

NLWKN.
Für Mensch und Umwelt.
Für Niedersachsen.

Grundwasserbericht Niedersachsen -
Sonderausgabe zur Grundwasserstands-
entwicklung im Jahr 2022



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 2019ff). Die Grundwasserstandsentwicklung wird dabei über verschiedene Kenngrößen und Indikatoren aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt. Der hier vorliegende Bericht zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2022 ist der nunmehr fünfte Sonderbericht im Rahmen des Grundwasserberichts Niedersachsen.

Auch in der aktuellen Ausgabe wurden Methoden und Inhalte weiterentwickelt und angepasst. 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 2022 (November 2021 bis Oktober 2022). Dazu wurden die Grundwasserstandsdaten von insgesamt 1391 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 von ‚extrem hoch‘ bis ‚extrem niedrig‘ 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 Median (=50%-Quantil) der jeweils ausgewerteten Messstellen berechnet.

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 NHN angegeben.

Für die Darstellung der klimatischen Randbedingungen und des Witterungsverlaufs wurden Klimadaten aus dem Klimadatenzentrum des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2023 a) verwendet. Im Einzelnen waren dies die Regionaldaten für Niedersachsen zu Niederschlag, Temperatur und Sonnenscheindauer, Rasterdaten zur Niederschlagsverteilung, sowie stationsbezogene Tageswerte von Niederschlag, maximaler und minimaler Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Sonnenscheindauer. Die potentielle Verdunstung wurde für Stationsdaten als FAO-Grasreferenzverdunstung nach dem Verfahren von Penman-Monteith

(Allen et al., 1995) aus den Daten des DWD berechnet. Für die Regionaldaten Niedersachsen wurde die Verdunstung nach dem Verfahren von Turc (1961) berechnet. Die klimatischen Wasserbilanzen wurde monatsweise als Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung ermittelt und auf Jahreswerte aggregiert. Zusätzlich wurden für jedes Jahr die Wasserüberschüsse und Wasserdefizite der klimatischen Wasserbilanz separat aufsummiert.

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

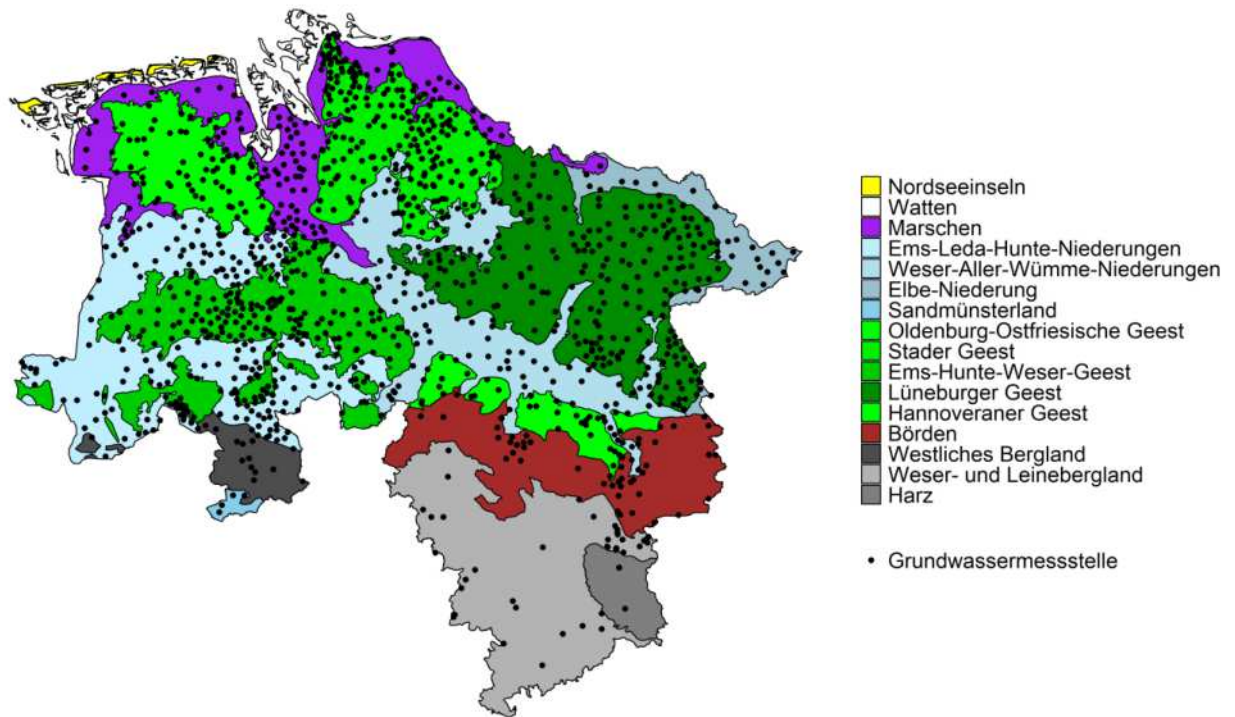


Abbildung 1: Der Auswertung zugrunde gelegte naturräumliche Einteilung Niedersachsens in Auswerteregionen und Lage der Grundwassermessstellen.



Abbildung 2: Lage der exemplarisch ausgewählten Grundwassermessstellen für Einzeldarstellungen.

Meteorologische Situation 2022

Im Winter 2021/2022 zeichnete sich insbesondere der Februar durch deutlich überdurchschnittliche Niederschlagsmengen aus. (DWD, 2022 a). Im Frühling gestaltete sich der April recht niederschlagsreich, im Mai setzte sich dann wieder eine trockene Witterung durch. (DWD 2022 b). Im Sommer wurde die Trockenheit nur vereinzelt durch Starkniederschlagsereignisse unterbrochen. Insgesamt gehört der Sommer 2022 zu den trockensten Sommern seit Aufzeichnungsbeginn. (DWD 2022 c). Im Herbst beendete ein sehr nasser September die trockenen Witterungsverhältnisse (DWD 2022 d). Im Winter 2022/2023 traten erneut feuchte Verhältnisse mit einem Niederschlagsüberschuss vor allem im Dezember und Januar auf (DWD 2023 a).

Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der Niederschläge, der klimatischen Wasserbilanzen und der Jahressummen der klimatischen Wasserüberschüsse bzw. -defizite in Niedersachsen, basierend auf Daten des DWD (2023b, ergänzt durch eigene Berechnungen). Die Trennung der klimatischen Wasserbilanz in die Wasserüberschüsse und Defizite ermöglicht eine grobe Abschätzung der saisonalen Verhältnisse zwischen Sommer- und Winterhalbjahr. Positive klimatische Wasserbilanzen sind ein Maß für den Wasserüberschuss, der für den Oberflächenabfluss, die Auffüllung der Bodenwasserspeicher und die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Als extreme Dürrejahre treten hier insbesondere die Jahre 1959, 2018 und 2022 mit geringen Niederschlägen und deutlich negativen Wasserbilanzen hervor. Auch feuchtere Phasen (z.B. zwischen 1980 und 2010) und trockenere Phasen (z.B. 70er Jahre) der Vergangenheit lassen sich gut nachvollziehen. In der jüngeren Vergangenheit ist nach 2010 eine Phase unterdurchschnittlicher Niederschläge und klimatischer Wasserbilanzen zu verzeichnen, die nur 2010 und 2017 unterbrochen wurde. Das Vorjahr 2021 wies allenfalls

durchschnittliche Verhältnisse auf. Mit Bezug auf die Niederschlagsmengen steht 2022 an neunter Stelle seit 1950, mit Bezug auf die Wasserbilanz ist 2022 das dritttrockenste Jahr seit 1950 in Niedersachsen.

Die räumliche Verteilung der Niederschläge weist im Durchschnitt einen deutlichen Gradienten von Nordosten (> 800 mm/a) nach Südosten (< 600 mm/a) auf. In den Bergregionen herrschen je nach Exposition und Höhenlage sehr differenzierte Niederschlagsverhältnisse, die höchsten Niederschläge treten im Harz mit > 1000 mm/a auf (Abbildung 2). Die Jahresniederschlagsmenge blieb 2022 mit 621 mm/a (DWD 2023b) im Landesdurchschnitt 145 mm unter dem durchschnittlichen Niveau von 766 mm/a (1991-2020). Die durchschnittlichen großräumigen Unterschiede zeigen sich auch im Jahr 2022. Deutlich wird jedoch, dass die Differenz zum langjährigen Mittelwert von Norden nach Süden deutlich zunimmt, d.h. die Trockenheit fiel in den östlichen und südlichen Landesteilen stärker aus als in den küstennahen Regionen.

Am Beispiel der Klimastationen Großenkneten, Rotenburg (Wümme) und Wolfsburg (zur Lage siehe Abbildung 4) zeigt Abbildung 5 die Entwicklung der klimatischen Wasserbilanzen in Niedersachsen im Jahresverlauf für die hydrologischen Jahre 2018 bis 2022 im Vergleich zur mittleren Entwicklung im Referenzzeitraum 1991-2020. Ausgewählte Klimaparameter für diese Stationen enthält Tabelle 2.

