2021/2022 traten erneut feuchte Verhältnisse mit einem Niederschlagsüberschuss auf (DWD 2022a).

Am Beispiel der Klimastationen Großenkneten, Rotenburg (Wümme) und Wolfsburg zeigt Abbildung 4 die Entwicklung der klimatischen Wasserbilanzen in Niedersachsen im Jahresverlauf für die hydrologischen Jahre 2018 bis 2021 im Vergleich zur mittleren Entwicklung im Referenzzeitraum 1991-2020. Die Lage der Stationen ist in Abbildung 2 dargestellt.

Die Jahresniederschläge im hydrologischen Jahr 2021 lagen mit 754 mm in Großenkneten, 756 mm in Rotenburg (Wümme) deutlich über den Werten des Vorjahres (689

mm in Großenkneten, 697 mm in Rotenburg (Wümme) und mit 528 mm in Wolfsburg auf dem Niveau des Vorjahres (523 mm). Damit befanden sich die Niederschläge mit 38 mm (Großenkneten) bzw. 130 mm (Wolfsburg) unter dem Niederschlagsniveau des Referenzzeitraums, in Rotenburg (Wümme) war ein geringer Überschuss von 5 mm zu verzeichnen.

Die klimatischen Wasserbilanzen lagen im hydrologischen Jahr 2021 bei 282 mm (Großenkneten), 276 mm (Rotenburg Wümme) und 0 mm (Wolfsburg). Der langjährige Jahresmittelwert wurde dabei in Großenkneten um 27 mm geringfügig unterschritten, in Rotenburg um 40 mm überschritten und in Wolfsburg um 111 mm erneut deutlich unterschritten.

Während die Stationen Großenkneten und Rotenburg (Wümme) eine deutliche Zunahme der Niederschläge und der klimatischen Wasserbilanz im Vergleich zum Vorjahr aufwiesen, hat sich die Witterungssituation 2021 in Wolfsburg damit nur geringfügig verbessert. In den Sommermonaten herrschten hier negative klimatische Wasserbilanzen vor, während die anderen Stationen klimatische Wasserbilanzen nahe Null oder gar Überschüsse aufwiesen.

Positive klimatische Wasserbilanzen sind ein Maß für den Wasserüberschuss, der für den Oberflächenabfluss, die Auffüllung der Bodenwasserspeicher und die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Demnach konnte der Grundwasserhaushalt an der Station Wolfsburg im Gegensatz zu Großenkneten und Rotenburg nicht von erhöhten Niederschlägen und Wasserüberschüssen im Sommer profitieren.

In Verbindung mit den räumlichen Unterschieden der Jahresniederschlagsverteilung (Abbildung 2) legen diese Daten nahe, dass die Sickerwasserbildung und Grundwasserneubildung in den westlichen und nordwestlichen Landesteilen vermutlich deutlich höher ausfiel als in den östlichen und südlichen Landesteilen und dies vor allem auf die sommerlichen Niederschläge mit entsprechender Verteilung von Wasserbilanzüberschüssen und Defiziten zurückzuführen ist.

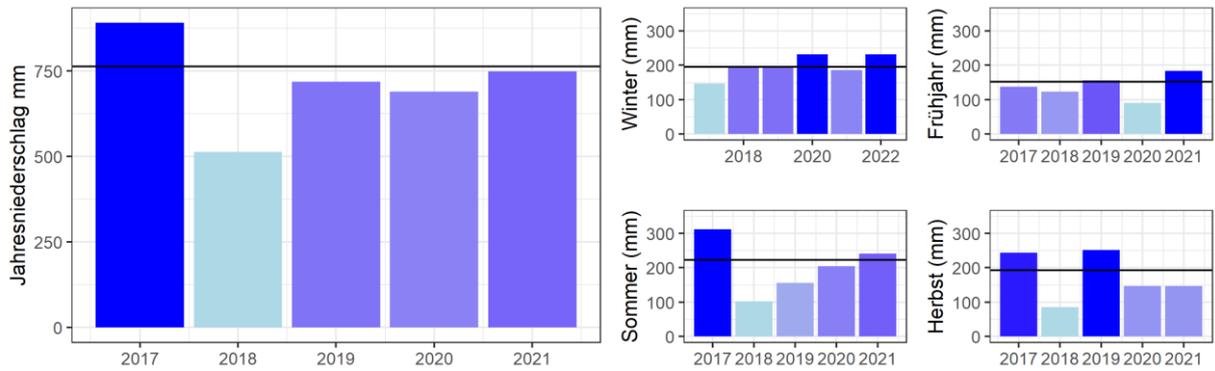


Abbildung 3: Niederschlagsentwicklung der letzten 5 Jahre (2017-2021) in Niedersachsen im Vergleich zum jeweiligen langjährigen Mittel im Referenzzeitraum 1991-2020 (horizontale schwarze Linie). Datenbasis: Deutscher Wetterdienst (DWD 2022b).

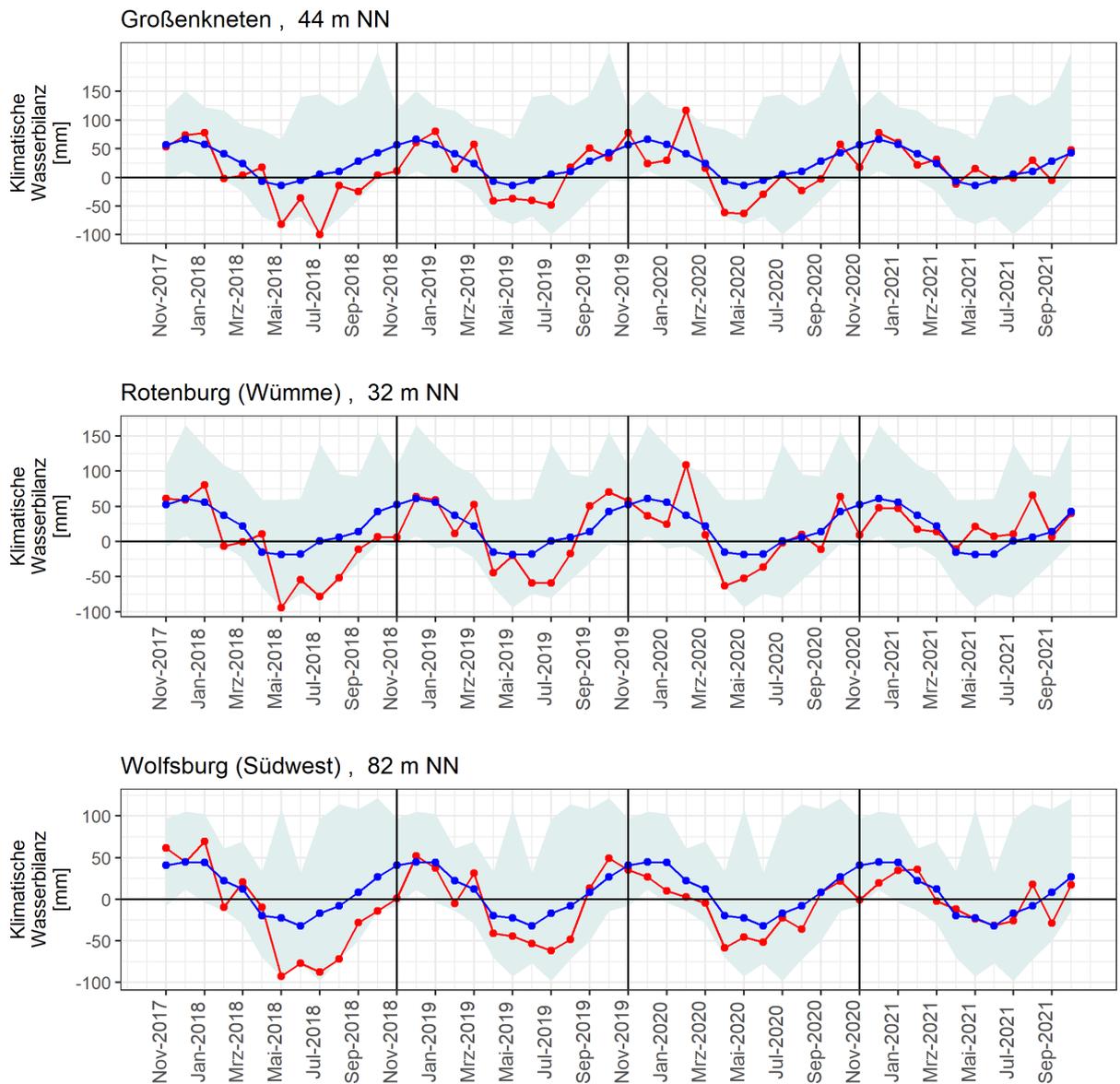


Abbildung 4: Niederschläge und klimatische Wasserbilanzen (Niederschlag - Verdunstung nach Haude) für ausgewählte Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes in Niedersachsen. Rote Linie: Messwerte für die hydrologischen Jahre 2018-2020, blaue Linie: Monatsmittelwerte im Referenzzeitraum 1991-2020 (Datenbasis: Deutscher Wetterdienst (DWD 2022b), durch eigene Elemente ergänzt). Der schattierte Bereich kennzeichnet die Spannweite der Daten im Referenzzeitraum 1991-2020.

Grundwasserstandsverlauf im Jahr 2021

Der Grundwasserstand an einer Messstelle ergibt sich im Wesentlichen aus dem Zusammenspiel vom Abfluss aus dem Grundwasserleiter und dem Zufluss über das Sickerwasser (Grundwasserneubildung). Entsprechend der jahreszeitlichen Verteilung von Niederschlag und Verdunstung ergibt sich typischerweise ein saisonaler Zyklus mit einem Grundwasseranstieg im Winterhalbjahr und einer Absenkung im Sommerhalbjahr. Diese Dynamik wird durch die jeweiligen Witterungsbedingungen sowie die geologischen Gegebenheiten überprägt. Abhängig von den geologischen und hydraulischen Gegebenheiten (wie z.B. Flurabstand, Deckschichten) kann der Verlauf gegenüber der Witterung mit zeitlicher Verzögerung auftreten und die Prägung der Ganglinie durch saisonale und mehrjährige Schwankungen kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Anthropogene Einflüsse können die Dynamik und die Entwicklung der Grundwasserstände zusätzlich beeinflussen.

Zum Ende des hydrologischen Jahres 2020 lagen die Grundwasserstände vor allem in den östlichen Geestgebieten (Stader Geest und Lüneburger Geest) flächendeckend wieder auf einem sehr niedrigen bis extrem niedrigen Winterniveau, während die Ausgangssituation im westlichen Niedersachsen mit Grundwasserstandsklassen von normalen bis extrem niedrigen Wintergrundwasserständen etwas differenzierter ausfiel.

Diese Situation änderte sich bis zum Frühjahr nicht wesentlich, auch zur Hauptphase der Winterhochstände im März lag eine ähnliche Situation vor. Vor allem im westlichen Niedersachsen, teilweise auch in der Weser-Niederung, lagen die Sommergrundwasserstände ab Mai, noch deutlicher ab Juni, auf einem normalen bis extrem hohen Niveau. Auch im Oktober befanden sich die Grundwasserstände hier noch auf einem normalen bis sehr hohen Niveau. Im östlichen Niedersachsen entspannte sich die Situation im Sommer weniger deutlich. Ein Teil der Messstellen erreichte ein niedriges Niveau, der Großteil jedoch verharrte weiterhin in einem für die Jahreszeit sehr niedrigen und extrem niedrigen Bereich (Abbildung 5).

Hinter den einzelnen Grundwasserstandsklassen können sich sehr unterschiedliche Abweichungsbeträge vom jeweiligen Monatsmittel verbergen. Grundsätzlich zeigten die absoluten Abweichungsbeträge den gleichen saisonalen Ablauf wie die Grundwasserstandsklassen. Die Abweichungsbeträge differenzierten sich regional ähnlich wie die Grundwasserstandsklassen. Im östlichen Niedersachsen mit extrem niedrigen Grundwasserständen zeigten sich tendenziell auch mehr Messstellen mit hohen Abweichungsbeträgen als im westlichen Niedersachsen (Abbildung 6).

Tendenziell reagieren die Messstellen in den Geestregionen mit deutlich höheren Absenkungen auf die Trockenheit als in den Niederungsregionen und Marschen. Dieses

unterschiedliche Verhalten ist im Wesentlichen auf drei Faktoren zurückzuführen: Zum einen wird der Anstieg bzw. die Absenkung von der Porosität der Sedimente (d.h. dem Wasserspeichervermögen) beeinflusst, so dass sich hier Gegensätze zwischen sandigen oder eher lehmigen Porengrundwasserleitern sowie Kluftgrundwasserleitern im Festgestein widerspiegeln. Zum anderen wirken Vorfluter stabilisierend auf die Grundwasseroberfläche, während die höchsten Ausschläge der Grundwasseroberfläche an den Wasserscheiden auftreten. Die Dichte der Vorfluter steuert damit ebenfalls die mögliche Reaktion der Grundwasserstände (z.B. enges Gewässernetz in Marschen und Niederungen). Drittens fließt das Grundwasser aus den höher gelegenen Neubildungsgebieten ab und den tiefer gelegenen Entlastungsgebieten zu (d.h. den Niederungsregionen). Dies führt zu einer weiteren Stabilisierung der Grundwasserverhältnisse in den Niederungsregionen und den angrenzenden Transitgebieten, während in den höher gelegenen Neubildungsgebieten auf den Grundwasserscheiden der Abfluss des Grundwassers nicht mehr durch Zuflüsse ausgeglichen werden kann.

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen typische Grundwasserstandsverläufe der hydrologischen Jahre 2019 bis 2021 für ausgewählte Grundwassermessstellen.

Die Messstellen Kreyenburg und Föckinghausen zeigten 2021 zunächst einen ausgeprägten Wiederanstieg auf ein normales Niveau, der jedoch die Frühjahrsmaxima von 2020 nicht erreichte. In Kreyenburg blieben die Grundwasserstände für den Rest des Jahres relativ stabil und pendelten auf einem normalen bis hohen Niveau. Aufgrund des geringen Flurabstandes führten die sommerlichen Niederschläge auch im Sommer zu einer nennenswerten Sickerwasserbildung, die ohne nennenswerte Zeitverzögerung im Grundwasser wirksam wurde und ein weiteres Absinken der Grundwasserstände effektiv verhinderte. In Föckinghausen war im März 2021 eine mit den Vorjahren 2019 und 2020 identische Ausgangssituation auf normalem Niveau gegeben, der saisonale Zyklus war jedoch anders als in Kreyenburg deutlich ausgeprägter. Trotz einer markanten Absinkphase wurden jedoch im Herbst immer noch höhere Grundwasserstände als im Vorjahr erreicht. Diese Ganglinienverläufe sind charakteristisch für Messstellen in Marsch- und Niederungsregionen mit überwiegend geringen Grundwasserflurabständen.

In den Messstellen Berkel, Bossel, Fuhrberg Süd und Soltau-Tetendorf wurden im Frühjahr 2021 die maximalen Grundwasserstände von 2020 zwar nicht erreicht, im Herbst befanden sich jedoch auch hier die Grundwasserstände auf einem niedrigem bis normalen Niveau über denen des Vorjahres. In Soltau-Tetendorf unterschritten die Grundwasserstände dabei in der ersten Jahreshälfte noch die bisherigen Tiefststände der Vorjahre. Diese Grundwasserstandsverläufe sind charakteristisch für Geestregionen mit guten Neubildungsbedingungen.

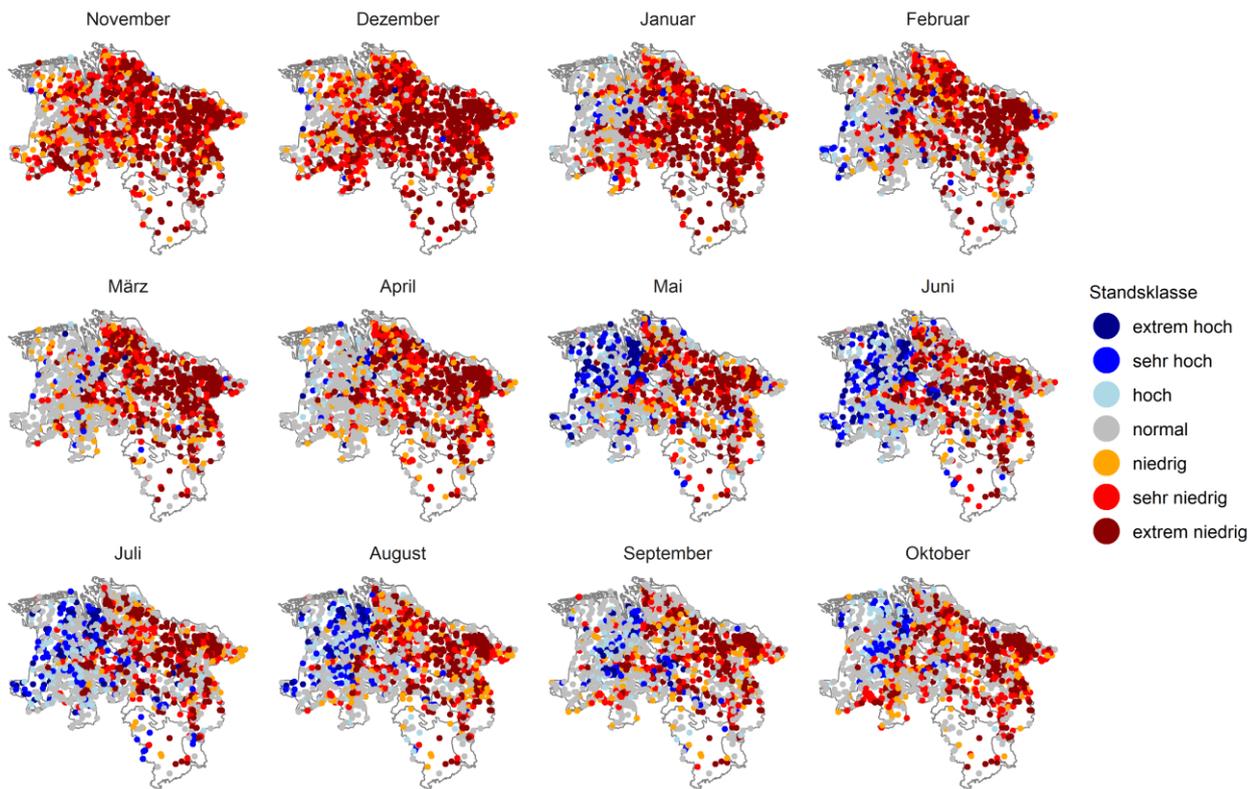


Abbildung 5: Grundwasserstandsklasse nach Monat im hydrologischen Jahr 2021. Bezugsgröße ist für jede Messstelle der Monatswasserstand im Vergleich zur Quantilsveteilung der jeweiligen Monatswasserstände im Referenzzeitraum.