Das LBEG hat im Frühjahr 2023 die Entwicklung der mittleren Grundwasserneubildung für Niedersachsen nach den Berechnungen mit dem Modell mGROWA22 veröffentlicht (LBEG 2023). Die in Abbildung 13 dargestellte Entwicklung der Grundwasserneubildung für Niedersachsen zeigt zu den hier dargestellten klimatischen Wasserbilanzen und Wasserüberschüssen plausible Übereinstimmungen im Verlauf.

Tabelle 2: Klimaparameter für ausgewählte Stationen (Datenquelle: DWD, 2023, Berechnungen NLWKN)

Station	Niederschlag (mm/a)				Klimatische Wasserbilanz (mm/a)			
	2022	2021	Mittelwert (MW) 1991-2020	Differenz 2022 zum MW 1991-2020	2022	2021	Mittelwert MW 1991-2020	Differenz 2022 zum MW 1991-2020
Großenkneten	638	755	797	160	86	282	310	224
Rotenburg (Wümme)	708	756	752	43	149	276	236	87
Wolfsburg	486	528	669	183	-136	0	111	247

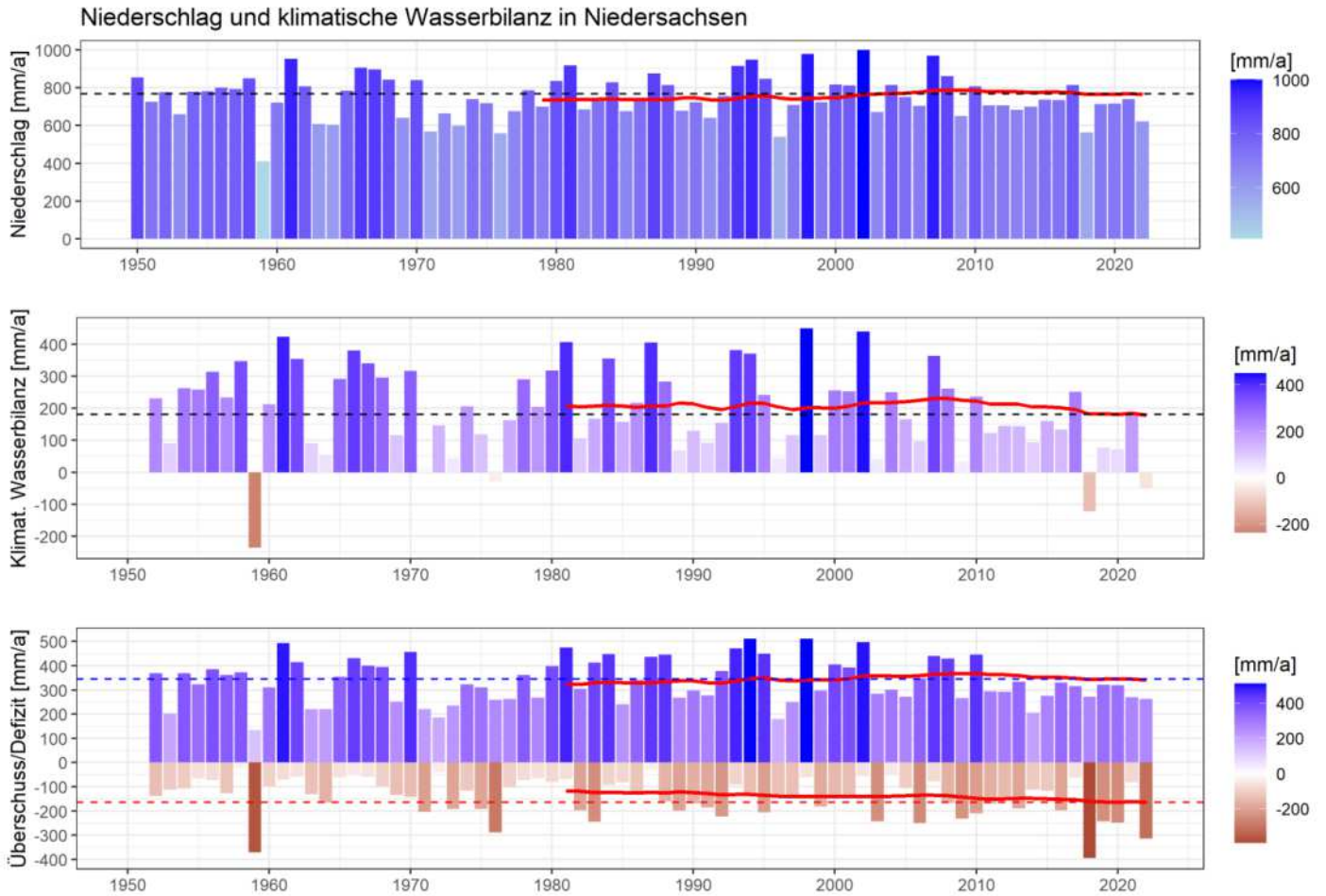


Abbildung 3: Entwicklung von Niederschlag, klimatischer Wasserbilanz und Wasserüberschüssen/Defiziten seit 1950. Rote Linien kennzeichnen den Verlauf des gleitenden 30-Jahres-Mittelwertes, gestrichelte Linien den Durchschnittswert im Referenzzeitraum 1991-2020. Datenbasis: Deutscher Wetterdienst (DWD 2023b, ergänzt durch eigene Berechnungen).

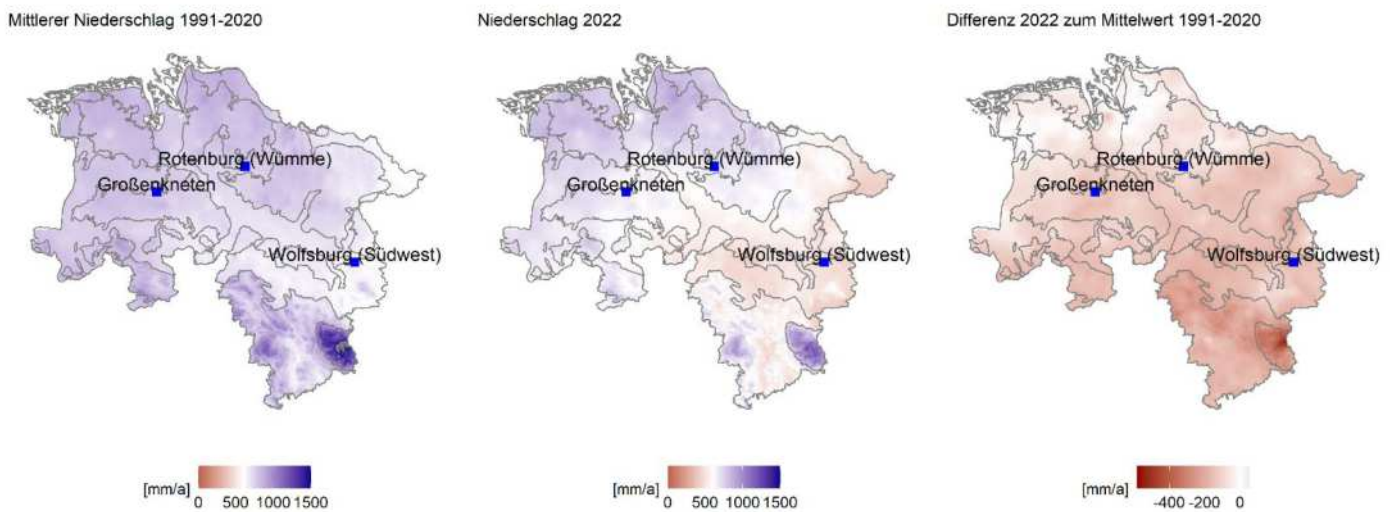


Abbildung 4: Niederschlagsverteilung in Niedersachsen und Lage der ausgewählten Klimastationen. Langjähriger Mittelwert (oben), Jahr 2022 (Mitte) und Differenz 2022 zum langjährigen Mittelwert (unten).

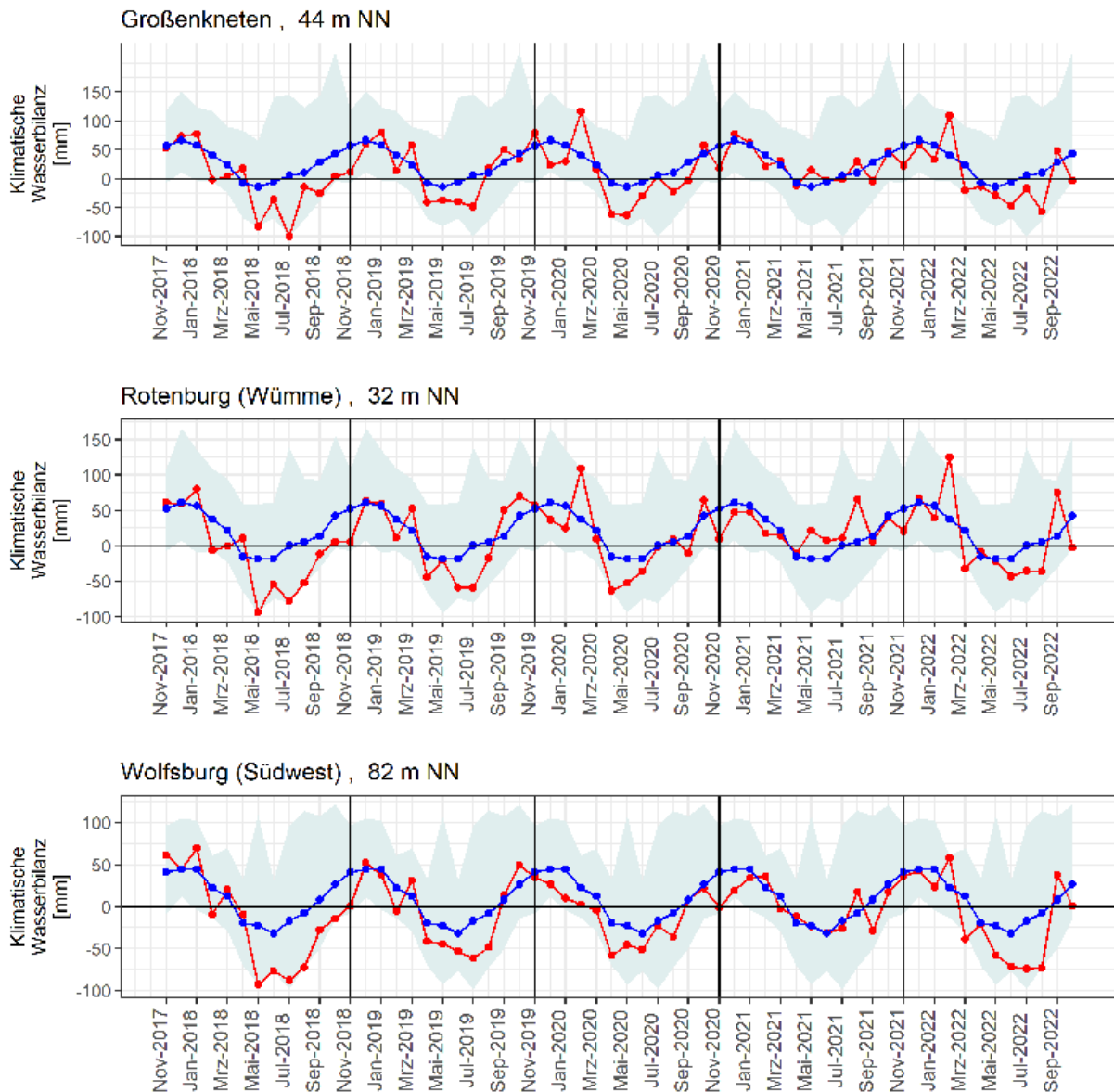


Abbildung 5: Niederschläge und klimatische Wasserbilanzen (Niederschlag - Verdunstung nach Penman-Wendling, z.T. interpoliert) für ausgewählte Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes in Niedersachsen. Rote Linie: Messwerte für die hydrologischen Jahre 2018-2022, blaue Linie: Monatsmittelwerte im Referenzzeitraum 1991-2020 (Datenbasis: Deutscher Wetterdienst (DWD 2023b), durch eigene Elemente ergänzt). Der schattierte Bereich kennzeichnet die Spannweite der Daten im Referenzzeitraum 1991-2020.

Grundwasserstandsverlauf im Jahr 2022

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 hyd-

raulischen 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.

Basierend auf der Abweichung zum langjährigen Monatsmittelwert zeigt Abbildung 6 die Entwicklung der Grundwasserstandssituation an den Messstellen im Verlauf des hydrologischen Jahres 2022:

Zu Beginn im November 2021 lagen die Grundwasserstände vor allem in Ost- und Südniedersachsen (Lüneburger Geest, Hannoveraner Geest, Börden, Weser- und Leinebergland, Westliches Bergland) auf einem sehr niedrigen bis extrem

niedrigen Niveau, während die Ausgangssituation im westlichen und nördlichen Niedersachsen überwiegend mit Grundwasserstandsklassen auf normalem Niveau geprägt war

Im Laufe des Winterhalbjahres entspannte sich die Situation merklich und normal eingestufte Grundwasserstände setzten sich mit Ausnahme des östlichen und südlichen Niedersachsens durch. Zeitweise wurden in vielen Messstellen auch sehr hohe bis extrem hohe Grundwasserstände erreicht.

Ab Mai setzten sich im Laufe des Sommers von Südost nach Nordost fortschreitend zunehmend tiefere Grundwasserstände durch. Im September zeigten sich von Nord nach Süd zunehmend tiefere Grundwasserstandsverhältnisse mit normalen bis sehr niedrigen Grundwasserständen im Norden, niedrigen bis extrem niedrigen Grundwasserständen in der Mitte und sehr niedrigen bis extrem niedrigen Grundwasserständen im Süden. Im Oktober entspannte sich die Situation mit einsetzenden Winterniederschlägen insbesondere im nördlichen Niedersachsen, wo sich schnell normale Grundwasserstandsniveaus durchsetzten, während die Situation im übrigen Niedersachsen weitgehend unverändert blieb.

Hinter den einzelnen Grundwasserstandsklassen können sich messstellenspezifisch sehr unterschiedliche absolute Abweichungsbeträge vom jeweiligen Monatsmittel verbergen. Grundsätzlich zeigten die absoluten Abweichungsbeträge ähnliche räumliche Verteilungen und den gleichen saisonalen Ablauf wie die Grundwasserstandsklassen (Abbildung 7).

Diese Entwicklung wird auch im landesweit gemittelten Jahresgang der Grundwasserstände deutlich (siehe Titelgrafik). Im Frühjahr wurden Grundwasserstände auf dem Niveau von 2020 und oberhalb des Niveaus von 2021 erreicht, die aber weiterhin unterhalb der Durchschnittswasserstände lagen. Im Verlauf des Sommers erfolgte eine deutliche Absenkung bis September auf das Niveau der bisherigen Tiefststände und deutlich unter dem Niveau der Vorjahre 2020 und 2021.

Ergänzend zeigt Abbildung 8 den mittleren Jahresgang für die einzelnen Auswerteregionen. Auch in diesen Daten werden die großräumigen Unterschiede innerhalb Niedersachsens deutlich. In den Geestregionen Nord- und Westniedersachsens, den Bergregionen und den Niederungsregionen bleiben die Grundwasserstände trotz deutlicher Absenkungen weitgehend innerhalb der bisherigen Spannweite und ähneln der Entwicklung 2020. In den Geestregionen Ostniedersachsens (Hannoveraner Geest, Lüneburger Geest) und den Börden lagen die Grundwasserstände im Sommerhalbjahr deutlich unterhalb der bisherigen Minimalwerte und auch unterhalb der Werte von 2020 und 2021.

Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen typische Grundwasserstandsverläufe der hydrologischen Jahre 2020 bis 2022 für ausgewählte Grundwassermessstellen.

Die Messstellen Kreyenburg und Föckinghausen repräsentieren Messstellen der Marsch- und Niederungsregionen mit überwiegend geringen Grundwasserflurabständen. Die Grundwasserstände zeigten im Winter 2021/2022 zunächst einen ausgeprägten Wiederanstieg auf ein normales bis sehr hohes Niveau. Im April lagen die Grundwasserstände auf einem ähnlichen Niveau wie im Jahr 2021. Bis September sanken die Grundwasserstände dann deutlich auf ein sehr niedriges bis extrem niedriges Niveau ab. Eine Verzögerung durch sommerliche Niederschläge wie im Vorjahr fand nicht statt. Die Tiefststände blieben jedoch geringfügig oberhalb der Tiefststände von 2019.

Die Grundwasserstandsverläufe der Messstellen Berkel, Bossel, Fuhrberg Süd und Soltau-Tetendorf stehen stellvertretend für Geestregionen mit guten Neubildungsbedingungen (siehe NLWKN 2020). Der Jahresgang folgt auch hier einer deutlichen saisonalen Dynamik, die Maxima werden zwischen Februar und April erreicht, die Minima im August oder September. Während der Anstiegsphase lagen die Grundwasserstände deutlich über dem Niveau des Vorjahres, in der Absinkphase wurden die Grundwasserstände des Vorjahres jedoch deutlich unterschritten. Lediglich in Bossel konnte sich der Verlauf über dem Niveau des Vorjahres halten. Die Unterschreitung der Vorjahresstände fällt dabei sehr unterschiedlich aus. Die Tiefststände von 2019 wurden mit Ausnahme der Messstelle Fuhrberg-Süd nicht unterboten.

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 (siehe NLWKN 2020). Die Jahresmaxima werden erst zwischen April und Juni erreicht, die Jahresminima erst im jeweils darauffolgenden hydrologischen Jahr zwischen November und Februar. Für die Messstellen Rechterfeld und Uthlede im Westen bzw. im Norden Niedersachsens lagen die Grundwasserstände inklusive der Jahresendstände deutlich höher als in den Vorjahren. Auch wenn die Grundwasserstände als normal bzw. niedrig einzustufen sind, zeigte sich hier trotz der trockenen Verhältnisse 2022 eine Verbesserung der Situation.