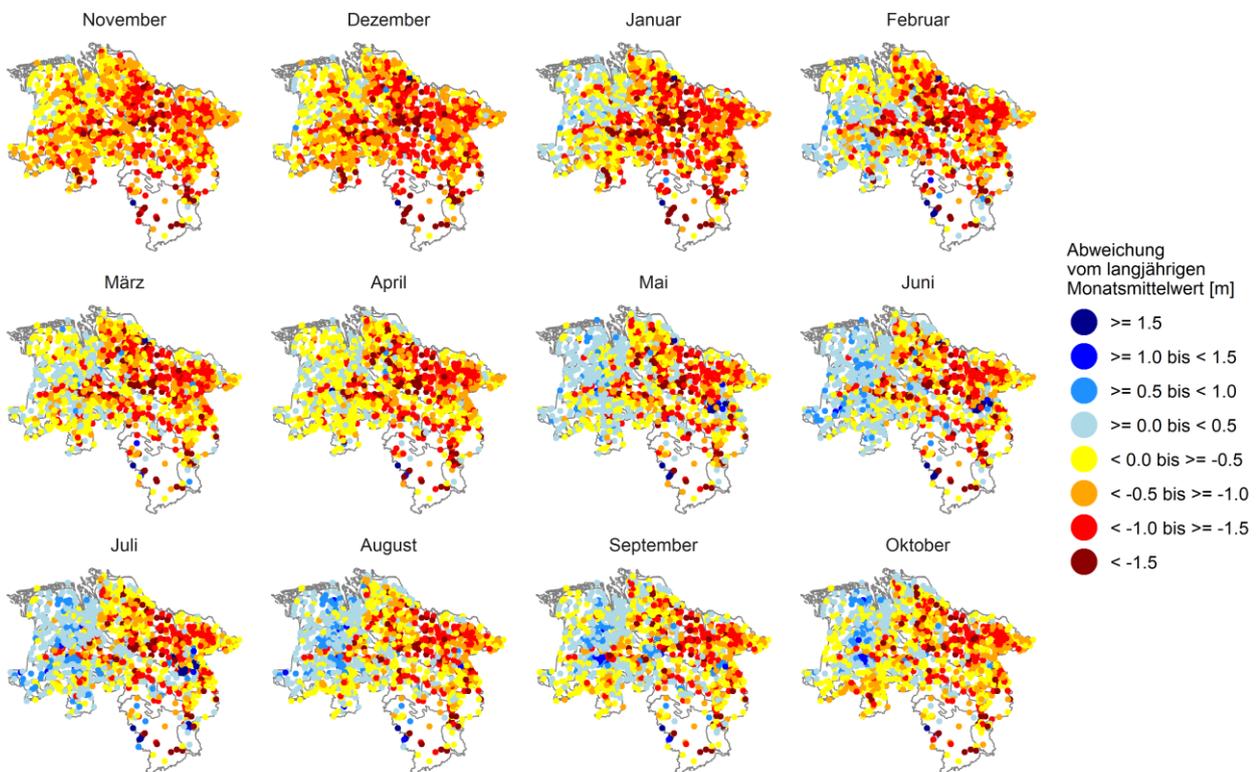


Abbildung 6: Abweichung des monatlichen Grundwasserstandes vom langjährigen Mittel des monatlichen Grundwasserstandes in Meter für das hydrologische Jahr 2021.

Die Grundwasserstandsverläufe in den Messstellen Rechterfeld 6/1, Becklingen, Uthlede und Räderloh II sind charakteristisch für Geestregionen mit schlechten Neubildungsbedingungen bzw. einem deutlichen Einfluss der Deckschichten auf die Standsdynamik. Während 2019 noch eine durchgehende Absenkung der Grundwasserstände zu verzeichnen war, erfolgte 2020 ein deutlicher saisonaler Zyklus, der jedoch mit sehr niedrigen bis extrem niedrigen Grundwasserständen im Oktober zu Ende ging. Die saisonale Entwicklung 2021 fiel in diesen Messstellen dagegen sehr unterschiedlich aus. In Rechterfeld 6/1 und Becklingen stabilisierten sich die Grundwasserstände im Frühjahr auf einem Niveau, das bis zum Herbst gehalten wurde. In Rechterfeld 6/1 wurde dabei der Wasserstand der Vorjahre nach einem deutlichen Anstieg im Winter übertroffen, in Becklingen mit einem weiteren Absinken während der Wintermonate, wurde das extrem tiefe Endniveau von 2019 noch einmal deutlich unterschritten. In Uthlede und Räderloh II war wiederum ein saisonaler Zyklus ausgeprägt, der zu ähnlichen Endständen wie 2020 auf sehr niedrigem bzw. extrem niedrigem Niveau führte.

Die Messstellen Holthusen I und Schneflingen II befinden sich im Absenkungsbereich von Grundwasserentnahmen aus tieferen, gespannten Grundwasserleitern für landwirtschaftliche Bewässerung. Die Grundwasserentnahme während der Anbauphase führt hier zu einer deutlichen Absenkung des Druckpotentials während der Bewässerungsperiode im Sommer. Im gespannten Grundwasserleiter entspricht der in der Messstelle registrierte Grundwasserstand einem Druckpotential, die tatsächliche Grundwasseroberfläche wird dagegen durch die Untergrenze der darüber liegenden Geringleiter bestimmt. In 2021 war die entnahmebedingte Druckabsenkung in diesen Messstellen ähnlich wie im Vorjahr ausgebildet und deutlich geringer als in den Trockenjahren 2019 und 2018. An der Messstelle Holthusen I lagen die Druckpotentiale am Ende des Jahres niedriger als in den beiden Vorjahren. In Schneflingen II wurden die Endstände des Vorjahres jedoch übertroffen. Ein witterungsgesteuerter saisonaler Zyklus ist in diesen exemplarischen Messstellen nicht mehr erkennbar, die Grundwasserstände folgen einer mehrjährigen Entwicklung. Die Absenkung des Druckpotentials im Sommer ist dagegen eine Reaktion auf die Förderleistung der Entnahmepumpen und steht damit nicht mehr in unmittelbarem Zusammenhang mit der Witterungssituation.

Messstellen unter dem Einfluss von Feldberegnungsentnahmen sind insbesondere in den Beregnungsgebieten Ostniedersachsens in freien wie gespannten Grundwasserleitern verbreitet. Sofern derartige Messstellen in tieferen, gespannten Grundwasserleitern verfiltert sind, kann das dort gemessene Druckpotential von den Grundwasserständen in den darüber liegenden ungespannten Grundwasserleitern abweichen.

In den Bergregionen sind prinzipiell alle vorgenannten Entwicklungsmuster vertreten, abhängig von den kleinräumig stark differenzierten geologischen und hydraulischen Gegebenheiten.

Auch im landesweiten Mittel (siehe Titelgrafik) zeichnet sich im Verlauf des Sommers ein Grundwasserstands-niveau deutlich oberhalb der Niveaus von 2019 und 2020 ab. Dieses Niveau verbleibt jedoch weiterhin deutlich unterhalb des langjährigen Mittelwertes.

In Ergänzung zur exemplarischen Betrachtung der Einzelmessstellen zeigt Abbildung 9 die mittlere Entwicklung für die einzelnen Auswerteregionen. Auch in diesen Daten wird ein deutliches West-Ost-Gefälle deutlich. In den Geestregionen Westniedersachsens, den Bergregionen und den Niederungsregionen werden am Ende des Jahres 2021 die Endstände des Vorjahres und das extrem niedrige Niveau von 2019 erkennbar übertroffen, auch wenn die Wintermaxima von 2020 durchweg höher ausfielen. Der saisonale Zyklus ist dabei in der Regel gut ausgeprägt. In den Geestregionen Ostniedersachsens (Stader Geest, Hannoveraner Geest, Lüneburger Geest) und den Börden liegen die Grundwasserstände im Winter auf oder unterhalb der extremen Tiefstände von 2019. In den Sommer- und Herbstmonaten unterscheiden sich die Grundwasserstandsverläufe nicht wesentlich von den fast identischen Verläufen der Vorjahre 2019 und 2020, die Dynamik spielt sich auch hier auf einem extrem niedrigen Niveau ab.

Insgesamt liegen die Grundwasserstände in allen Regionen weiterhin auf einem unterdurchschnittlichen Niveau, das sich mit einem West-Ost-Gefälle als niedrig bis extrem niedrig einstufen lässt. Der niederschlagsreiche Sommer führte dabei in den Niederungsregionen zu einer Stabilisierung der Grundwasserstände und erreichte auch in den Geestgebieten mit gut durchlässigen Deckschichten eine spürbare Verzögerung des sommerlichen Absinkens. In Gebieten mit hohen Flurabständen und schlechter durchlässigen Deckschichten kommt dieser Effekt jedoch nicht zum Tragen und führt zum Teil auch zu einem weiteren Unterschreiten der bisherigen Tiefstände.

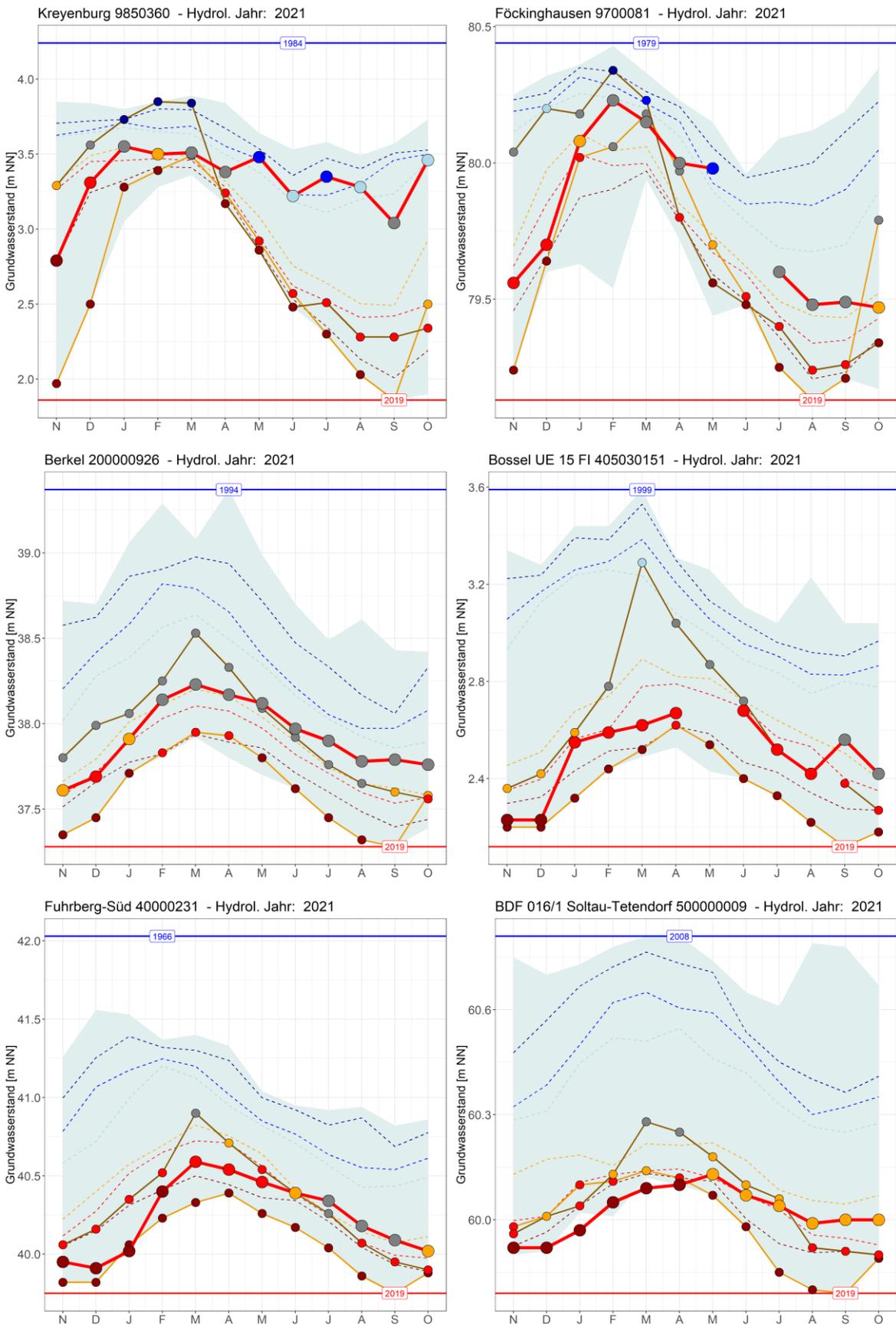


Abbildung 7: Grundwasserstandsentwicklung 2019 (hellorange), 2020 (orange) und 2021 (rot) an ausgewählten Grundwassermessstellen, Teil 1. Die blauen und roten Linien kennzeichnen die Grenzen der Grundwasserstandsklassen. Der schattierte Bereich kennzeichnet die Spannweite der Daten im Referenzzeitraum 1991-2020. Zu beachten sind die unterschiedlichen Spannweiten (y-Achse) der Grundwasserstände. Legende der Punkte analog zu Abbildung 5.

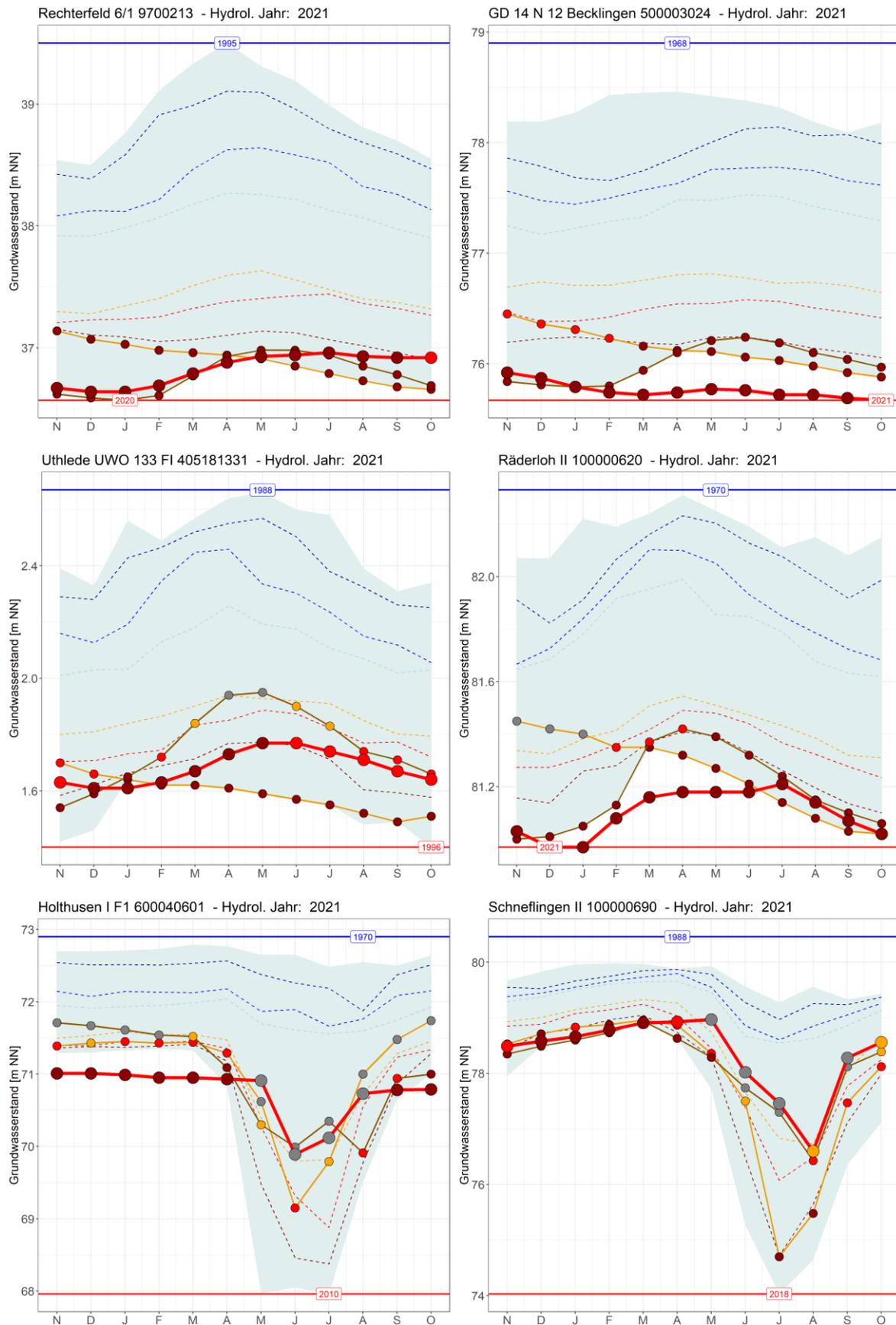


Abbildung 8: Grundwasserstandsentwicklung 2019 (hellorange), 2020 (orange) und 2021 (rot) an ausgewählten Grundwassermessstellen, Teil 2. Die blauen und roten Linien kennzeichnen die Grenzen der Grundwasserstandsklassen. Der schattierte Bereich kennzeichnet die Spannweite der Daten im Referenzzeitraum 1991-2020. Zu beachten sind die unterschiedlichen Spannweiten (y-Achse) der Grundwasserstände. Legende der Punkte analog zu Abbildung 5.