Im Gegensatz dazu lagen die Grundwasserstände in den Messstellen Becklingen und Räderloh II in Ostniedersachsen über große Teile des Jahres und auch zum Jahresende unterhalb der Vorjahresniveaus und ganzjährig unterhalb der langjährigen Tiefstwerte bis 2020. Hier zeigt sich eine weitere Absenkung der Grundwasserstände in den letzten Jahren.

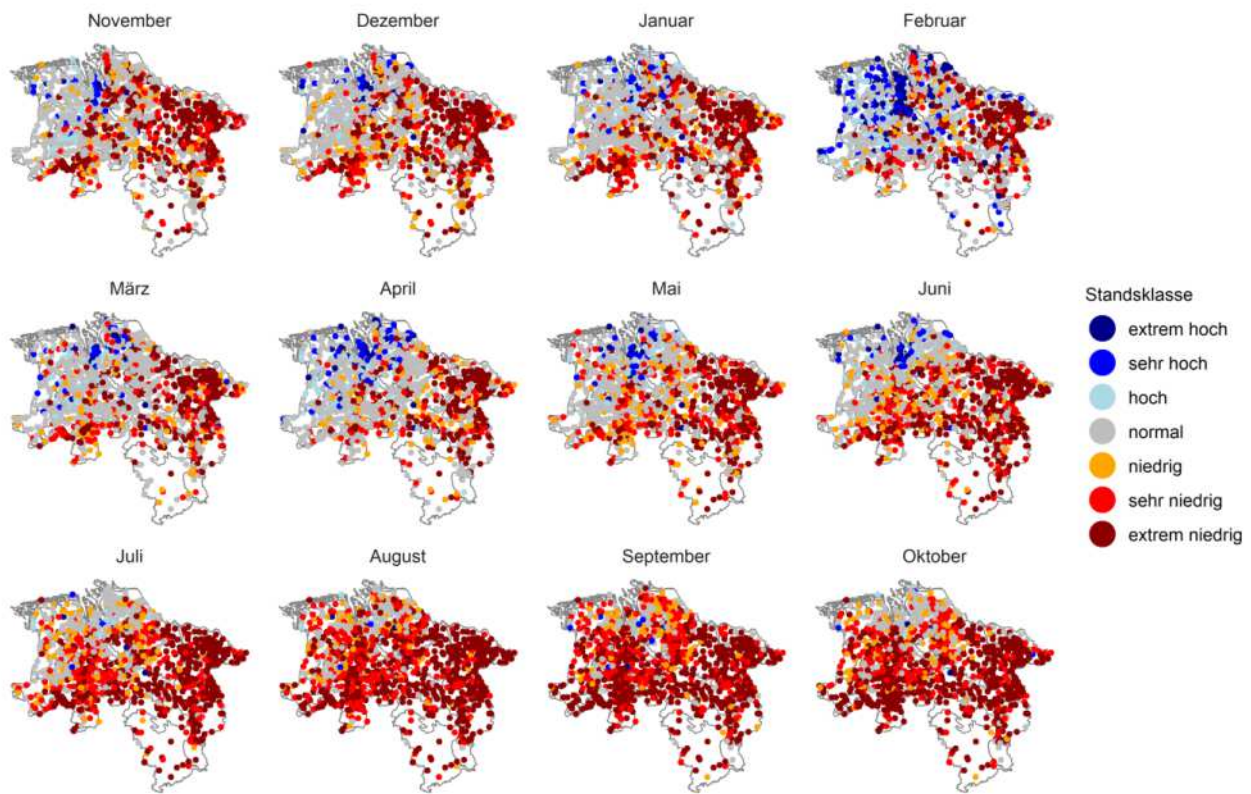


Abbildung 6: Grundwasserstandsklasse nach Monat im hydrologischen Jahr 2022. Bezugsgröße ist für jede Messstelle der Monatswasserstand im Vergleich zur Quantilverteilung der jeweiligen Monatswasserstände im Referenzzeitraum.

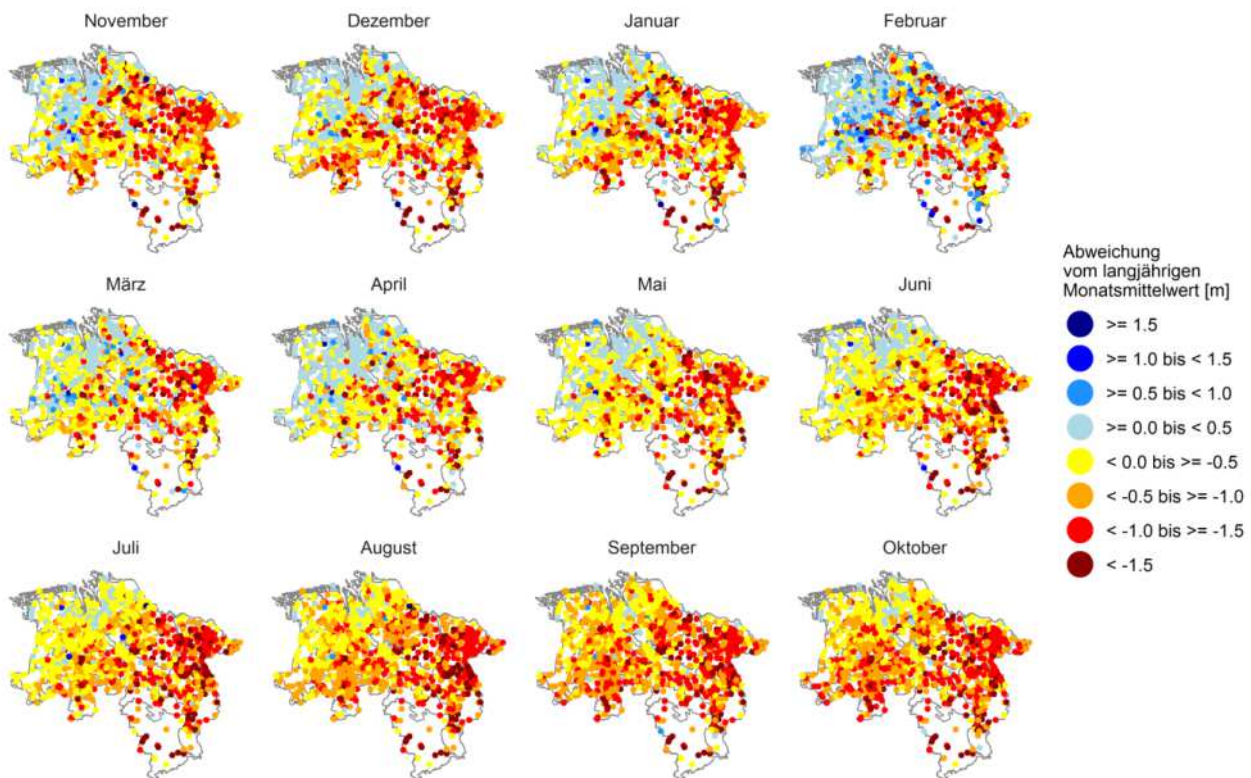


Abbildung 7: Abweichung des monatlichen Grundwasserstandes vom langjährigen Mittel des monatlichen Grundwasserstandes in Meter für das hydrologische Jahr 2022.

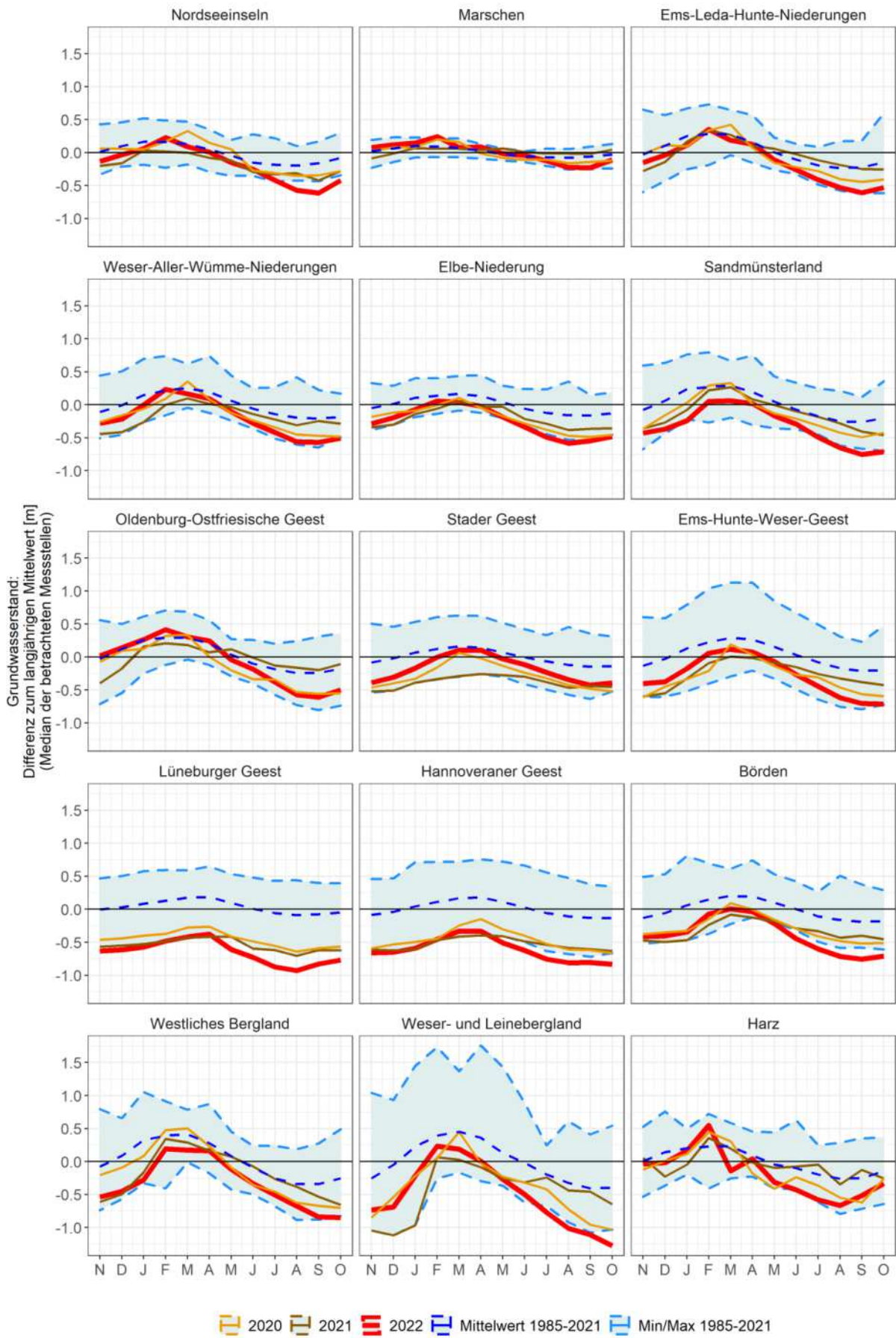


Abbildung 8: Jahresverlauf der Grundwasserstände 2022 in den betrachteten Auswerteregionen.

Die Messstellen Holthusen I und Schneflingen II aus dem östlichen und südlichen Niedersachsen befinden sich im Absenkungsbereich von Grundwasserentnahmen aus tieferen, gespannten Grundwasserleitern für landwirtschaftliche Bewässerung. Die Grundwasserentnahme während der Bewässerungsperiode im Sommer führt hier zu einer deutlichen Absenkung des Druckpotentials. Im gespannten Grundwasserleiter entspricht der in der Messstelle registrierte Grundwasserstand einem Druckpotential, die tatsächliche Grundwasser Oberfläche wird dagegen durch die Untergrenze der darüber liegenden Geringleiter bestimmt. In 2022 war die entnahmebedingte Druckabsenkung in diesen Messstellen deutlich höher als in den Vorjahren 2020 und 2021 und spiegelt damit die trockeneren Verhältnisse in 2022 und den erhöhten Beregnungsbedarf wieder. Die sommerliche Absenkung stellt ein künstliches Signal dar und wird über die Förderleistung und Betriebsdauer der Entnahmepumpen geregelt. Die Tiefststände sind daher kein Maß für die Veränderung der Grundwasservorräte. Aussagekräftiger sind in diesen Messstellen die Maximalwerte, die einen Grundwasserstand/Druckpotential nach erfolgtem Druckausgleich repräsentieren. Hier zeichnet sich ebenfalls eine Tendenz zu sinkenden Grundwasserständen/Druckpotentialen über die letzten Jahre ab. 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.

Die Bergregionen werden hier nicht durch Einzelmessstellen repräsentiert, da aufgrund der kleinräumig stark differenzierten hydrogeologischen Gegebenheiten sehr unterschiedliche Entwicklungsmuster auftreten können.

In den exemplarisch dargestellten Grundwassermessstellen wird damit für das Jahr 2022 ein aufgrund der Trockenheit 2022 deutlich akzentuierter Jahresgang mit hohen Absenkungen im Sommerhalbjahr deutlich. Die erreichten Endstände im Oktober variieren dabei abhängig von lokalen hydrogeologischen Gegebenheiten und großräumig unterschiedlichen Witterungsverhältnissen.

Die Abhängigkeit der Grundwasserstandsdynamik von hydrogeologischen Einflüssen wird in vielen Auswertungen deutlich. Eine zusammenhängende Darstellung der wesentlichen Zusammenhänge erfolgt im Abschnitt „Hydrogeologische Zusammenhänge der Grundwasserdynamik“.

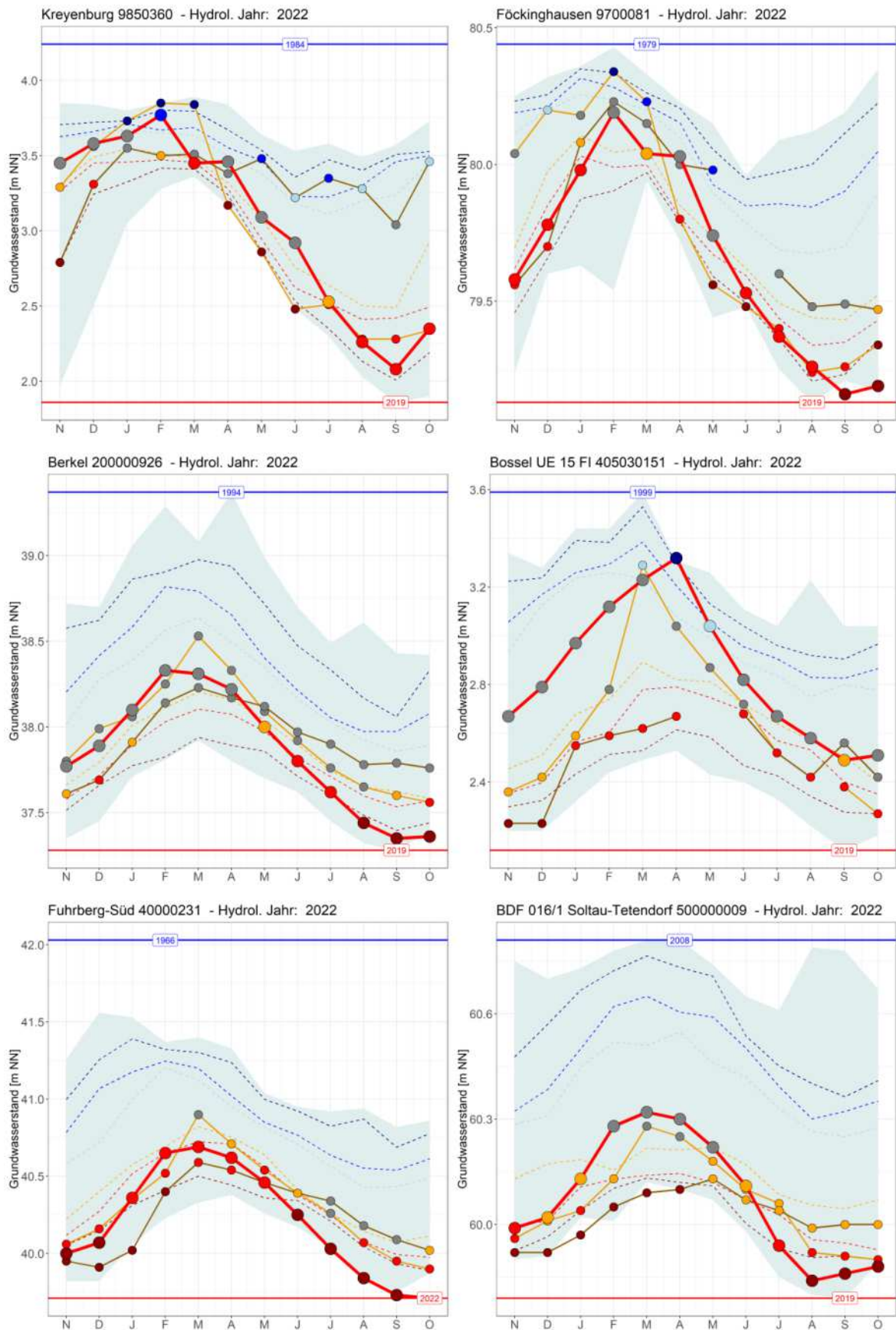


Abbildung 9: Grundwasserstandsentswicklung 2020 (hellorange), 2021 (orange) und 2022 (rot) an ausgewählten Grundwassermessstellen, Teil 1. Die blauen und roten Linien kennzeichnen die Grenzen der Grundwasserstandsklassen. Der schattierte Bereich kennzeichnet die Spannweite der Daten im Referenzzeitraum 1991-2020. Zu beachten sind die unterschiedlichen Spannweiten (y-Achse) der Grundwasserstände. Legende der Punkte analog zu Abbildung 6.