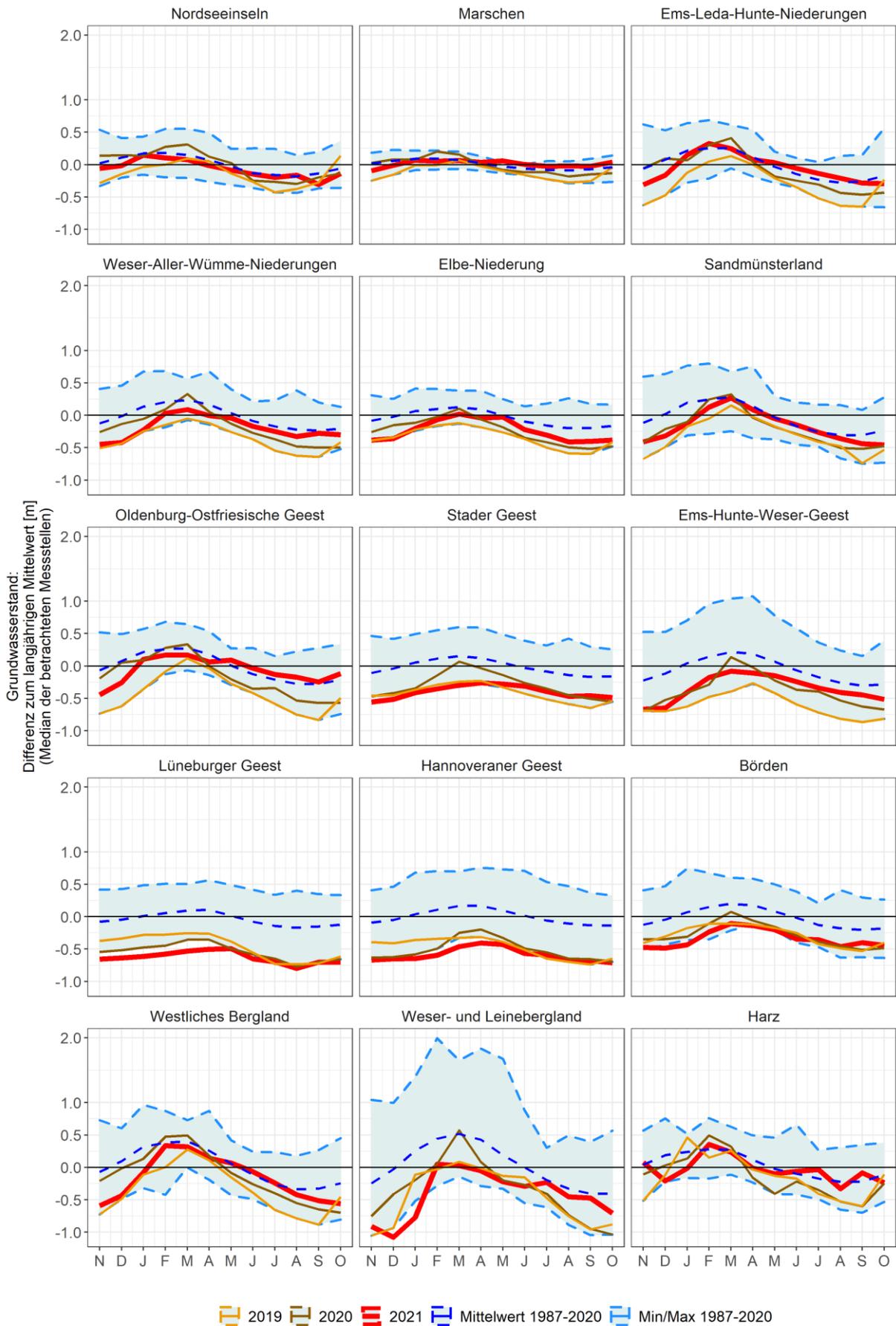


Abbildung 9: Jahresverlauf der Grundwasserstände 2021 in den betrachteten Auswerteregionen.

Grundwasserstandssituation 2021

In den Jahren 2018 und 2019 wurden in vielen Messstellen bisherige Tiefststände bezogen auf den Zeitraum ab 1987 unterboten. In der vorliegenden Auswertung auf Basis von 1475 Messstellen erreichten 807 (= 55 %) Messstellen ihren tiefsten Grundwasserstand in den Trockenjahren 2018 und 2019. Im Jahr 2020 wurde an 100 Messstellen (7%) Tiefststände erreicht. Im Jahr 2021 erreichten 266 Messstellen (= 18 %) ihren tiefsten Grundwasserstand seit 1987 (Abbildung 10). Davon erreichten 89 (= 6 %)

Messstellen ihren tiefsten Stand im Winterhalbjahr. Es handelt sich dabei um Messstellen, bei denen der Rückgang des Grundwasserstands des hydrologischen Jahres 2020 erst im hydrologischen Jahr 2021 abgeschlossen war. Diese Grundwasserstände sind demnach noch als Folge der Absenkephase des Vorjahres zu betrachten. 177 Messstellen (=12 %) erreichten ihren tiefsten Stand im Sommerhalbjahr und unterboten damit die bisherigen Tiefststände von 2018 bis 2020. Im Vergleich zu den Vorjahresberichten (NLWKN, 2019-2021) zeigt sich hier, dass ein signifikanter Anteil der Messstellen auch nach den Trockenjahren 2018 und 2019 in Folge weiter abnehmende Grundwasserstände zu verzeichnen hat. Siehe hierzu auch die Ausführungen ab Seite 21.

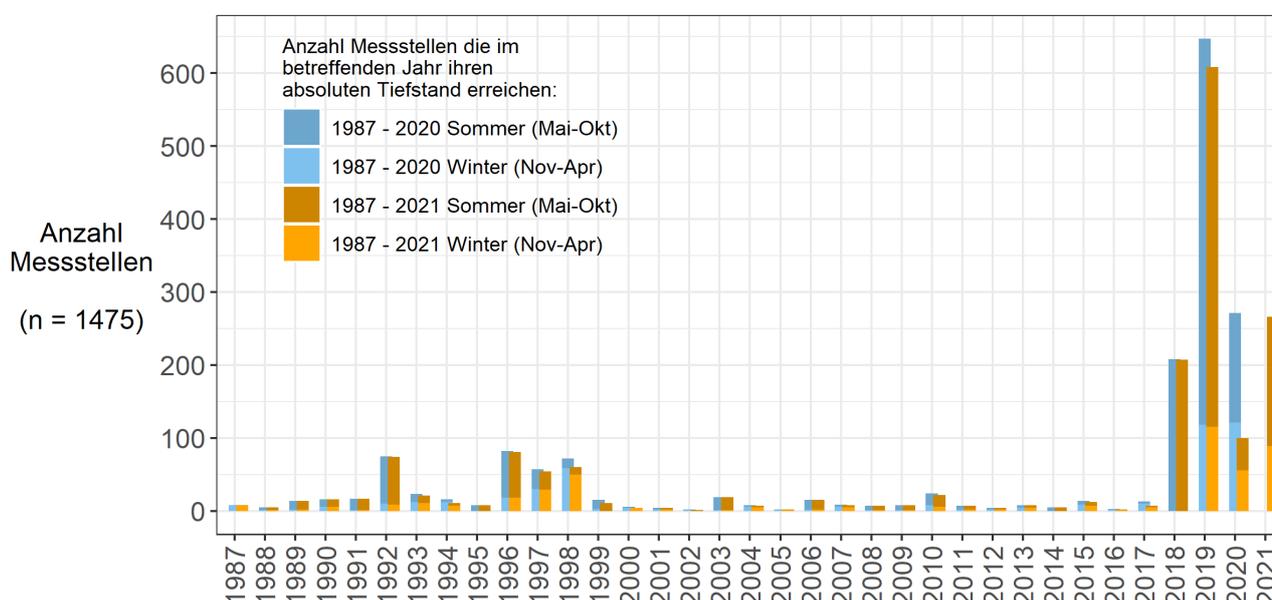


Abbildung 10: Eintritt der Grundwassertiefststände für den Zeitraum 1987-2021 im Vergleich zum Zeitraum 1987-2020 getrennt nach Eintritt im Sommer- oder Winterhalbjahr.

2021 lagen die Jahrestiefstände im Median 0,16 m unterhalb der mittleren Jahrestiefstände im Referenzzeitraum 1991 – 2020 (Tabelle 2). Die größten Unterschreitungen (Medianwert) fanden sich in der Lüneburger Geest (-0,46 m), dem Weser- und Leinebergland (-0,45 m) und der Stader Geest (-0,3 m). Leicht überschritten wurde der mittlere Jahrestiefstand in den Marschregionen (+0,04 m), der Ems-Leda-Hunte-Niederung (+0,03 m) sowie der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest (+0,02 m).

Die Jahreshöchststände unterschritten den mittleren Jahreshochstand im Landesmedian um 0,29 m. Die höchsten Unterschreitungen traten in der Hannoveraner Geest (-0,71 m), dem Weser- und Leinebergland (-0,64 m) und der Lüneburger Geest (-0,6 m) auf. Die kleinsten Unterschreitungen gab es im Sandmünsterland (-0,07 m), den Marschen (-0,05 m) und der Ems-Leda-Hunte-Niederung (-0,08 m). In keiner Region kam es zu einer Überschreitung des mittleren Jahreshochstands.

Neben den mittleren Abweichungen ist vor allem die Spannweite von Bedeutung, denn 50 Prozent der Messstellen weisen damit gegenüber den genannten Beträgen größere Unterschreibungsbeträge auf. Das 25%-Quantil der Abweichung vom mittleren Jahrestiefstand liegt landesweit bei -0,43 m, mit regionalen Abweichungen zwischen +0,1 m bis -0,85 m. Das 25%-Quantil der Abweichung vom mittleren Jahreshochstand liegt landesweit bei -0,62 m, mit regionalen Abweichungen zwischen -0,11 m bis -1,48 m.

Nachdem sich die Grundwasserstandssituation 2019 im Vergleich zum Trockenjahr 2018 weiter verschärft hatte, zeichnete sich 2020 regional eine leichte Entspannung der Situation ab. Im Jahr 2021 konnte sich diese Entspannung insgesamt weiter fortsetzen, jedoch zeigen sich bei einer bedeutenden Anzahl der Messstellen auch weitere Absenkungen.

Tabelle 2: Differenz der Jahrestief- und -hochstände 2021 in Metern gegenüber dem mittleren Jahrestief bzw. -hochstand im Referenzzeitraum 1990 – 2020 in den Auswerteregionen.

Region	Differenz Jahrestiefstand zum mittleren Jahrestiefstand im Referenzzeitraum 1991-2020 (in Metern)					Differenz Jahreshochstand zum mittleren Jahreshochstand im Referenzzeitraum 1991-2020 (in Metern)				
	Minimum	25%-Quantil	50%-Quantil (Median)	75%-Quantil	Maximum	Minimum	25%-Quantil	50%-Quantil (Median)	75%-Quantil	Maximum
Nordseeinseln	-0,18	-0,13	-0,08	0,07	0,23	-0,23	-0,21	-0,18	-0,07	0,05
Marschen	-0,45	-0,01	0,04	0,11	0,32	-0,53	-0,11	-0,05	-0,01	0,25
Ems-Leda-Hunte-Niederungen	-0,68	-0,08	0,03	0,12	0,36	-0,91	-0,15	-0,08	0,02	0,25
Weser-Aller-Wümme-Niederungen	-1,03	-0,22	-0,13	0,01	2,31	-1,17	-0,43	-0,22	-0,1	0,7
Elbe-Niederung	-0,68	-0,24	-0,16	-0,07	0,07	-0,82	-0,28	-0,23	-0,09	0,14
Oldenburg-Ostfriesische Geest	-0,67	-0,17	0,02	0,15	0,56	-0,85	-0,29	-0,15	-0,08	0,1
Ems-Hunte-Weser-Geest	-1,09	-0,44	-0,22	-0,04	0,44	-1,52	-0,62	-0,33	-0,14	0,98
Stader Geest	-2,05	-0,46	-0,3	-0,12	1,22	-2,29	-0,71	-0,48	-0,29	1,07
Lüneburger Geest	-1,99	-0,67	-0,46	-0,24	3,12	-2,09	-0,8	-0,6	-0,38	0,31
Hannoveraner Geest	-1,22	-0,59	-0,45	-0,17	0,15	-1,3	-0,81	-0,71	-0,3	-0,02
Börden	-1,53	-0,49	-0,26	-0,05	0,27	-2,76	-0,71	-0,4	-0,21	0,26
Westliches Bergland	-0,91	-0,24	-0,12	0,01	0,58	-2,81	-0,61	-0,21	-0,11	0,15
Sandmünsterland	-0,17	-0,15	-0,09	0	0,07	-0,21	-0,15	-0,07	-0,01	0,01
Weser- und Leinebergland	-6,84	-0,85	-0,28	-0,09	2,7	-7,62	-1,48	-0,64	-0,1	2,3
Harz	0,07	0,1	0,14	0,26	0,55	-0,49	-0,3	-0,2	-0,13	0
Niedersachsen	-6,84	-0,43	-0,16	0,02	3,12	-7,62	-0,62	-0,29	-0,1	2,3

Differenz = Mittlerer Jahrestiefstand – Jahrestiefstand; d.h. negative Werte kennzeichnen Unterschreitungen des mittleren Jahrestiefstands, positive Werte Überschreitungen.

Langzeitentwicklung der Grundwasserstände

Die Entwicklung der Grundwasserstände seit 1960 weist deutliche und mehrjährige Hoch- und Tiefstandsphasen auf. Abbildung 11 zeigt hierzu die landesweit gemittelte Entwicklung der Jahresmittelwerte. Die Datenreihe zeigt eine deutliche Tiefstandsphase in der zweiten Hälfte der 70er Jahre an. In den 80er Jahren lagen die Grundwasserstände dagegen auf einem deutlich überdurchschnittlichen Niveau. Eine weitere Tiefstandsphase folgte 1991-1992. Extreme Hochstände wurden 1993-1994 erreicht, gefolgt von einer erneuten Tiefstandsphase 1996-1997. Nach einer Erholung der Grundwasserstände ist ab 2009 ein (schwankender) Rückgang der Grundwasserstände zu verzeichnen, der bis 2018 anhielt. Das Trockenjahr 2018 weist aufgrund relativ hoher Ausgangswasserstände im Winter im Jahresmittel noch einen durchschnittlichen Grundwasserstand auf, erst 2019 kommt die Grundwasserstandsabsenkung infolge der Trockenheit 2018 und 2019 auch im Jahresmittelwert zum Tragen. Infolge der günstigeren Witterungsbedingungen 2020 erholten sich die Grundwasserstände in einigen Regionen geringfügig (siehe auch Abbildung 9), blieben aber weiterhin auf einem tiefen Niveau, das 2021 weiter bestehen blieb.

Die 60er und 70er Jahre sind von einem deutlichen Rückgang der Grundwasserstände im landesweiten Mittel geprägt. Hier sind als maßgebliche Faktoren vermutlich Einflüsse der Flurbereinigung, der Moorkultivierung, des Gewässerumbaus, die Einrichtung großer Wassergewinnungsgebiete und der Ausbau der Feldberegnung in Ostniedersachsen maßgeblich. Für die Interpretation der Zeiträume vor 1980 ist der deutlich geringere Messstellenbestand zur beachten.

Seit 2002 lassen sich Wasservorratsänderungen auch aus der satellitengestützten Vermessung des Erdschwerefeldes (GRACE und GRACE-Follow Up Missionen) für großräumige Gebiete ableiten (CCAR, 2022, JPL RL06M v02 Mascons). Entsprechende Ergebnisse für den norddeutschen Raum waren im Frühjahr 2022 Teil des Fernsehfilms „Bis zum letzten Tropfen“ und einer dazugehörigen Dokumentation im ZDF und wurden auch in der niedersächsischen Presse aufgegriffen. Diese Auswertungen bestätigen näherungsweise die im Landesmessnetz festgestellten (und in dieser Berichtsreihe veröffentlichten) Grundwasserstandsveränderungen und die damit einhergehenden Wasservorratsänderungen (Abbildung 11). Sie

erlauben jedoch aufgrund der kurzen Messreihe seit 2002 im Gegensatz zur langjährigen Messreihe des Landesmessnetzes keine Einordnung der Veränderungen in die Langzeitdynamik und aufgrund der mangelnden räumlichen Auflösung keine für Bewirtschaftungsfragen ausreichend differenzierte räumliche Aussage innerhalb Niedersachsens.