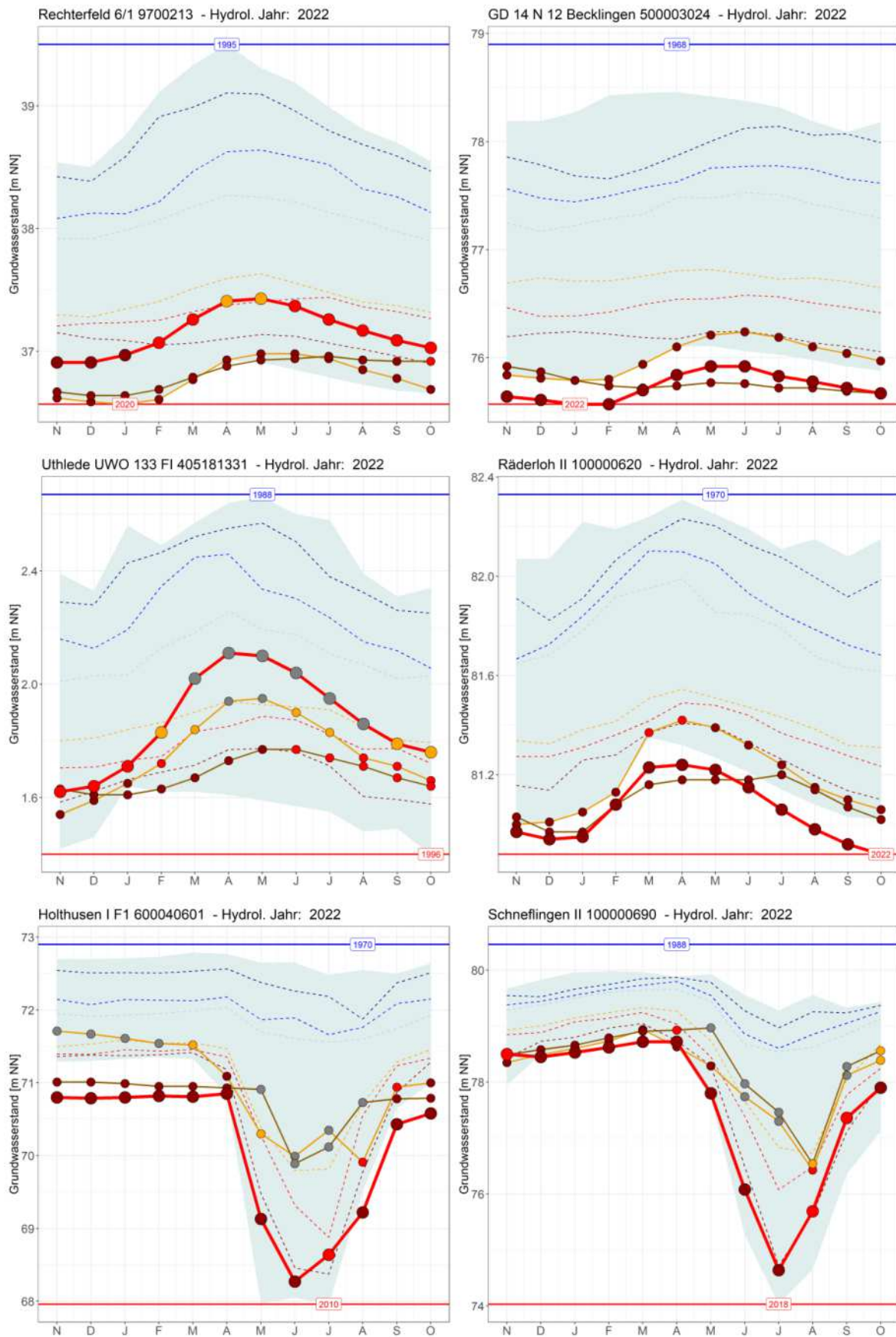


Abbildung 10: Grundwasserstandsentwicklung 2020 (hellorange), 2021 (orange) und 2022 (rot) an ausgewählten Grundwassermessstellen, Teil 2. Die blauen und roten Linien kennzeichnen die Grenzen der Grundwasserstandsklassen. Der schattierte Bereich kennzeichnet die Spannweite der Daten im Referenzzeitraum 1991-2020. Zu beachten sind die unterschiedlichen Spannweiten (y-Achse) der Grundwasserstände. Legende der Punkte analog zu Abbildung 6.

Grundwasserstandssituation 2022

In der vorliegenden Auswertung auf Basis von 1389 Messstellen ab dem Jahr 1985 erreichten im Jahr 2022 416 Messstellen (30%) ihren tiefsten Grundwasserstand (Abbildung 11). Auf die extremen Dürrejahre 2018 und 2019 entfallen insgesamt 611 (= 44 %) Messstellen. Im Bericht für das Jahr 2019 (NLWKN 2020) erreichten noch 64% der Messstellen historische Tiefstwerte in den Doppeldürrejahren 2018 und 2019. Damit verschieben sich für einen erheblichen Teil der Messstellen historische Tiefstwerte von den Jahren 2018/2019 auf das Berichtsjahr 2022. Dies ist in einem nicht unerheblichen Anteil an Messstellen auf eine sich seit 2018 über mehrere Jahre fortsetzende Grundwasserstandsabsenkung zurückzuführen. Diese Verschiebung zeigt sich auch im Vergleich der Auswerteperioden 1985 – 2021 (Abbildung

11, blau) und 1985 – 2022 (grün). So erreichten in der Betrachtung der Jahre 1985 -2021 242 Messstellen (= 17 %) ihren historisch tiefsten Grundwasserstand im Jahr 2021. In der aktuellen Auswertung 1985 - 2022 entfallen auf das Jahr 2021 nur noch 59 Messstellen (4%), die übrigen 183 Messstellen erreichten im Jahr 2022 ihre historischen Tiefststände und unterboten die Grundwasserstände des Vorjahres.

Bei der Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass bei einem Teil der Messstellen der Rückgang des Grundwasserstands erst in den ersten Monaten des jeweils nachfolgenden hydrologischen Jahres abgeschlossen wird. Ein Teil der historischen Tiefststände entfällt damit auf Nachläufer aus dem Vorjahr bzw. wird erst im Folgejahr registriert. Dies ändert jedoch nichts an der grundsätzlichen Aussage, auf eine detailliertere Auswertung und Diskussion wird daher verzichtet.

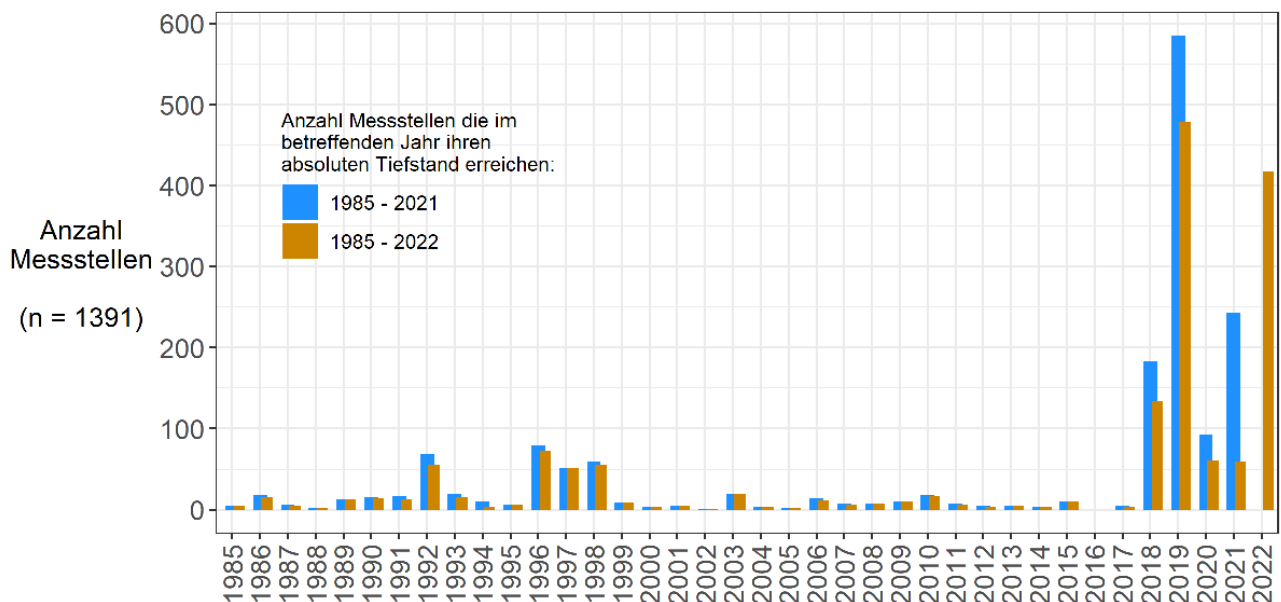


Abbildung 11: Eintritt der Grundwassertiefststände für den Zeitraum 1985-2022 im Vergleich zum Zeitraum 1985-2021 getrennt nach Eintritt im Sommer- oder Winterhalbjahr.