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Jahresmittelwerte des Grundwasserstands im regionalen Mittel für die einzelnen Auswerteregionen. Nach dem Erreichen der vorerst tiefsten Grundwasserstände 2019 konnten sich in den Regionen Marschen, Ems-Leda-Hunte-Geest, Elbe-Niederungen, Sandmünsterland, Oldenburg-Ostfriesische Geest, Ems-Hunte-Weser-Geest die Grundwasserstände in den Jahren 2020 und 2021 weiter erholen. Der langjährige mittlere Grundwasserstand wurde 2021 jedoch nur in den Regionen Nordseeinseln, Marschen, Ems-Leda-Hunte-Niederungen, Oldenburg-Ostfriesische Geest annähernd wieder erreicht. Dagegen kam es nach einer geringfügigen Erholung 2020 in den Regionen Stader Geest, Hannoveraner Geest, Börden, Westliches Bergland, Weser-Leine-Bergland erneut zu geringen Absenkungen gegenüber 2020. In der Lüneburger Geest dagegen sank der durchschnittliche Grundwasserstand dagegen seit 2018 kontinuierlich weiter ab.

Die landesweite Entwicklung an den einzelnen Messstellen illustriert Abbildung 13 am Beispiel der jährlichen Grundwasserstände (als klassifizierter Jahrestiefstand). Die vorgenannten Hoch- und Tiefstandsphasen werden ebenso deutlich, wie auch die unterschiedliche regionale Gewichtung dieser Phasen. Die Trockenjahre 2018 und 2019 führen zu landesweit flächendeckend extrem niedrigen Jahrestiefständen. 2020 entspannte sich die Situation nur geringfügig, vor allem im Westen Niedersachsens. 2021 zeigt sich ein deutliches West-Ost-Gefälle mit normalen bis sehr hohen Jahrestiefständen in West-Niedersachsen und weiterhin extrem niedrigen Grundwasserständen im Osten des Landes.

Abbildung 14 zeigt die langjährige Grundwasserstandsentwicklung mit den Über- und Unterschreitungen der mittleren Jahreshoch- und Tiefstände an den exemplarisch ausgewählten Grundwassermessstellen. Auch hier wird der nachhaltige Einfluss der Trockenjahre 2018 und 2019 auf die Grundwasserstandsniveaus der Folgejahre deutlich.

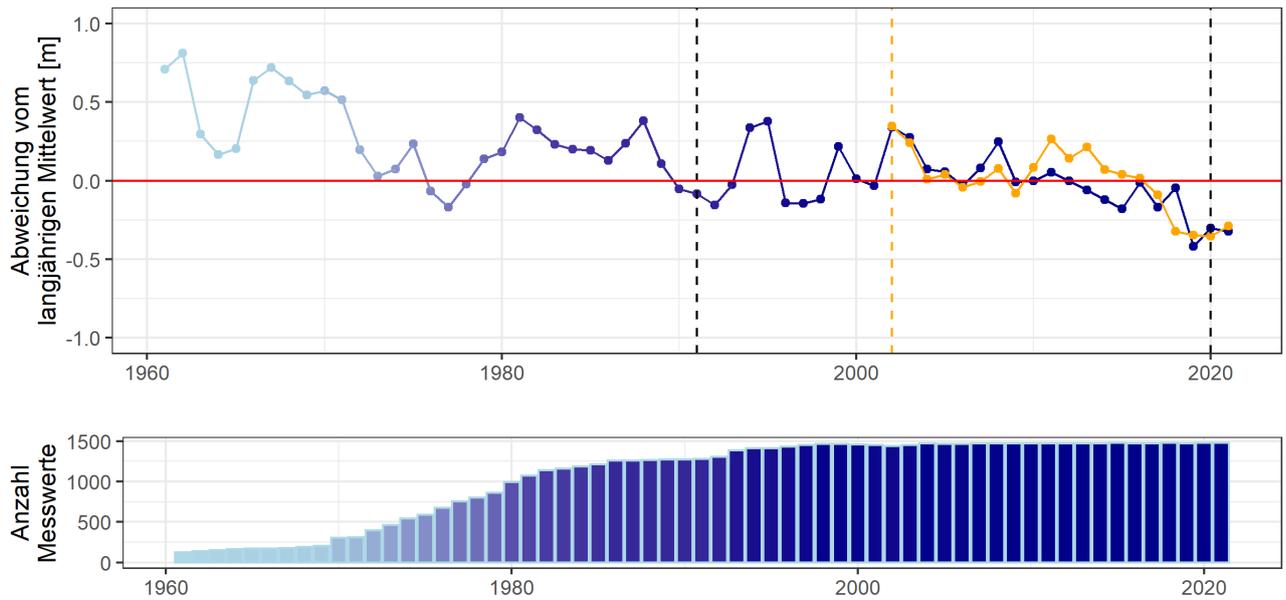


Abbildung 11: Oben: Mittlere Grundwasserstandsentwicklung in Niedersachsen ab 1960 als Abweichung vom mittleren Grundwasserstand (blau) im Referenzzeitraum (1991-2020, schwarz gestrichelt) und potentielle Grundwasserstandsveränderungen nach GRACE-Satellitendaten für Mascon #398 (orange, Datenbasis: JPL RL06M v02 Mascons, CCAR (2022), bearbeitet: Umrechnung in Grundwasserstand unter Annahme einer Porosität von 0.25); Beginn der Grace-Mission 2002 (orange-gestrichelt). Unten: Anzahl der Messstellen mit Standsdaten im ausgewerteten Messstellenpool seit 1960.

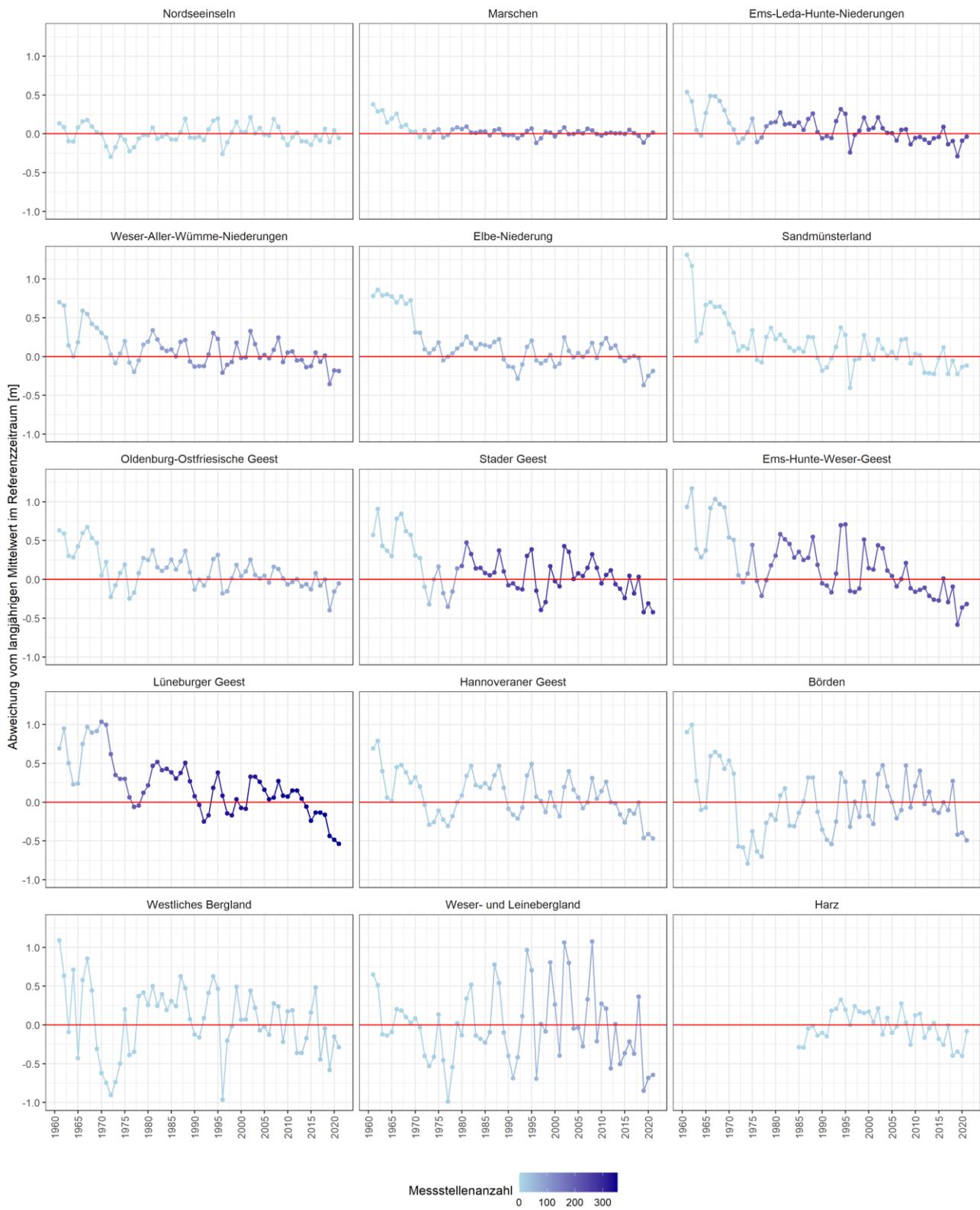


Abbildung 12: Mittlere Grundwasserstandsentwicklung ab 1960 in den Auswerteregionen. Farbintensität der Linie abgestuft nach Anzahl der verfügbaren Messstellen.

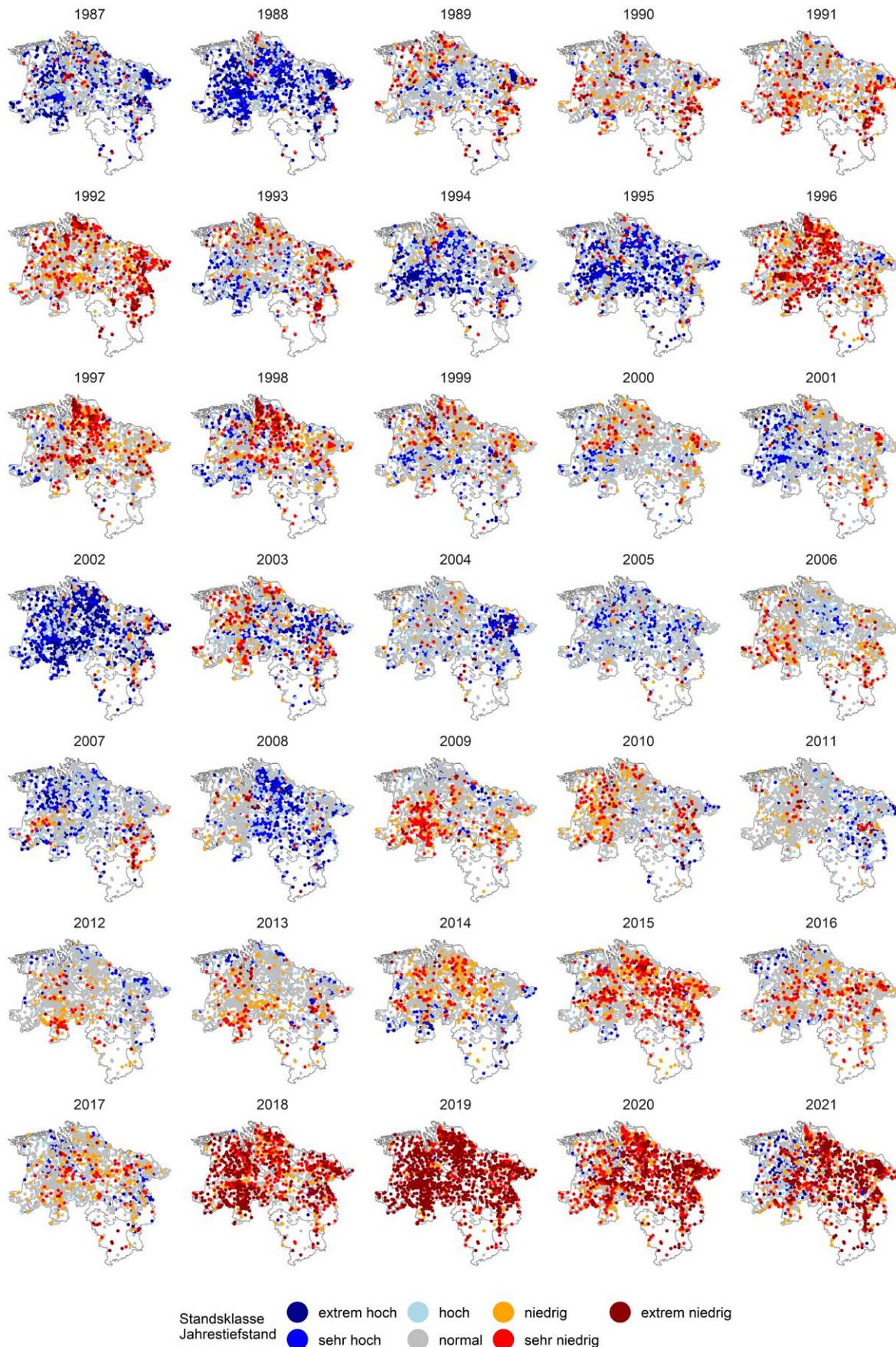


Abbildung 13: Entwicklung der Grundwasserstände ab 1987. Klassifizierte Darstellung der Jahrestiefstände, Bezugsgröße ist für jede Messstelle der Jahrestiefstand im Vergleich zur Quantilverteilung der Jahrestiefstände im Zeitraum 1991-2020.

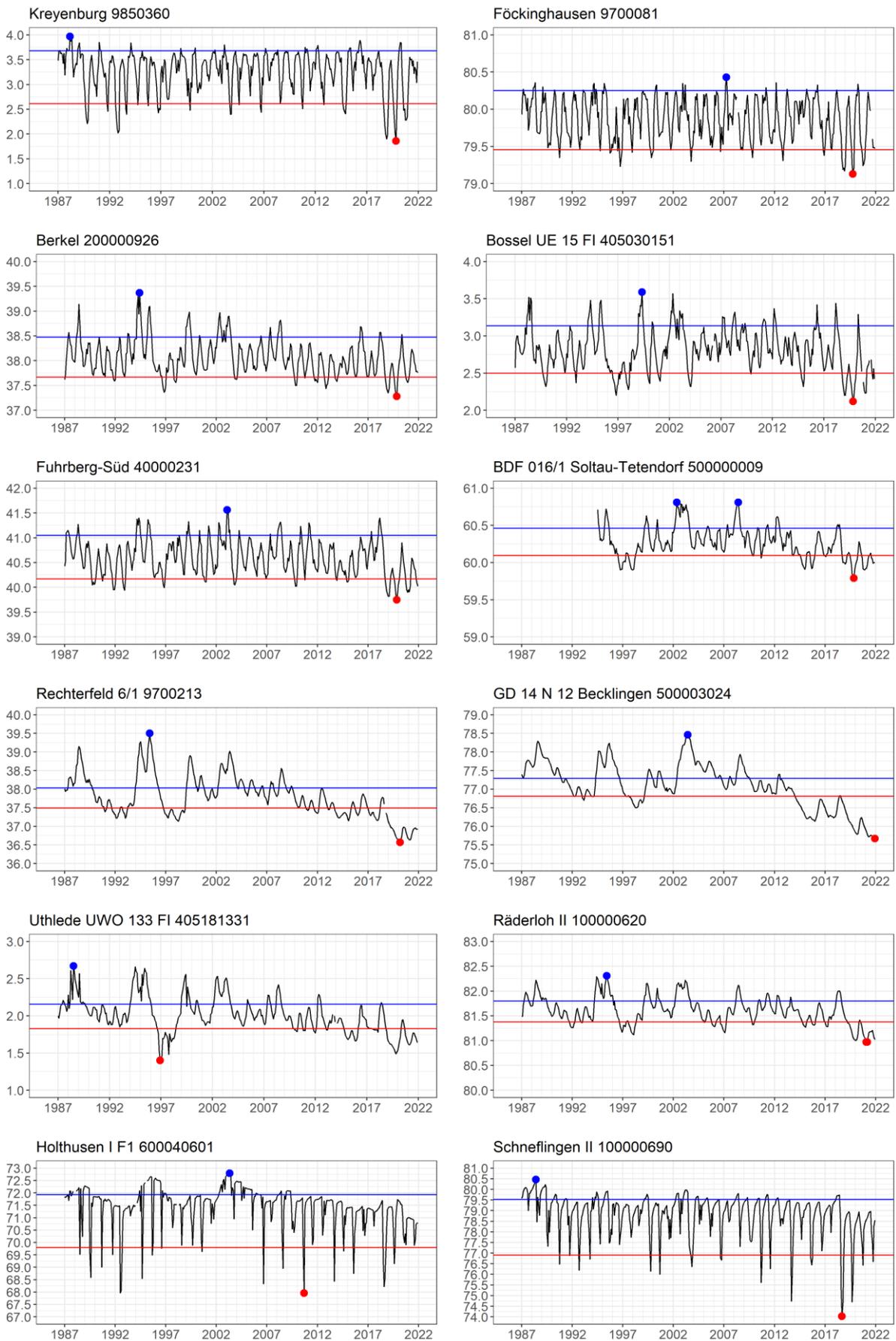


Abbildung 14: Grundwasserstandsentwicklung ab 1987 in ausgewählten Grundwassermessstellen (Grundwasserstände in Meter über NN). Die durchgezogenen Linien kennzeichnen den mittleren Jahreshochstand (blau) und den mittleren Jahrestiefstand (rot). Extremwerte im dargestellten Zeitraum sind durch Punkte gekennzeichnet.

Dauer der Grundwasserdürre- und -hochstandsphasen

Der Begriff Grundwasserdürre umschreibt Phasen, in denen Grundwasserstände deutlich unterhalb der langjährigen Grundwasserstandswerte liegen. Analog lassen sich Grundwasserhochstandsphasen festlegen. Hierzu gibt es verschiedenen methodische Ansätze.

Analog zu dem für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) entwickelten Indikator Grundwasserzustand (Schönthaler, 2019) wird hier eine Grundwasserdürrephase als Dauer der Unterschreitung des mittleren Jahrestiefstands definiert. Hochstandsphasen werden entsprechend mit dem Überschreiten des mittleren Jahreshochstands abgegrenzt. Abbildung 15 stellt die Phasen der Grundwasserdürre und Hochstände für Niedersachsen nach diesem Kriterium dar. Die Dauer entspricht jeweils dem Medianwert über alle ausgewerteten Messstellen. Ergänzend wurde eine Phase extremer Dürre definiert als Unterschreitung des 5%-Perzentils der mittleren Jahrestiefstände. Ein extremer Hochstand ist entsprechend eine Phase der Überschreitung des 95%-Perzentils des mittleren Jahreshochstands, jeweils bezogen auf den Referenzzeitraum 1991-2020.

Deutlich wird hier, dass nach dieser Definition im landesweiten Mittel bis 2008 Hochstandsphasen mit Zeitdauern von ein bis fünf Monaten ausgebildet waren, während ab 2009 nur noch schwache Hochstandsphasen von ein bis zwei Monaten Dauer auftraten. Grundwasserdürrephasen mit ein bis zwei Monaten Dauer traten bis 2012 nur gelegentlich auf. Danach wurde jährlich eine Grundwasserdürrephase erreicht. Im Trockenjahr 2018 dauert diese Phase drei Monate an, 2019 waren es sechs Monate. 2020 fiel

die Grundwasserdürrephase mit vier Monaten wieder etwas kürzer aus, steht aber im Vergleich zum Gesamtzeitraum an zweiter Stelle nach 2019 und vor 2018. 2021 dauerte die Grundwasserdürrephase nur noch 3 Monaten an und zeigt damit gegenüber den Vorjahren im landesweiten Mittel eine leichte Entspannung der Situation an. Wie in den Jahren 2019 und 2020 lag eine Grundwasserhochstandsphase 2021 nicht vor.

In der regionalen Übersicht (Abbildung 16) werden landesweit erhebliche regionalen Unterschiede deutlich. Im westlichen Niedersachsen (Nordseeinseln, Marschen, Oldenburg-Ostfriesische Geest, Ems-Hunte-Weser-Geest, Weser-Aller-Wümme-Niederungen, Ems-Leda-Hunte-Niederungen, Westliches Bergland) nahm die Dauer der Dürremonate seit 2019 kontinuierlich ab. In den Gebieten Nordseeinseln, Marschen, Ems-Leda-Hunte-Niederungen traten 2021 dabei überhaupt keine Monate mit Grundwasserdürre mehr auf. In der Stader Geest, der Hanoveraner Geest, den Börden, dem Harz und dem Weser-Leine-Bergland verlängerte sich die Grundwasserdürrephase im Vergleich zu 2020 und lag damit wieder auf dem Niveau von 2019. In der Lüneburger Geest stieg die Dauer der Grundwasserdürrephase über 4 Jahre in Folge von 4 Monaten 2018 auf 12 Monate in 2021 an. Auch in dieser Betrachtung zeigt sich damit das bereits beschriebenen West-Ost-Gefälle in der Grundwasserstandsdynamik mit einer deutlichen Verkürzung der Grundwasserdürrephase in den westlichen Landesteilen und ohne Verkürzung bzw. mit einer Verlängerung in den östlichen Landesteilen.

Der Indikator Grundwasserstand der Deutschen Klima-Anpassungsstrategie wird zukünftig auch in das Klimafolgenmonitoring des Landes Niedersachsen aufgenommen und für das neu eingeführte Messnetz „Klima-Stand“ zur schwerpunktmäßigen Analyse klimatisch bedingter Entwicklungen veröffentlicht

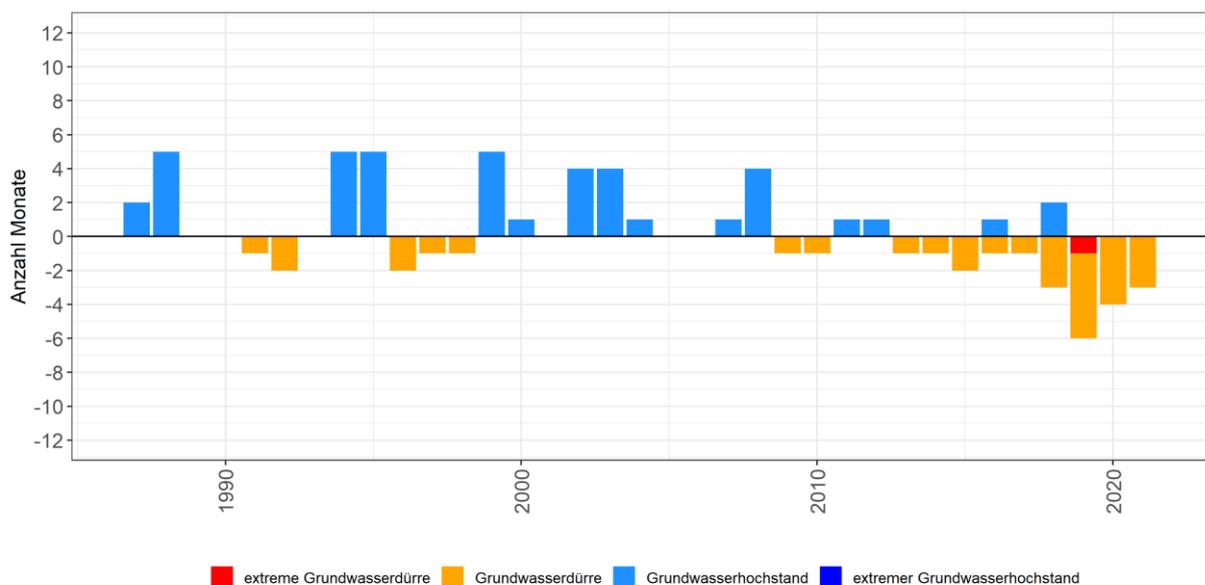


Abbildung 15: Dauer der Phasen von Grundwasserhochständen und Grundwasserdürren in Niedersachsen nach Anzahl der Monate mit Unterschreitung des mittleren Jahrestiefstands und Überschreitung des mittleren Jahreshochstands (in Anlehnung an den DAS-Indikator Grundwasserstand).



Abbildung 16: Dauer der Phasen von Grundwasserhochständen und Grundwasserdürren in den Auswerteregionen in Anlehnung an den DAS-Indikator Grundwasserstand unter Einbeziehung aller ausgewerteten Messstellen.

Veränderungen gegenüber 2019

Die Dürrejahre 2018 und 2019 haben landesweit zu extrem niedrigen Grundwasserständen geführt. Als Bezugsjahr zur Charakterisierung dieser Dürresituation eignet sich insbesondere das Jahr 2019, da hier der größte Anteil (> 40 %) der Messstellen den tiefsten Grundwasserstand im Auswertzeitraum ab 1987 erreicht (siehe Abbildung 10). In den Folgejahren weist ein Teil der Messstellen weiter sinkende Grundwasserstände auf, andere Messstellen zeigten Verbesserungen der Grundwasserstandssituation.

Im unmittelbaren Vergleich der Jahre 2019 und 2021 zeigt Abbildung 17 die direkten Unterschiede der Jahresmittelwerte für die einzelnen Messstellen. Deutlich werden insbesondere die Verbesserungen der Grundwasserstände im westlichen Niedersachsen und weiteren Abnahmen vor allem im östlichen Niedersachsen.

Eine regionale Übersicht über die mittleren Veränderungen der Auswerteregionen enthält Abbildung 18. Sie stellt die Differenzen für die einzelnen Auswerteregionen als Boxplot dar, so dass auch die Spannweite und Verteilung

der Messwerte deutlich wird. Eine Interpretationshilfe zum Verständnis der Boxplotdarstellung liefert Abbildung 19. Die Stader Geest, die Hannoveraner Geest, die Börden und insbesondere die Lüneburger Geest fallen hier als Regionen mit weiteren Absenkungen auf, während die Küstenregionen und die Niederungs- und Geestregionen Westniedersachsens deutliche Anstiege verzeichnen konnten.

Neben den Veränderungen gegenüber dem Jahr 2019 ist auch die Abweichung vom langjährigen Mittelwert für eine Beurteilung der Situation von Bedeutung. Die Abweichung vom langjährigen Jahresmittelwert zeigt Abbildung 20 für die einzelnen Regionen und im Vergleich der Jahre 2019 und 2021, ebenfalls als Boxplot. An den Küsten und im Nordwesten Niedersachsens (Nordseeinseln, Marschen, Oldenburg-Ostfriesische Geest, Ems-Leda-Hunte-Niederung) wurden die langjährigen Mittel im Durchschnitt wieder erreicht. Andere Regionen zeigen deutliche Verbesserungen, lediglich in den bereits beschriebenen Gebieten Stader Geest, Hannoveraner Geest, Börden und Lüneburger Geest blieben die Grundwasserstände unverändert oder verschlechterten sich bei einer deutlichen Abweichung vom langjährigen Mittel von bis zu 0,5 Metern (Lüneburger Geest, vergleiche auch Tabelle 2).

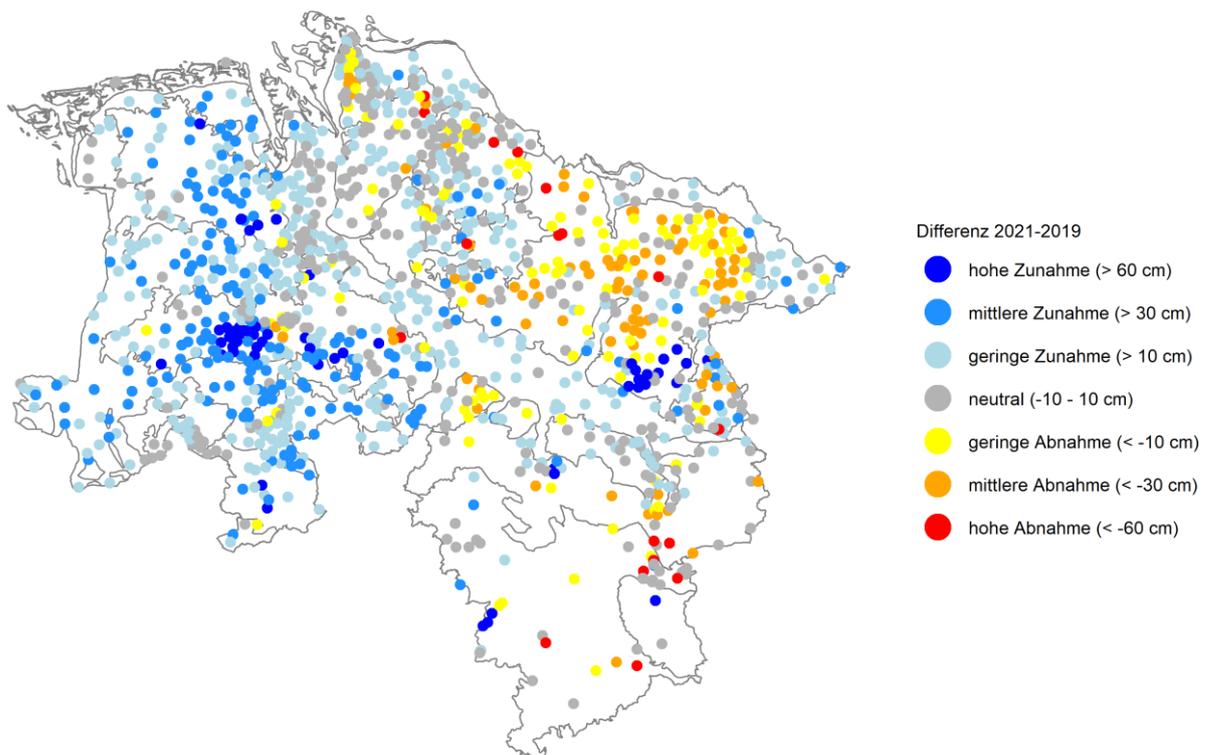


Abbildung 17: Grundwasserstandsveränderungen in den Messstellen als Differenz des Jahresmittelwertes 2021 (aktuell) gegenüber dem Jahresmittelwert 2019 (Höhepunkt der Dürrephase).

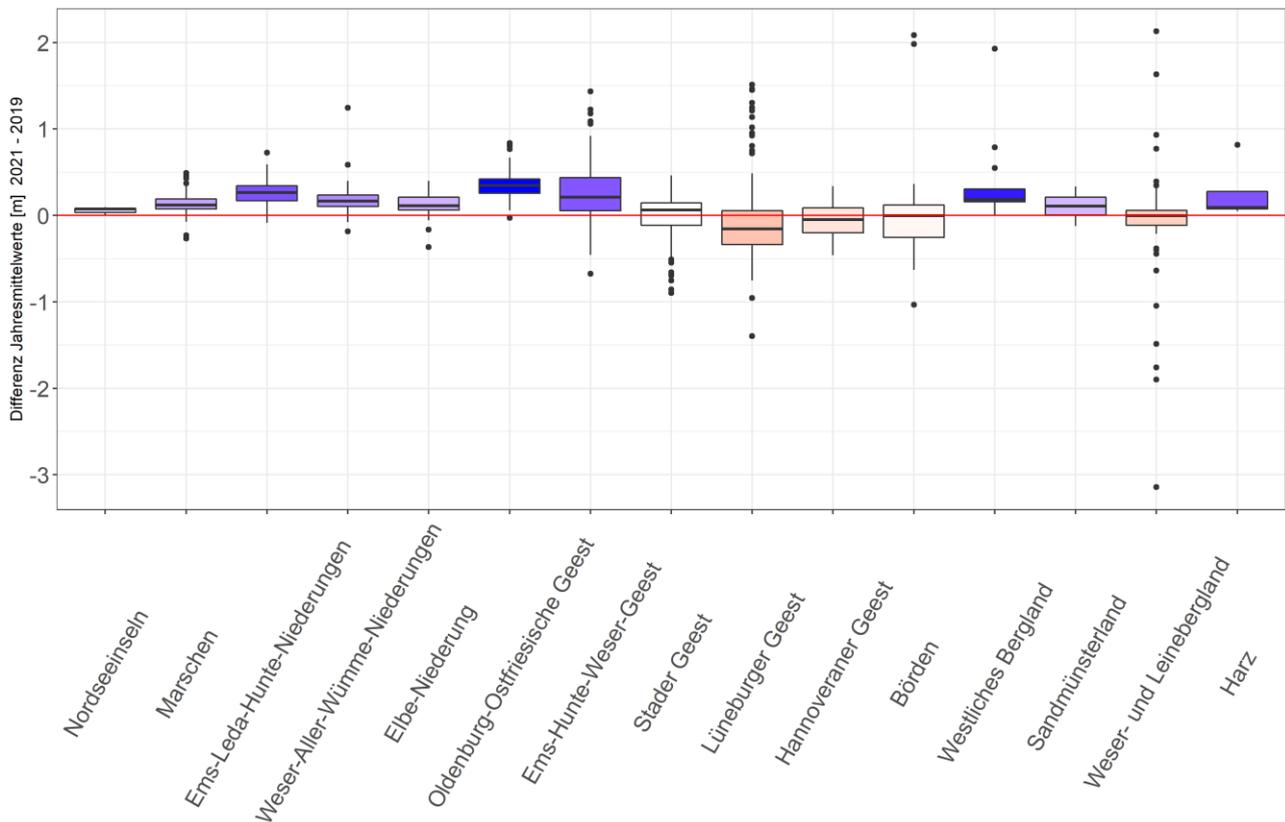


Abbildung 18: Grundwasserstandsveränderungen in den Auswerteregionen als Differenz des Jahresmittelwertes 2021 (aktuell) gegenüber dem Jahresmittelwert 2019 (Höhepunkt der Dürrephase).

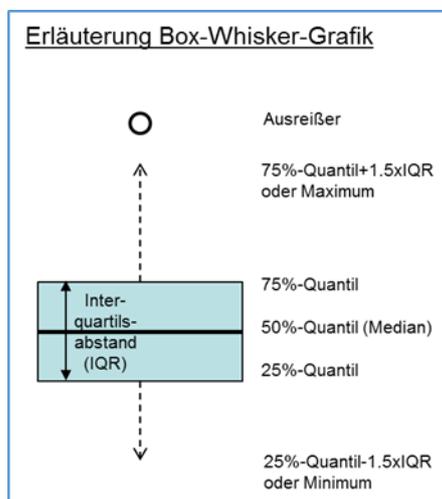


Abbildung 19: Interpretationshilfe Boxplot-Grafik: Der Kasten kennzeichnet die Spanne zwischen dem 25%- und dem 75%-Quantil der Messwerte, er enthält demnach 50% der Messwerte. Der Median (50%-Quantil) ist als horizontaler Strich gekennzeichnet. Die vertikalen Balken definieren die Streuung der Messwerte. Extreme Messwerte (Ausreißer) sind gesondert als Punkt gekennzeichnet.