2022 lagen die Jahrestiefstände im Median 0,29 m unterhalb der mittleren Jahrestiefstände im Referenzzeitraum 1991 – 2020 (Tabelle 3). Die größten Unterschreitungen (Medianwert) fanden sich in der Lüneburger Geest (-0,71 m), der Hannoveraner Geest (-0,62 m) und den Börden (-0,46 m). Die geringsten Unterschreitungen entfielen auf die Marschregionen (-0,06 m), den Harz (-0,18 m), die Oldenburgisch-Ostfriesische Geest (-0,21 m) und die Ems-Leda-Hunte-Niederung (-0,23 m).

Die Jahreshöchststände unterschritten den mittleren Jahreshöchststand im Landesmedian um 0,15 m. Die höchsten Unterschreitungen traten in der Hannoveraner Geest (-0,64 m), der Lüneburger Geest (-0,58 m) und dem Weser- und Leinebergland (-0,51 m) auf. Die kleinsten Abweichungen mit zwei Überschreitungen gab es in den Marschen (+0,06 m), der Oldenburgisch-Ostfriesische Geest (+0,04 m) und der Ems-Leda-Hunte-Niederung (-0,04 m).

Neben den mittleren Abweichungen ist vor allem die Spannweite von Bedeutung, denn 50 Prozent der Messstellen wei-

sen gegenüber den genannten Beträgen größere Unterschreitungen auf. Das 25%-Quantil der Abweichung vom mittleren Jahrestiefstand liegt landesweit bei -0,55 m, mit regionalen Abweichungen zwischen -0,14 m bis -1,0 m.

Das 25%-Quantil der Abweichung vom mittleren Jahreshochstand liegt landesweit bei -0,45 m, mit regionalen Abweichungen zwischen 0 m bis -1,24 m.

Tabelle 3: Differenz der Jahrestief- und -hochstände 2022 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	-0,4	-0,36	-0,33	-0,08	0,17	-0,21	-0,12	-0,04	0,11	0,25
Marschen	-0,68	-0,14	-0,06	0	0,22	-0,5	0	0,06	0,12	0,29
Ems-Leda-Hunte-Niederungen	-0,8	-0,31	-0,23	-0,14	0,09	-1,05	-0,18	-0,04	0,05	0,31
Weser-Aller-Wümme-Niederungen	-1,5	-0,4	-0,26	-0,15	0,45	-0,85	-0,25	-0,12	0,04	0,51
Elbe-Niederung	-1,05	-0,51	-0,31	-0,22	-0,01	-0,9	-0,32	-0,18	0,01	0,12
Oldenburg-Ostfriesische Geest	-0,86	-0,26	-0,21	-0,08	0,46	-0,47	-0,04	0,04	0,09	0,99
Ems-Hunte-Weser-Geest	-1,21	-0,55	-0,34	-0,19	0,22	-1,47	-0,46	-0,2	0,04	5,04
Stader Geest	-1,86	-0,41	-0,25	-0,09	1,29	-1,81	-0,3	-0,1	0,04	1,49
Lüneburger Geest	-4,31	-1	-0,71	-0,48	0,1	-2,21	-0,83	-0,58	-0,31	0,48
Hannoveraner Geest	-1,14	-0,74	-0,62	-0,28	-0,03	-1,22	-0,8	-0,64	-0,23	0,19
Börden	-1,82	-0,63	-0,46	-0,19	0,07	-2,37	-0,83	-0,38	-0,19	0,08
Westliches Bergland	-1,34	-0,53	-0,34	-0,3	0,13	-2,12	-1,24	-0,28	-0,2	0,01
Sandmünsterland	-0,85	-0,52	-0,28	-0,15	-0,14	-0,56	-0,45	-0,25	-0,09	-0,07
Weser- und Leinebergland	-6,88	-0,89	-0,4	-0,16	1,29	-8,36	-0,82	-0,51	-0,05	1
Harz	-1,18	-0,47	-0,18	-0,09	0,02	-0,15	-0,14	-0,06	0,05	0,13
Niedersachsen	-6,88	-0,55	-0,29	-0,14	1,29	-8,36	-0,45	-0,15	0,04	5,04
Differenz = Mittlerer Jahrestiefstand – Jahrestiefstand; d.h. negative Werte kennzeichnen Unterschreitungen des mittleren Jahrestiefstands, positive Werte Überschreitungen.										

Langzeitentwicklung der Grundwasserstände

Die Entwicklung der Grundwasserstände seit 1961 weist deutliche und mehrjährige Hoch- und Tiefstandsphasen auf. Abbildung 12 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. In den Jahren 2020 und 2021 zeigte sich im landesweiten Mittel eine geringfügige Erholung der Grundwasserstände bei günstigeren Witterungsbedingungen. Dabei zeigten sich jedoch regional und hydrogeologisch differenzierte Entwicklungsmuster. Deutliche Erholungen zeigten sich auf grundwassernahen Standorten (Niederungsbereiche). Auf grundwasserfernen Standorten (Geestgebiete) dagegen erholten sich die Grundwasserstände auf einem tieferen Niveau geringfügig, stabilisierten sich oder sanken in Teilen (z.B. viele Geestmessstellen in Ostniedersachsen) weiter ab. Der Jahresmittelwert 2022 liegt weiterhin auf einem tiefen Niveau, geringfügig unter dem Wert des Vorjahres. Aufgrund der Trockenheit im Sommer 2022 sanken die Grundwasserstände zum Herbst vielerorts auf Niveaus vergleichbar der Tiefstände von 2019 oder 2020 (z.T. auch darunter) ab.

Die Trockenheit 2022 wird im Jahresmittel nicht deutlich erkennbar, da die Sommertiefstände durch die Winterhochstände im landesweiten Jahresmittel weitgehend ausbalanciert werden.

Diese Entwicklung korrespondiert dabei sehr anschaulich auch mit der Dynamik der Grundwasserneubildung, wie sie vom LBEG für den Zeitraum 1961-2020 auf Basis des Modells mGROWA22 veröffentlicht wurden (LBEG, 2023). Jahre mit hohen bzw. sehr niedrigen Neubildungsraten führen dabei zu korrespondierenden Grundwasserstandsveränderungen (Abbildung 13).

Unklar ist, inwiefern die Grundwasserstandsentwicklung in den Zeiträumen vor 1980 als landesweit repräsentativ ange-

sehen werden kann, da die Messstellenanzahl deutlich geringer ist und Messstellen möglicherweise auch im Zusammenhang mit der Einrichtung großer Wassergewinnungsgebiete errichtet wurden. Zusätzlich führten Flurbereinigung, Moorkultivierung, Gewässerumbau und der Ausbau der Feldberegnung in Ostniedersachsen zu großräumig wirksamen Umgestaltungen der Landschaft und des Wasserhaushalts statt. Jedoch zeigt auch Grundwasserstandsdynamik der 60er und 70er Jahre zeigt grundsätzlich eine gute Übereinstimmung mit der Dynamik der Grundwasserneubildung nach den Auswertungen des LBEG.

Abbildung 14 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-Niederung, Sandmünsterland, Oldenburg-Ostfriesische Geest und 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-Niederung, Oldenburg-Ostfriesische Geest annähernd wieder erreicht. Dagegen kam es nach einer geringfügigen Erholung 2020 in den Regionen Stader Geest, Hannoveraner Geest, Börden, Westliches Bergland und 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 15 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.

Während 2020 und 2021 leichte Entspannungen vor allem im Westen und Norden Niedersachsens eintraten, verschlechterte sich die Situation 2022 wieder deutlich.

Abbildung 16 zeigt die langjährige Grundwasserstandsentwicklung mit den Über- und Unterschreitungen der mittleren Jahreshoch- und Tiefstände an exemplarisch ausgewählten Grundwassermessstellen. Auch hier wird der nachhaltige Einfluss der Trockenjahre 2018 und 2019 auf die Grundwasserstandsniveaus der Folgejahre deutlich. In den Folgejahren zeigen sich in diesen Messstellen aufgrund der standörtlichen Verhältnisse und der regional unterschiedlichen Witterungsdynamik unterschiedliche Entwicklungen, die sowohl eine weitgehende oder teilweise Regeneration, als auch stabile Verhältnisse auf niedrigem Niveau und weitere Absenkungen beinhalten.