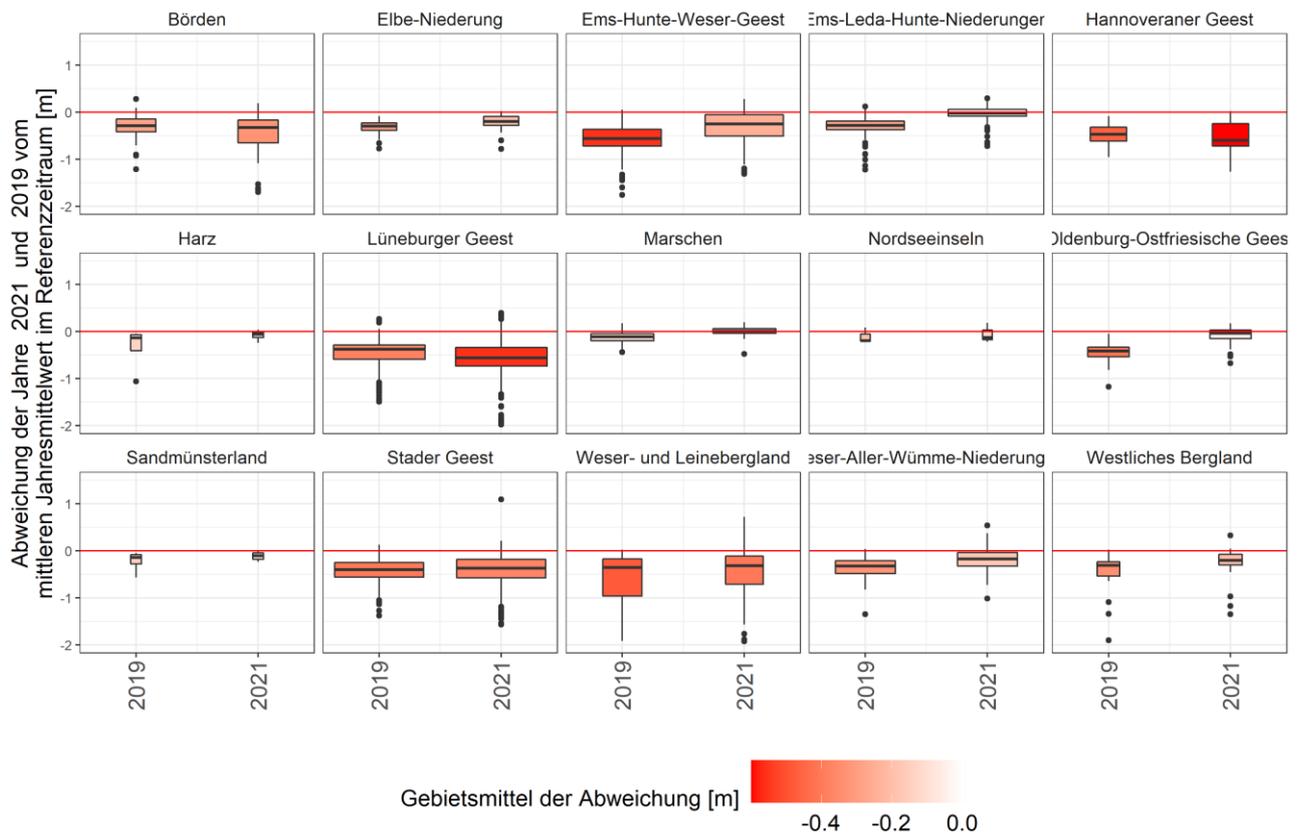


Abbildung 20: Grundwasserstandsveränderung in den Auswerteregionen als Abweichung vom mittleren Grundwasserstand (langjähriger Jahresmittelwert im Referenzzeitraum) im Vergleich der Jahre 2019 (Höhepunkt der Dürrejahre) und 2021 (aktueller Zustand).

Absenkungen in Folge

Die Auswertungen zeigen deutlich, dass in einem Teil der Messstellen die Grundwasserstände entgegen der insgesamt beobachteten Entspannung über mehrere Jahre in Folge weiter abgesunken sind.

Abbildung 21 zeigt die Entwicklungssequenz der Grundwasserstände, d.h. für die betrachteten Messstellen und die jeweiligen Jahresmittelwerte die Anzahl der vorhergehenden Jahre, in denen bezogen auf das Jahr 2021 in Folge ein Grundwasseranstieg bzw. eine Absenkung erfolgte. Das bedeutet, ein Wert von -4 gibt an, dass von 2017 bis 2021 der Jahresmittelwert in Folge gefallen ist, ein Wert von -1 gibt dagegen an, dass der Wert nur im Vergleich zum Vorjahr 2020 gefallen ist, während davor ein Anstieg stattgefunden hatte.

Die räumlichen Verteilungsmuster der Entwicklungssequenz spiegeln insgesamt die bereits bekannten räumlichen Muster der Grundwasserstandssituation wieder (vergleiche Abbildung 5 und Abbildung 6).

Erste Auswertungen zeigen eine Korrelation der Entwicklungssequenz zum Grundwasserflurabstand wie auch zum Ganglinientypus und weisen damit auch auf die Bedeutung hydrogeologischer Faktoren auf die Ausprägung der Grundwasserstandsdyamik hin.

Das Ausmaß der Grundwasserstandsveränderungen wurde in dieser Auswertung nicht betrachtet, sondern lediglich die Richtung. Die bisherigen Auswertungen legen jedoch nahe, dass es auch bei einer über mehrere Jahre fallenden Entwicklungssequenz die Hauptabsenkung in den Jahren 2018 und 2019 erfolgt ist, während in den Jahren 2020 und 2021 nur geringe, aber messbare Absenkungen zu verzeichnen waren, die sich in der Größenordnung von $\leq 0,1$ m bewegen. Siehe hierzu auch die Ausführungen im folgenden Abschnitt.

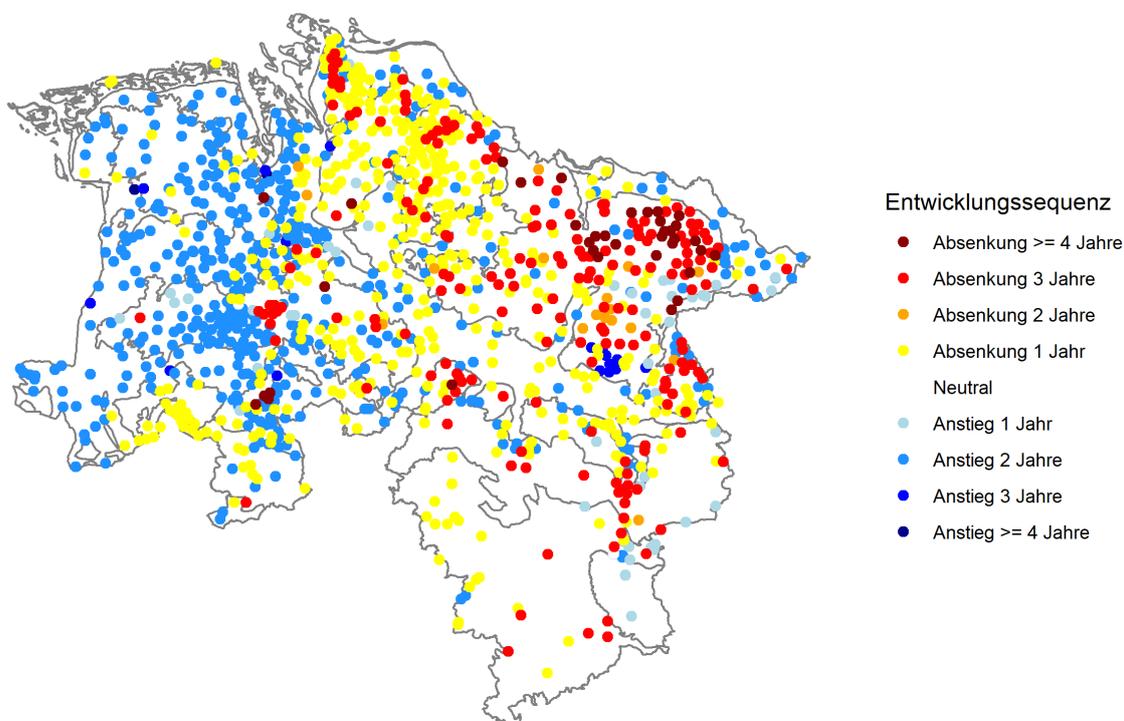


Abbildung 21: Anzahl der vorhergehenden Jahre in Folge mit Grundwasseranstieg bzw. Grundwasserabsenkung bis 2021 (Entwicklungssequenz).

Veränderungen gegenüber dem Vorjahr

Der Vergleich der Grundwasserstände zum Vorjahr stützt sich hier auf drei Vergleichsgrößen, die Differenzen der Jahresmittelwerte, der Winterhochstände sowie der Sommertiefstände. Der Jahreswert stellt eine statistische Vergleichsgröße der Gesamtsituation dar und ersetzt den Monatsvergleich (Oktober-Oktober) der vorigen Berichte ab. Die Sommertiefstände und die Winterhochstände können je nach Witterungsverlauf und geologischer Situation zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreicht werden, sie kennzeichnen aber als Minima und Maxima der Jahresganglinie wichtige Eckpunkte der jährlichen Grundwasserstands-dynamik.

Die Jahresmittelwerte lagen 2021 im landesweiten Mittel mit einer geringen Absenkung von -0,02 m fast auf dem Niveau des Vorjahres. Die naturräumliche Spanne lag dabei zwischen -0,1 m (Stader Geest, Lüneburger Geest) und +0,08 m (Oldenburg-Ostfriesische Geest). An 47 % der Messstellen wurde der Vorjahresstand überboten, an 53 % der Messstellen dagegen unterboten. Im Vergleich dazu war im Vorjahr im landesweiten Durchschnitt ein Gewinn von +0,12 m zu verzeichnen.

In verschiedenen Messstellen tritt das Minimum des Vorjahres erst verzögert im Winter des aktuellen Jahres auf (siehe Seite 7 und 16, vergleiche Abbildung 8, Messstellen Rechterfeld 6/1 und GUN 063 Heber) und kann damit theoretisch auch das absolute Jahresminimum des betrachteten hydrologischen Jahres darstellen. Durch Auswahl der Winterhochstände und Sommertiefstände werden

diese verschleppten Minima aus der Betrachtung ausgeschlossen. An diesen Messstellen wird als Sommerminimum der Endstand im Oktober angesetzt. Hieraus können geringfügige Ungenauigkeiten entstehen, die in dieser Betrachtung als vernachlässigbar angesehen werden.

Die Winterhochstände lagen 2021 im Median um -0,2 m unter den Hochständen des Vorjahres (Tabelle 3 mit einer Spannweite zwischen den einzelnen Auswerteregionen von -0,4 m bis -0,0 m. An lediglich 9 % der Messstellen wurde landesweit der Winterhochstand des Vorjahres überschritten, dafür an 91% unterschritten.

Die Sommertiefstände lagen im Median mit +0,1 m über den Tiefständen des Vorjahres (Tabelle 3) bei einer Spannweite von -0,0 m bis -0,3 m. An 75 Prozent der Messstellen befanden sich die Sommertiefstände über dem Vorjahresniveau, an 25% der Messstellen wurde eine Absenkung zum Vorjahr erreicht. den Ständen des Vorjahres. Die höchsten Anteile an Messstellen mit Unterschreitung des Vorjahres-Sommertiefstands finden sich in der Lüneburger Geest (57 %), der Hannoveraner Geest (43%), den Börden (38 %) sowie der Stader Geest (36 %) (Tabelle 3).

Insgesamt zeigt sich hier in der landesweiten Betrachtung zwar ein geringfügiger Grundwasseranstieg zum Vorjahr, jedoch hatten bereits 2020 18 % der Messstellen die Tiefstände von 2019 weiter unterschritten und 2021 lagen 28 % der Messstellen unter den Tiefständen des Vorjahres. Ein bedeutender Anteil an Messstellen zeigt demnach eine über mehrere Jahre anhaltende Absenkung. Diese Entwicklung gilt es weiterhin sorgfältig zu beobachten.

Tabelle 3: Vergleich der Grundwasserstände 2021 zum Vorjahr 2020 für Niedersachsen und die einzelnen Auswerteregionen. Differenzen als Median über alle Messstellen.

Region	Anzahl Messstellen	Differenz Jahresmittelwert (2021 - 2020)				Differenz Winterhochstand (Wintermaximum 2021-2020)				Differenz Sommertiefstand (Sommerminimum 2021-2020)						
		Delta [m]	≥		<		Delta [m]	≥		<		Delta [m]	≥		<	
			-	%	-	%		-	%	-	%		-	%	-	%
Nordseeinseln	3	-0,09	0	0	3	100	-0,3	0	0	3	100	-0,01	1	33	2	67
Marschen	131	0,03	95	73	35	27	-0,09	17	13	114	87	0,12	125	95	6	5
Ems-Leda-Hunte-Niederungen	203	0,05	163	80	40	20	-0,07	40	20	163	80	0,17	187	92	16	8
Weser-Aller-Wümme-Niederungen	119	-0,01	50	43	67	57	-0,23	8	7	111	93	0,18	110	93	9	8
Elbe-Niederung	41	0,03	29	71	12	29	-0,05	11	27	30	73	0,09	37	90	4	10
Oldenburg-Ostfriesische Geest	57	0,08	50	88	7	12	-0,14	0	0	57	100	0,3	55	96	2	4
Ems-Hunte-Weser-Geest	203	0,02	116	57	86	43	-0,14	24	11	179	88	0,15	172	85	31	15
Stader Geest	263	-0,11	19	7	244	93	-0,29	7	3	256	97	0,06	169	64	94	36
Lüneburger Geest	277	-0,1	56	20	221	80	-0,16	11	4	266	96	-0,04	120	43	157	57
Hannoveraner Geest	44	-0,06	9	20	35	80	-0,18	2	5	42	95	0,02	25	57	19	43
Börden	53	-0,04	17	32	36	68	-0,21	4	8	49	92	0,06	33	62	20	38
Westliches Bergland	18	-0,05	6	33	12	67	-0,26	0	0	18	100	0,15	16	89	2	11
Sandmünsterland	4	0	2	50	2	50	-0,06	0	0	4	100	0,07	4	100	0	0
Weser- und Leinebergland	55	-0,05	18	34	35	66	-0,41	7	13	48	87	0,16	45	82	10	18
Harz	4	0,09	4	100	0	0	-0,02	2	50	2	50	0,29	4	100	0	0
Niedersachsen	1475	-0,02	640	43	835	57	-0,16	133	9	1342	91	0,1	1103	75	372	25

Saisonale Dynamik der Grundwasserstände

Die Analyse der Grundwasseranstiege- und -absenkungen ermöglicht weitere Einblicke zum Verständnis der Grundwasserdynamik. Als Anstieg ist hier der Standsunterschied zwischen dem Sommerminimum (bzw. maximal als Endstand im Oktober, siehe oben) und dem Wintermaximum definiert. Analog stellt die Absenkung die Differenz zwischen Wintermaximum und dem nachfolgenden Sommerminimum dar.

Im Referenzzeitraum 1991-2020 zeigten die Anstiege mit einem Median von 0,52 m und Absenkungen mit einem Median von -0,53 m landesweit eine ausgewogene Entwicklung des Grundwasserstands-niveaus an (Tabelle 4). 2018 und 2019 wiesen jeweils höhere Absenkungen als Anstiegsbeträge aus, die in beiden Jahren zu einer Netto-Absenkung des Grundwasserstands-niveaus um insgesamt rund 0,3 m im Landesmittel (2018 ca. 0,17 m, 2019 ca. 0,14 m, NLWKN, 2020) führten.

Der Grundwasseranstieg vom Sommer 2020 zum Winter 2021 fiel mit rund 0,5 m im Landesmittel durchschnittlich aus. Die Absenkung lag mit rund 0,3 m dagegen deutlich unter dem Durchschnitt. Wie im Vorjahr 2020 (Anstieg 0,8 m, Absenkung 0,7 m) resultierte aus dieser Dynamik eine Grundwasserstandszunahme. Mit Ausnahme der Lüneburger Geest, der Stader Geest und der Hannoveraner Geest lagen die Anstiege (Spanne von 0,2 bis 1,0 m) in den übrigen Regionen jeweils höher als die Absenkungen (Spanne von 0,2 bis 0,9 m) (Tabelle 4).

Die Analyse der saisonalen Dynamik belegt, dass die Gewinne gegenüber dem Vorjahr maßgeblich auf einer verminderten Absenkung im Sommerhalbjahr beruhen. Die feuchten Witterungsverhältnisse im Frühjahr und Sommer führten zeitnah zu einer Verminderung der saisonalen Absenkung.

Tabelle 4: Saisonale Grundwasserstandsveränderungen und Regenerationslast.

Region	Saisonale Grundwasseranstiege und Absenkungen (in Metern)						Regenerations- last 2020	Regenerations- last 2021
	Mittlerer Anstieg 1990-2020	Mittlere Absenkung 1990-2020	Anstieg 2019/2021	Absenkung 2020	Anstieg 2020/2021	Absenkung 2021		
	Median der ausgewerteten Messstellen							
Nordseeinseln	0,5	0,49	0,78	0,61	0,44	0,45	1,16	1,17
Marschen	0,32	0,32	0,47	0,41	0,3	0,15	1,21	0,71
Ems-Leda-Hunte-Niederungen	0,78	0,76	1,07	0,92	0,81	0,6	1,14	0,91
Weser-Aller-Wümme-Niederungen	0,68	0,66	1,04	0,87	0,61	0,43	1,32	1,05
Elbe-Niederung	0,47	0,5	0,68	0,63	0,59	0,44	1,59	1,4
Oldenburg-Ostfriesische Geest	0,81	0,83	1,21	0,97	0,8	0,48	1,25	0,86
Ems-Hunte-Weser-Geest	0,6	0,62	0,95	0,79	0,64	0,44	1,44	1,23
Stader Geest	0,38	0,41	0,69	0,55	0,26	0,22	1,8	1,6
Lüneburger Geest	0,29	0,35	0,41	0,38	0,22	0,25	2,71	2,65
Hannoveraner Geest	0,38	0,42	0,5	0,47	0,29	0,27	2,21	2,15
Börden	0,54	0,55	0,64	0,6	0,45	0,36	1,61	1,38
Westliches Bergland	0,98	0,95	1,43	1,22	0,99	0,92	1,25	1,08
Sandmünsterland	0,84	0,84	1,24	0,9	0,88	0,79	1,14	1,07
Weser- und Leinebergland	1,22	1,24	1,36	1,4	0,86	0,66	1,36	1,13
Harz	1,04	1,07	1,17	1,16	0,98	0,7	1,22	0,86
Niedersachsen	0,52	0,53	0,8	0,65	0,48	0,34	1,43	1,17

Regenerationspotential

Ein Grundwasseranstieg auf ein höheres Niveau erfolgt, wenn die Anstiegsbeträge einen deutlichen Überschuss gegenüber den Absenkungsbeträgen aufweisen, zum Beispiel infolge extrem feuchter Winter und/oder feuchter Sommer. Bleiben Jahre mit überdurchschnittlichen Grundwasseranstiegen (bzw. unterdurchschnittlichen Absenkungen) jedoch aus, ist davon auszugehen, dass die Grundwasserstände längerfristig auf einem nun tieferen Niveau verharren oder bei ungünstiger Witterungsentwicklung gar weiter absinken. So hat es in der Folge des Tiefstands 1996 vier Jahre gedauert, bis der Jahresmittelwert den mittleren Grundwasserstand wieder überschritt (vergleiche Abbildung 11). Auch die aktuell weiterhin niedrigen Grundwasserstände 2021 sind noch eine unmittelbare Folgeerscheinung der Trockenjahre 2018 und 2019.

Der Indikator „Regenerationslast“ wurde in den vorigen Berichten (NLWKN 2019, 2020) eingeführt, um die Auslenkung der Grundwasserstände zu veranschaulichen und einzuordnen. Die Regenerationslast ist das Verhältnis aus einem gedachten Mindestanstieg (= Differenz zwischen dem aktuellen Jahrestiefstand und dem mittleren Grundwasserhochstand) zum Median des jährlichen Grundwasseranstiegs. Ein Wert von eins bedeutet, dass der Zielwert in der nächsten Anstiegsphase mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent erreicht oder überschritten wird. Bei einem Wert von zwei müsste der Wiederanstieg doppelt so hoch ausfallen wie der Median des Grundwasseranstiegs, um das gewünschte Winterniveau zu erreichen, oder der Wiederanstieg müsste sich auf mehrere Jahre mit einem deutlichen Anstiegsüberschuss verteilen. Je größer die Regenerationslast, desto unwahrscheinlicher ist es, dass die Grundwasserstände sich kurzfristig wieder auf ein durchschnittliches Niveau erholen.

Die Regenerationslast fällt mit einem landesweiten Mittelwert von 1,17 (Tabelle 4) geringer aus als im Vorjahr mit 1,43. Diese Entlastung zeigt sich in unterschiedlichem Ausmaß in allen Auswerteregionen. Abbildung 22 zeigt die Regenerationslasten der untersuchten Messstellen. Kritische Werte finden sich weiterhin in den Geestregionen Niedersachsens, insbesondere in Ostniedersachsen mit Regenerationslasten > 1,6 (bis 2,65) (Tabelle 4). Im westlichen Niedersachsen erreichen dagegen viele Messstellen, insbesondere in den Niederungsregionen, einen unkritischen Bereich.

Die Regenerationslast ergibt keine sinnvolle Aussage bei Messstellen unter dem Einfluss von Feldberegnungsanlagen, da der Jahrestiefstand aus einer lokalen Pumpleistung resultiert und weder die klimatische Situation noch das für die Berechnung entnommene Wasservolumen repräsentiert. Der Indikator kann in Extremfällen auch sehr hohe Werte > 10 oder negative Werte annehmen, die auf bestimmte Gangliniencharakteristika mit deutlich geglätteten Ganglinienverlauf und nicht ausgeprägten saisonalen Zyklen hinweisen.

Die räumlichen Verteilungsmuster der Regenerationslast entsprechen weitgehend der Entwicklungssequenz und den bereits bekannten räumlichen Mustern der Grundwasserstandssituation wieder (vergleiche Abbildung 5 und Abbildung 6). Darüber hinaus zeigen erste Auswertungen eine Korrelation der Regenerationslast zum Grundwasserflurabstand wie auch zum Ganglinientypus und weisen damit auch auf die Bedeutung hydrogeologischer Faktoren auf die Ausprägung der Grundwasserstandsdynamik hin.

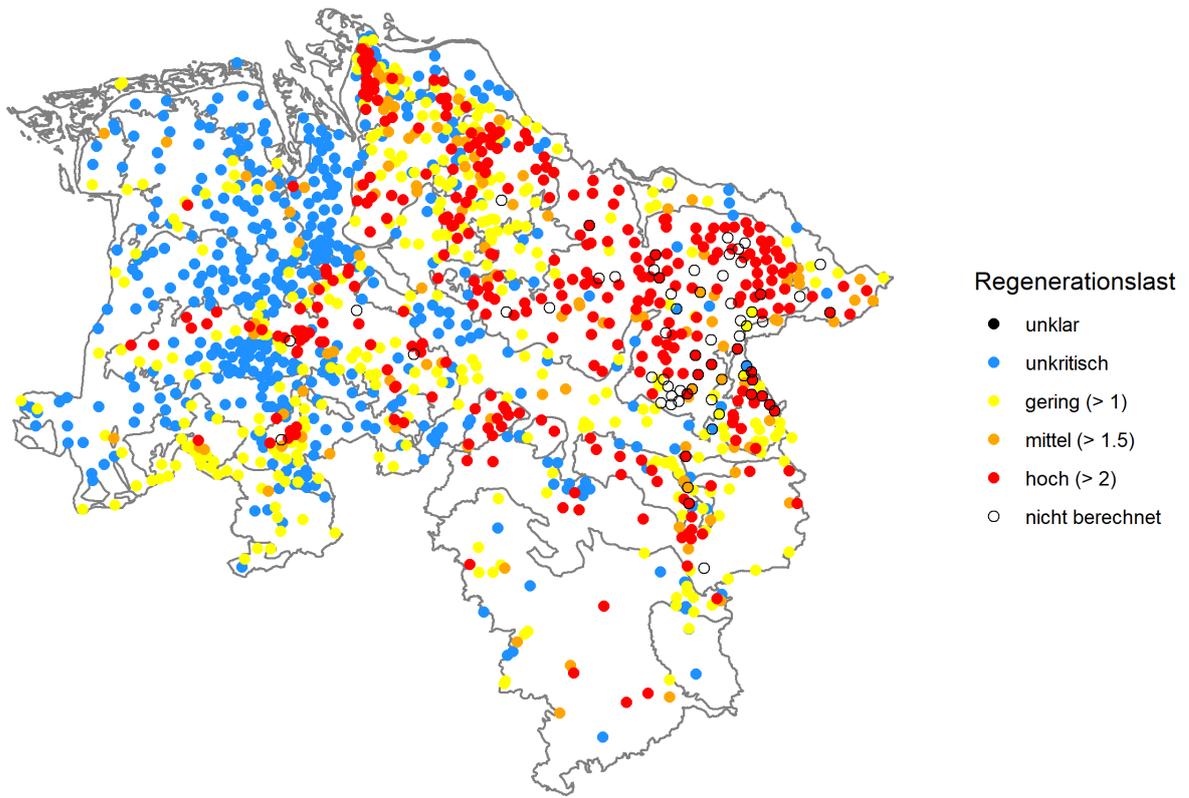


Abbildung 22: Regenerationslast als Indikator für das Regenerationspotential der Grundwasserstände.

Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Grundwasserstandssituation 2021

Die Trockenjahre 2018 und 2019 markierten den vorläufigen Höhepunkt einer bereits seit ca. 2009 anhaltenden Phase mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen und niedrigen Grundwasserständen (Abbildung 11). Auch 2020 waren weiterhin extrem niedrige Grundwasserstände zu verzeichnen. Zum Ende des hydrologischen Jahres 2021 zeigte sich eine deutliche Differenzierung der Entwicklung. Anstiege der Grundwasserstände traten in den westlichen und nordwestlichen Landesteilen auf und es wurden teilweise auch wieder durchschnittliche Verhältnisse (Oldenburg, Ostfriesische Geest, Ems-Leda-Hunte-Niederungen, Marschen) erreicht. In den östlichen Landesteilen (Stader Geest, Hannoveraner Geest, Börden, Weser-Leine-Bergland und Lüneburger Geest) zeigte sich erneut eine Grundwasserstandsentwicklung auf einem extrem niedrigen Niveau ähnlich wie in 2019. Teilweise waren die Grundwasserstände weiter abgesunken.

Als überlagernder klimatischer Faktor nahm auch die Niederschlagsmenge 2021 von Nordwesten (> 800 mm/a) nach Südosten (< 600 mm/a) deutlich ab. Von den Niederschlägen des Sommers 2021 konnten dabei insbesondere die Grundwasserstände auf den grundwassernahen Standorten und in Gebieten mit durchlässigen Deckschichten profitieren, während eine Regeneration auf den grundwasserfernen Standorten bzw. in Gebieten gering durchlässiger Deckschichten eher verhalten ausfiel oder die Grundwasserstände zum Teil weiter absanken.

Landesweit treten auch Messstellen mit abnehmenden, teilweise über mehrere Jahre in Folge fallenden Grundwasserständen auf. Diese sind aber in den warthezeitlichen Geestgebieten im östlichen Niedersachsen besonders häufig anzutreffen. Insbesondere im zentralen und östlichen Teil der Lüneburger Heide liegt eine auffällige Ballung von Messstellen mit extrem niedrigen und teilweise weiter absinkenden Grundwasserständen bzw. Druckpotentialen vor. In diesen Regionen konzentrieren sich die traditionellen Beregnungsgebiete Niedersachsens. Auch wenn die eher ungünstige Grundwasserstandssituation im Osten Niedersachsens primär durch die Witterung und hydrogeologische Faktoren geprägt sein dürfte, stellt sich die Frage, in welchem Ausmaß die beobachtete Entwicklung in diesen Regionen durch anthropogene Einflüsse überprägt und gegebenenfalls verschärft wird. Eine weitergehende und abschließende Analyse und Bewertung anthropogener Einflüsse ist im Rahmen dieses Berichts jedoch nicht möglich. Die Entwicklung wird vom GLD weiter beobachtet, auf Basis der aktuellen Erkenntnisse neu bewertet.

Aus der Langzeitauswertung der Grundwasserstandsdynamik wird deutlich, dass die Grundwasserstände auch in kurzen Zeiträumen erhebliche Spannweiten durchlaufen

können und in der Vergangenheit auch durchlaufen haben. Auch auf den Standorten mit bislang ungünstiger Entwicklung ist eine Verbesserung der Grundwasserstandssituation bei entsprechend überdurchschnittlich feuchten Witterungsverhältnissen daher nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Entsprechende Witterungsverhältnisse sind bislang jedoch nicht eingetreten. Aktuell zeichnet sich eher eine Situation ab, in der zwar tendenziell günstige, aber allenfalls durchschnittliche Witterungsverhältnisse zu einer langsamen, standortbezogen unterschiedlich ausgeprägten Erholung führen können, aber unter ungünstigen Standortbedingungen zumindest im Jahr 2021 noch keine Erholungstendenzen erkennbar sind.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung im Frühjahr 2022 ist die Ausgangssituation der Grundwasserstände in Niedersachsen nach vorläufigen Betrachtungen infolge eines niederschlagsreichen Winters tendenziell günstiger als in den Vorjahren, jedoch sind für die Grundwasserbewirtschaftung die regionalen Unterschiede zu beachten. Eine abschließende Bewertung der diesjährigen (2022) Situation und Entwicklung bleibt späteren Auswertungen vorbehalten.

Klimawandel und Grundwasser

Für die zukünftige Entwicklung des Klimas gehen Klimaforscher für Niedersachsen derzeit von einem weiteren Anstieg der Jahresmitteltemperaturen aus (MU/DWD 2018). Damit steigen auch die Verdunstungswerte weiter an. Für die Niederschläge werden für den kurzfristigen Planungshorizont bis 2050 keine Änderungen der mittleren Jahresniederschlagssummen erwartet, wohl aber eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung zugunsten erhöhter Winterniederschläge (MU/DWD 2018). Generell sind Extremereignisse wie Dürren und Hochwasser häufiger zu erwarten als bisher. Diese Änderungen sind eine direkte Fortsetzung der bereits in der Vergangenheit in Niedersachsen zu beobachtenden Veränderungen (MU/DWD, 2018; Scheihing, 2019).

Die resultierenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildungsraten wurden in der Klimawirkungsstudie für das Land Niedersachsen (MU, 2019) auf Basis eines Modellensembles für das Klimaszenario RCP8.5 („weiter-wie-bisher“) untersucht. Die Klimawirkungsstudie kommt zu dem Schluss, dass die Modellrechnungen für die Jahresneubildungsraten keinen eindeutigen Trend erkennen lassen. Für die nahe Zukunft (2021-2050) zeigt die mittlere Tendenz nur geringe Änderungen, für die ferne Zukunft (2071-2100) wird in der mittleren Tendenz eine verstärkte Differenzierung in Gebiete mit Abnahmen und Zunahmen deutlich. Die Spannweite der Ergebnisse zwischen den ausgewerteten Modellen reicht dabei von zunehmenden bis hin zu abnehmenden Grundwasserneubildungsraten für Niedersachsen. Einheitlich zeigt die Mehrzahl der Modelle jedoch auch für die Grundwasserneubildung eine deutliche Verstärkung der Saisonalität, das heißt eine Abnahme im Sommerhalbjahr sowie eine Zunahme im Winterhalbjahr. Diese Änderungen resultieren aus den vorstehend prognostizierten Entwicklungen der Niederschläge und der Temperaturen.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände in Niedersachsen lassen sich angesichts der unklaren Aussagen zur Grundwasserneubildung nur schwer einschätzen. Grundsätzlich ist bei einer Verringerung der Grundwasserneubildung auch eine Absenkung des Grundwasserstands-niveaus zu erwarten, analog bei einer Erhöhung auch eine Anhebung. Daneben kann jedoch auch eine veränderte Saisonalität der Neubildungsraten Auswirkungen auf die Standsdynamik haben. Durch eine Erhöhung der Neubildung im Winterhalbjahr ist auch von einer entsprechenden Erhöhung des saisonalen Grundwasseranstiegs auszugehen, gleichzeitig verlängert sich im Gegenzug nicht nur die sommerliche Absinkphase, auch die Absinkraten könnten im Sommer durch weiter verringerte Neubildung und ggf. einem möglicherweise zunehmenden Entnahmebedarf höher ausfallen. Ob sich diese Einflüsse ausgleichen oder insgesamt zu einer Verschiebung des Grundwasserstands-niveaus führen, bleibt abzuwarten.

Klima wird über die mittleren Verhältnisse der Klimaparameter über einen längeren Zeitraum definiert. In der Praxis wird hier ein Zeitraum von 30 Jahren angesetzt, innerhalb dessen die Klimaparameter mit einer entsprechenden Variabilität um den jeweiligen langjährigen Mittelwert streuen. Die Grundwasserstandsdynamik wird nicht nur von den langfristigen klimatischen Entwicklungstendenzen bestimmt, sondern auch durch die konkrete Ausgestaltung der Witterungsdynamik innerhalb der klimatischen Zeithorizonte beeinflusst, insbesondere durch die Saisonalität und die Verteilung und Abfolge von Trocken-, Feucht- und Normaljahren.

Es ist auch in Hinblick auf die Zunahme von Extremereignissen nicht auszuschließen, dass wesentlich häufiger als bisher sehr niedrige bis extrem niedrige Grundwasserstände im Spätsommer erreicht werden. Zwar haben frühere Trockenereignisse wie in den 50er und 70er Jahren ebenfalls extreme Grundwasserstandsabsenkungen zur Folge gehabt, nach dem aktuellen Forschungsstand lassen sich die extremen Trockenjahre 2018 und 2019 jedoch nicht lediglich als Folge zufälliger Witterungsschwankungen interpretieren. Für die Hitzeperiode 2018 und die Hitzewellen 2019 konnte durch Attributionsstudien der Einfluss des Klimawandels nachgewiesen werden (WWA 2018, 2019). Wesentliche Ursache für die anhaltende Hitze und Trockenperiode 2018 war ein großräumiges Strömungsmuster mit einer beständigen Hochdrucklage im Norden Europas, das über Monate hinweg den Weg für atlantische Tiefdruckgebiete nach Mitteleuropa blockierte (CEDIM-FDA, 2018). Mann et al. (2018) konnten zeigen, dass derartige Strömungsmuster unter dem Einfluss des Klimawandels zukünftig mit größerer Wahrscheinlichkeit auftreten und so die Ausbildung von Extremwetterlagen auf der Nordhemisphäre forcieren. Klimarekonstruktionen belegen dabei, dass das Niederschlagsdefizit im Jahr 2018 zwar außergewöhnlich war, aber nicht außerhalb der natürlichen Variabilität lag (Moravec et al., 2021). Berücksichtigt man jedoch das kumulierte Bodenfeuchtedefizit über fünf Jahre stellt der Zeitraum 2014 – 2018 das ext-

remste Ereignis seit Beginn der Aufzeichnungen dar (Moravec et al., 2021). Diese mehrjährige Dürrephase setzte sich auch in den Folgejahren und in Teilen bis heute fort.

Die Auswirkungen der zukünftigen Änderungen der Klimaparameter auf die Grundwasserstands-entwicklung haben Wunsch et al. (2022) untersucht. Für den norddeutschen Raum deutet diese Studie auf eine weitere Abnahme des mittleren Grundwasserstands-niveaus bis zum Ende des Jahrhunderts hin. Die Autoren weisen dabei darauf hin, dass insbesondere mehrjährige Abfolgen von Trockenjahren für die Grundwasserstands-entwicklung von wesentlich größerer Bedeutung sind als die reinen Trends der Klimaparameter. In solchen Phasen können sich die Effekte der Einzeljahre überlagern und zu besonders niedrigen Grundwasserständen führen. Derartige Verhältnisse sind nach den Klimaprojektionen mit zunehmender Häufigkeit anzunehmen und entsprechen auch der in den vergangenen Jahren beobachteten Situation in Niedersachsen.

Zur Klärung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände erfolgen speziell für Niedersachsen aktuelle Untersuchungen in Phase 7 der KLIBIW-Projektreihe auf Basis von Klimamodellrechnungen unter Beteiligung des NLWKN, dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), der Leibnitz-Universität Hannover und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durch. Das Projekt wird vom Land Niedersachsen gefördert, erste Ergebnisse werden Ende 2022 erwartet.

Grundwasserbewirtschaftung und Umwelt

Die Grundwasserstands-entwicklung ist ein wichtiger Indikator für Veränderungen des Grundwasserhaushalts, sie spiegelt sowohl die klimatischen und witterungsbedingten Veränderungen wieder, als auch die infolge menschlicher Nutzungen und Eingriffe auftretenden Veränderungen des Wasserhaushalts beziehungsweise des hydraulischen Systems.

Veränderungen der Grundwasserstände haben direkte Auswirkungen auf den Grundwasserzustrom in Fließgewässern, den Wasserstand stehender Gewässer sowie auf die Wasserversorgung grundwasserabhängiger Landökosysteme (z.B. Bruchwälder, Feuchtwiesen, Moore) und sonstiger Flächen (Ackerland, Wald und Forst) über den kapillaren Aufstieg.

Der Grundwasserstand kann daher unmittelbar eine Gefährdung abhängiger Ökosysteme anzeigen, sofern ein Bezug zwischen Messstelle und dem betrachteten Gewässer oder Landökosystem gegeben ist.

Ein unmittelbarer Rückschluss über den Grundwasserstand auf die Grundwasserverfügbarkeit für menschliche Nutzungen ist jedoch nur bedingt möglich, da die Neubildungsdynamik sich nicht in der absoluten Höhe der Grundwasserstände, sondern vielmehr in den Veränderungen (Anstiege und Absenkungen) der Grundwasserstände widerspiegelt.

Die für menschliche Nutzungen zur Verfügung stehende Grundwassermenge unterliegt zwei wesentlichen Randbedingungen: Zum einen muss sichergestellt sein, dass die entnommene Menge die Grundwasserneubildung im langjährigen Mittel nicht übersteigt, da ansonsten eine Aufzehrung eines Grundwasservorrats stattfinden würde. Zum anderen darf nur so viel Grundwasser entnommen werden, dass die Auswirkungen auf die Grundwasserstände, die Basisabflüsse in die Oberflächengewässer und die Wasserversorgung sonstiger abhängigen Ökosysteme so gering bleiben, dass die in den gesetzlichen Regelwerken festgelegten Zielvorgaben eingehalten werden können. Die spezifischen Auswirkungen können dabei abhängig von der Entnahmemenge, den hydraulischen und geologischen Randbedingungen sowie der Nutzungsart und Verwendung des entnommenen Grundwassers unterschiedlich ausfallen.

Die zu erwartenden Änderungen der Grundwasserstände und der Grundwasserverfügbarkeit sind in der Grundwasserbewirtschaftung zu berücksichtigen (vgl. LAWA, 2017). Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da der Klimawandel auch den Nutzungsdruck auf die Grundwasserressourcen weiter erhöhen wird. Hier sind insbesondere der Ausbau der Feldberegnung als auch sich verändernde Spitzenlasten der öffentlichen Trinkwasserversorgung (Scheihing, 2019) zu nennen.

Das Wasserversorgungskonzept Niedersachsen (MU 2022) schätzt, dass der Bedarf an Grundwasser für Feldberegnung bis 2050 um 136 % von 254 Mio. m³/a (2015) auf ca. 600 Mio m³/a ansteigen wird. Kurzfristig bis 2030 ist eine Bedarfssteigerung von 54% zu erwarten. Für die öffentliche Wasserversorgung wird mit einer Bedarfssteigerung um 9 % bis 2050 von 747 Mio. m³/a (2015) auf 815 Mio m³/a gerechnet. Für industrielle Entnahmen in Eigenversorgung werden dagegen keine wesentlichen Änderungen angenommen.

Gemäß den Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie bewertet der NLWKN alle sechs Jahre den mengenmäßigen Zustand der Grundwasserkörper und schätzt zusätzlich das Risiko bezüglich des Erreichens der Bewirtschaftungsziele für die Grundwasserkörper nach EG-Wasserrahmenrichtlinie ein. Nach den gesetzlichen und fachlichen Vorgaben werden ausdrücklich **nur** die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten (z.B. Grundwasserentnahmen) bewertet (EG-WRRL Anhang V 2.1.2; GrwV § 4(2)). **Die Auswirkungen von Witterungsschwankungen werden hier nicht bewertet.** Im Ergebnis hat das dazu geführt, dass unter dem Blickwinkel der WRRL alle GW-Körper in Niedersachsen in einen mengenmäßig guten Zustand eingestuft sind.

Auf regionaler Ebene ist bei der Beantragung von Grundwasserentnahmen der Gewässerkundliche Landesdienst GLD von der zuständigen Genehmigungsbehörde zu beteiligen, wenn wesentliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu erwarten sind. Der GLD nimmt dann im Rahmen eines Wasserrechtsverfahren Stellung zu den lokalen Auswirkungen eines Vorhabens auf das Grundwasser.

Dazu muss der Antragsteller die voraussichtlichen Auswirkungen einer Entnahme durch entsprechende Gutachten darlegen. Die Stellungnahmen des GLD haben einen empfehlenden Charakter für die Genehmigungsbehörde.

Maßgeblich für wasserwirtschaftliche Planungen sind in der Regel die regional vorherrschenden durchschnittlichen klimatischen Verhältnisse. Diese werden konventionell über einen 30-Jahreszeitraum bestimmt. Speziell für die Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen ist dies bedeutsam, da Niederschlag und Verdunstung (und damit auch die Grundwasserneubildung) natürlichen Schwankungen unterliegen. Durch Bezug auf mittlere Verhältnisse soll langfristig ein Ausgleich dieser Schwankungen sichergestellt werden. Dabei werden in Wasserrechtsverfahren je nach Art der Entnahme und der zu erwartenden Auswirkungen auch weitergehende Betrachtungen durchgeführt, um instationäre Verhältnisse oder Trockenphasen zu berücksichtigen. Die Entscheidungsbasis wird kontinuierlich an den Stand der Technik angepasst; dazu gehört zum Beispiel der verstärkte Einsatz hydrogeologischer Modelle und die Einbeziehung des Klimawandels mit dem jeweils aktuellen Erkenntnisstand.

Einen Handlungsrahmen für die Genehmigungspraxis in den unteren Wasserbehörden liefert der Grundwassermengenbewirtschaftungserlass (MU, 2020). Er benennt für die einzelnen Grundwasserkörper und Landkreise Richtwerte der für Entnahmen nutzbaren Dargebotsreserven. Die verfügbaren Dargebots-reserven werden dabei bereits auf Basis von Trockenjahren (= dem Trockenwetterdargebot) und nicht von durchschnittlichen Verhältnissen abgeleitet. Dieser seit 2015 gültige und zwischenzeitlich aktualisierte Erlass wird derzeit neu konzipiert und überarbeitet. In der zukünftigen Fassung werden neben Trockenjahren auch die aktuellen Klimaprognosen sowie die Erkenntnisse aus dem Wasserversorgungskonzept des Landes Berücksichtigung finden.

Ein weiterer Baustein der Grundwasserbewirtschaftung auf überregionaler Ebene ist das Wasserversorgungskonzept Niedersachsen (MU 2022). Es beschreibt die vorhandenen und die zukünftig zu erwartenden Veränderungen der Ressourcen und der Wassernutzung durch einzelne Nutzergruppen. Das Wasserversorgungskonzept schafft so Erkenntnisse über den vorhandenen und den zukünftig ableitbaren Nutzungsdruck und zeigt Handlungsnotwendigkeiten auf. Damit bildet es einen landesweiten Rahmen für die vertiefte Auseinandersetzung mit zu erwartenden Entwicklungen auf lokaler und regionaler Ebene, auf deren Basis geeignete Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherstellung der Wasserversorgung ergriffen werden können.

Schlusswort

Bereits seit 2009 bewegen sich die Grundwasserstände auf einem durchschnittlichen bis niedrigen Niveau. Die Trockenjahren 2018 und 2019 haben die Situation noch einmal deutlich verschärft und extrem niedrige Standsniveaus zur Folge gehabt. In den Folgejahren 2020 und 2021 zeichnet sich zwar insgesamt eine Verbesserung der

Situation ab, die aber regional abhängig von den hydrogeologischen Gegebenheiten und Witterungsverhältnissen sehr unterschiedlich verläuft. Außergewöhnlich feuchte Witterungsverhältnisse, die eine schnellere Regeneration auch bei ungünstigen Standortverhältnissen bewirken könnten, sind bislang nicht aufgetreten. Auffällig auf landesweiter Ebene sind die Unterschiede zwischen mehrheitlich auf beinahe durchschnittliche Niveaus angestiegene Grundwasserstände in den westlichen und nordwestlichen Landesteilen, sowie weiterhin angespannten Verhältnissen in den östlichen und südlichen Landesteilen. Einzelne Messstellen zeigen weiterhin sinkende Grundwasserstände. Diese treten insbesondere in den warthezeitlichen Geestregionen Ostniedersachsens auf. Hier konzentrieren sich auch die großen Beregnungsgebiete. Inwiefern Nutzungseinflüsse, insbesondere gestiegene Entnahmen durch erhöhten Bedarf der öffentlichen Wasserversorgung oder den erhöhten Bewässerungsbedarf bzw. den weiteren Ausbau der Feldberegnung die Entwicklung der vergangenen Jahre beeinflusst haben, lässt sich im Rahmen dieses Berichts nicht beurteilen.

Die Auswirkungen des Klimawandels sind auch in Niedersachsen deutlich spürbar. Die Entwicklungen, die sich nicht nur als Folge der Trockenjahre 2018 und 2019, sondern bereits seit über zehn Jahren in unseren Grundwasserständen abzeichnen, sind nicht lediglich Folge zufälli-

ger Witterungsschwankungen. Mit den in der Vergangenheit beobachteten und für die Zukunft prognostizierten Änderungen der saisonalen Verschiebungen der Niederschläge, Anstieg der Temperaturen und Änderungen der Witterungsdynamik bzw. Wetterlagen sind sie auch Ausdruck einer sich infolge des Klimawandels insgesamt verändernden Wasserhaushaltsdynamik.

Für eine vorausschauende Grundwasserbewirtschaftung ist es daher unerlässlich, nicht nur die aktuellen klimatischen Bedingungen zu betrachten, sondern sowohl die zu erwartenden klimatischen Bedingungen inklusive der damit einhergehenden Extreme, als auch die Veränderungen der Wasserbedarfe für die verschiedenen Nutzungen angemessen zu betrachten und in Einklang zu bringen. Als einen wesentlichen Beitrag zu diesen Fragen hat das Land Niedersachsen das Wasserversorgungskonzept Niedersachsen aufgestellt und im Frühjahr 2022 veröffentlicht (MU 2022).

Die Entwicklung der Grundwasserstände wird vom NLWKN als Fachbehörde weiter beobachtet auf Basis der jeweils aktuellen Erkenntnislage neu bewertet und die Ergebnisse als Information und Entscheidungsgrundlage veröffentlicht.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes D. und Smith, M. (1995): Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56. FAO.

Böttcher, Falk (2020): Die Witterung 2019 - Global, in Europa und Deutschland. DWD-Vortrag. https://www.klima.sachsen.de/download/dwd_vortrag_20200130_globale_Einordnung_Phaenologie.pdf (Zugriff am 16.03.2020)

CEDIM Forensic Disaster Analysis Group (FDA) (2018): Dürre & Hitzewelle Sommer 2018 (Deutschland). Report No. 1, CEDIM Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology.

CCAR Colorado Center for Astrodynamics Research (2022): Mascon Visualisation Tool. <https://ccar.colorado.edu/grace/index.html> (Zugriff am 31.05.2022)

DWD (2021a): Große Temperaturunterschiede und Auffüllung der Oberböden: Der agrarmeteorologische Winter 2020/2021 (Stand: 10.03.2021). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2020_2021_bericht_winter_barrierefrei.html?nn=730330

DWD (2021b): Ungewohnt kalt und gegen Ende nass: Der agrarmeteorologische Frühling 2021 (Stand: 08.06.2021). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2021_bericht_fruehjahr.html?nn=730330

DWD (2021c): Eine nasse Zwischenbilanz: Die agrarmeteorologische Situation im Sommer 2021 (Stand: 07.09.2021). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2021_bericht_sommer.html?nn=730330

DWD (2021d): Trocken, aber für die Landwirtschaft vorteilhaft: Der agrarmeteorologische Herbst 2021 (Stand: 14.12.2021). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2021_bericht_herbst.html?nn=730330

DWD (2022a): Mild, gegen Ende stürmisch und nass: Der agrarmeteorologische Winter 2021/2022 (Stand: 08.03.2022). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2021_2022_bericht_winter_barrierefrei.html?nn=730330

DWD (2022b): Deutscher Wetterdienst, Climate Data Center, <http://www.dwd.de/cdc> (Zugriff am 31.05.2022)

LAWA (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder 2017 (Kurztitel: LAWA Klimawandel-Bericht 2017). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

Mann, M.E., Rahmstorf, S., Kornhuber, K., Steinman, B.A., Miller, S.K., Petri, S., Coumou, D. (2018): Projected changes in persistent extreme summer weather events:

The role of quasi-resonant amplification. Science Advances 2018(4).

Michael E. Mann (2018): It's not rocket science: Climate change was behind this summer's extreme weather. In: The Washington Post, 2. November 2018.

MU (2018): Das Niedersächsische Wasserversorgungskonzept - Grundzüge des Konzeptes. https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/140631/2018-11-22_Wasserversorgungskonzept_Niedersachsen_MU_Vortrag.pdf (Zugriff am 19.03.2020)

Moravec, V., Markonis, Y., Rakovec, O., Svoboda, M., Trnka, M., Kumar, R., Hanel, M. (2021): Europe under multi-year droughts: how severe was the 2014–2018 drought period? Environ. Res. Lett. 16, 034062

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

MU (2022): Wasserversorgungskonzept Niedersachsen. <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/wasserversorgungskonzept/wasserversorgungskonzept-niedersachsen-210626.html> (Zugriff am 31.05.2022)

MU/DWD Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz & Deutscher Wetterdienst (2018): Klimareport Niedersachsen – Fakten bis zur Gegenwart, Erwartungen für die Zukunft. Hannover.

Müller, U., Waldeck, A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Geoberichte 19, Hannover.

NLWKN (2014): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN), Güte- und Standsmessnetz Grundwasser. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 18, Norden.

Scheihing, K. W. (2019): Klimawandel in Niedersachsen und mögliche Folgen für die Grundwasserbewirtschaftung: ein Review. Hydrologie und Wasserwirtschaft 63(2), 85-97.

Schönthaler, K. (2019): Indikator-Factsheet: Grundwasserstand und Quellschüttung. Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie - Indikator-Factsheets zum Handlungsfeld Wasser WW-I-1. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/ww-i-1_indikator_grundwasserstand_2019_0.pdf (Zugriff am 17.03.2020)

NLWKN (2019): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation im Trockenjahr 2018. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 36, Norden.

NLWKN (2020): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation in den

Trockenjahre 2018 und 2019. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 41, Norden.

NLWKN (2021): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2020. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 48, Norden.

Wunsch, A., Liesch, T. & Broda, S. (2022): Deep learning shows declining groundwater levels in Germany until 2100 due to climate change. - Nat Commun 13, 1221. doi: 10.1038/s41467-022-28770-2

WWA: World Weather Attribution (2018): Heatwave in northern Europe, summer 2018. <https://www.worldweatherattribution.org/attribution-of-the-2018-heat-in-northern-europe/> (Zugriff am 16.03.2020)

WWA: World Weather Attribution (2019): Human Contribution to the record-breaking July 2019 heat wave in Western Europe. <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/July2019heatwave.pdf> (Zugriff am 16.03.2020)

Impressum



Herausgeber

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

NLWKN Direktion
Am Sportplatz 23
26506 Norden
Telefon: (04931) 947 – 249
E-Mail: pressestelle@nlwkn.niedersachsen.de
www.nlwkn.niedersachsen.de

Autoren

Dr. Gunter Wriedt, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Koordination Grundwasserbericht Niedersachsen

Christel Karfusehr, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Unter Mitwirkung von

M. Tenschert, NLWKN Betriebsstelle Sulingen
R. te Gempt, NLWKN Betriebsstelle Meppen
H. Schültken, NLWKN Betriebsstelle Hannover/Hildesheim
D. de Vries, NLWKN Betriebsstelle Aurich
J. Golon, NLWKN Betriebsstelle Stade
T. Hartung, NLWKN Betriebsstelle Süd
G. Nickel, NLWKN Betriebsstelle Lüneburg
H. Ohlebusch, NLWKN Betriebsstelle Verden
Dr. H. Sievers, NLWKN Betriebsstelle Brake/Oldenburg
C. Karfusehr, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Gestaltung

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz,
Gunter Wriedt

Stand

28.06.2022

1. Auflage: Juni 2022, 400 Stück