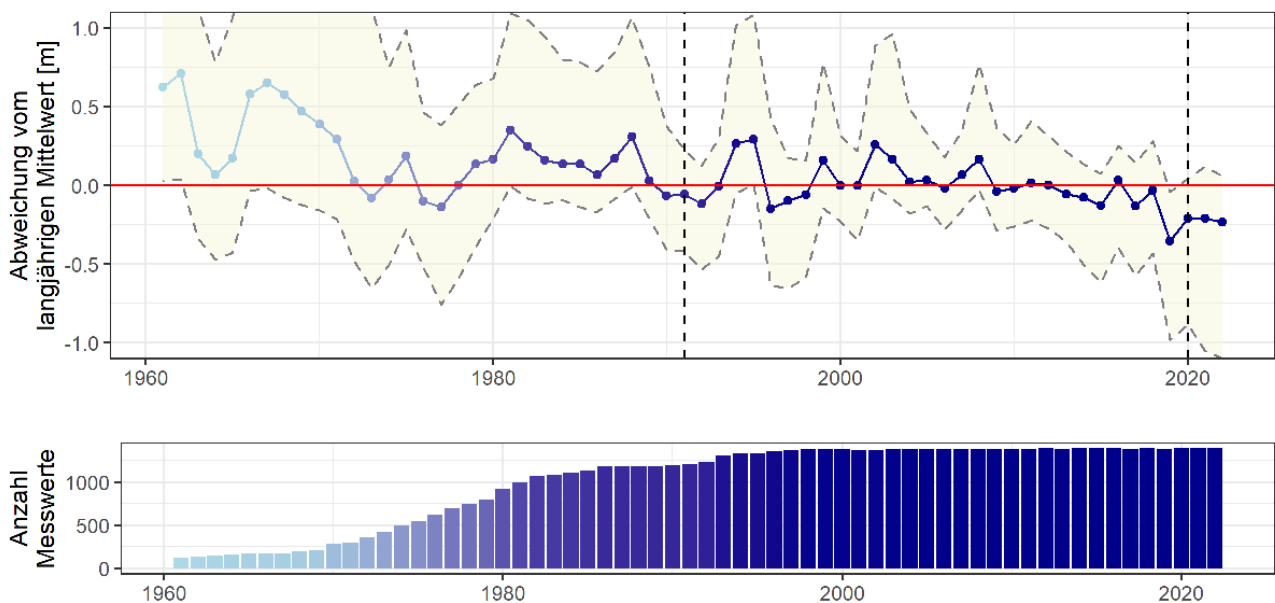


Abbildung 12: Oben: Mittlere Grundwasserstandsentwicklung in Niedersachsen ab 1960 als Abweichung vom mittleren Grundwasserstand (blau) im Referenzzeitraum (1991-2020, schwarz gestrichelt). Unten: Anzahl der Messstellen mit Standsdaten im ausgewerteten Messstellenpool seit 1960.

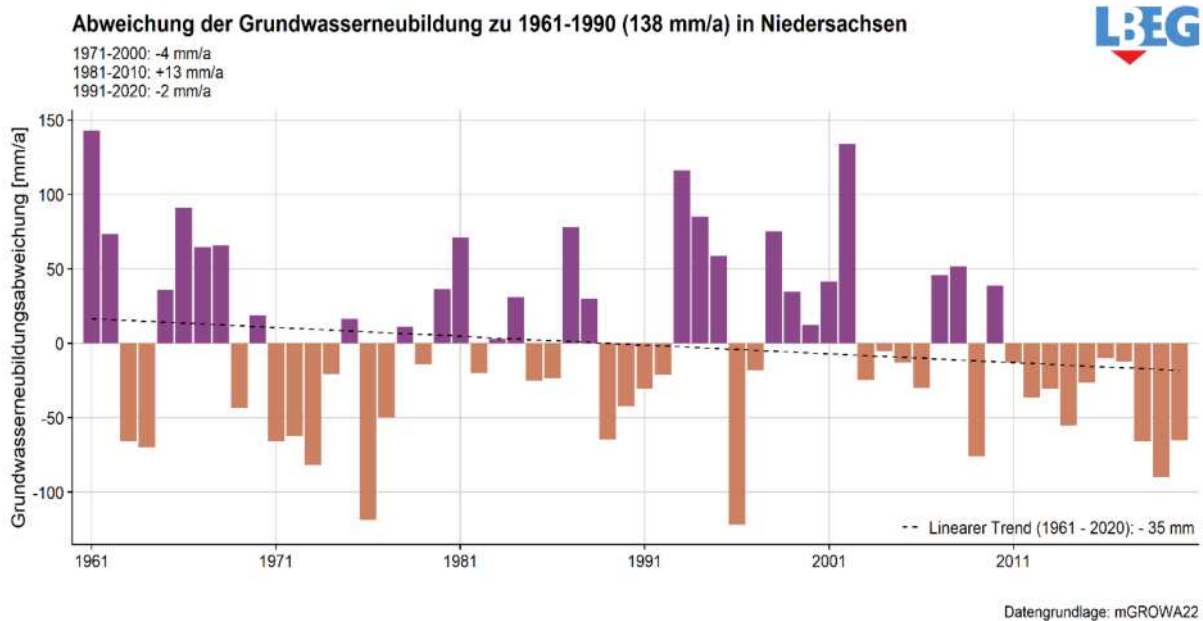


Abbildung 13: Grundwasserneubildung 1961-2020 nach mGROWA22 (LBEG 2023).

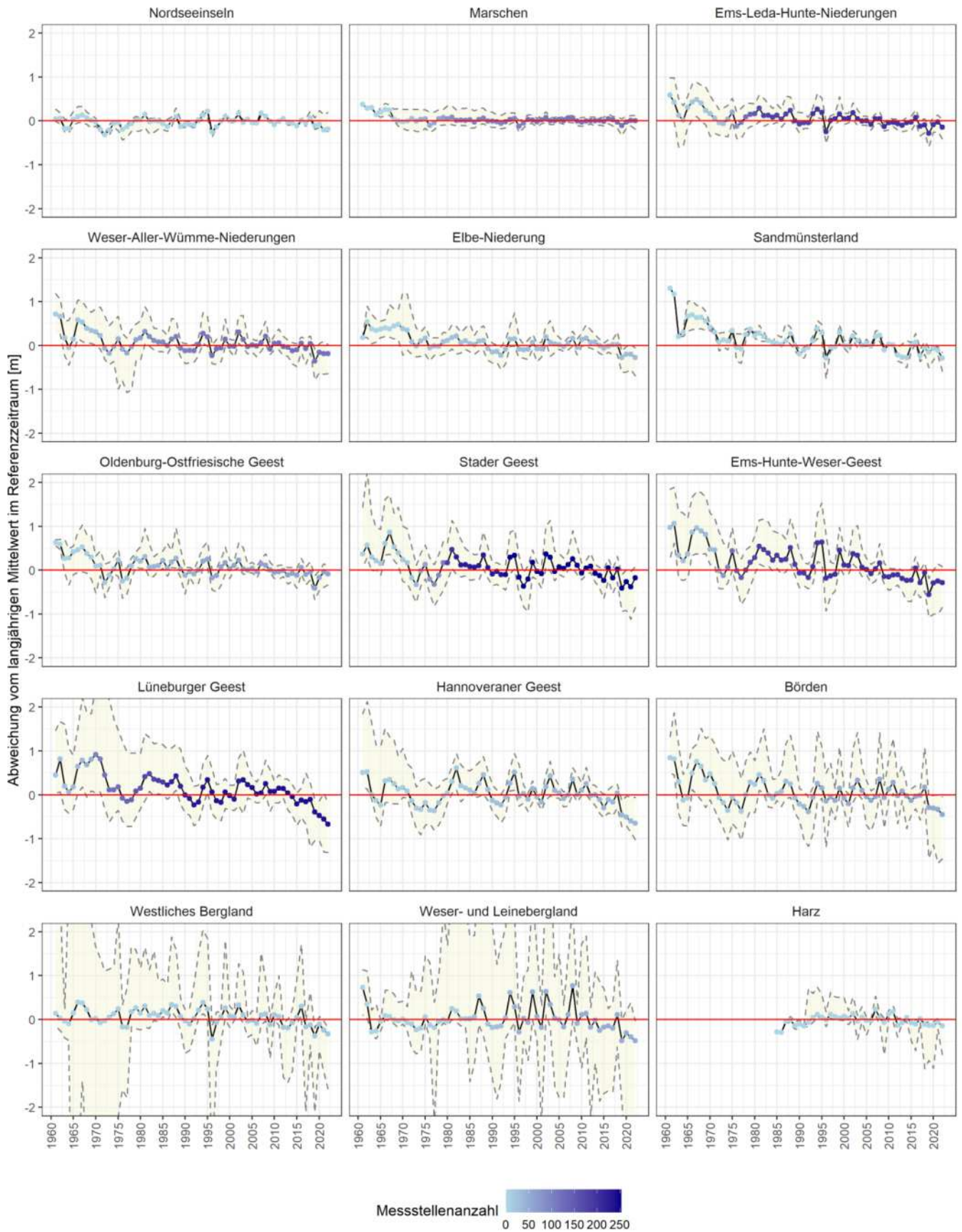


Abbildung 14: Mittlere Grundwasserstandsentwicklung ab 1960 in den Auswerteregionen. Farbintensität der Linie abgestuft nach Anzahl der verfügbaren Messstellen. Der beige Hintergrund zeigt die Spannweite der Werte (5%-95%-Quantil) an.

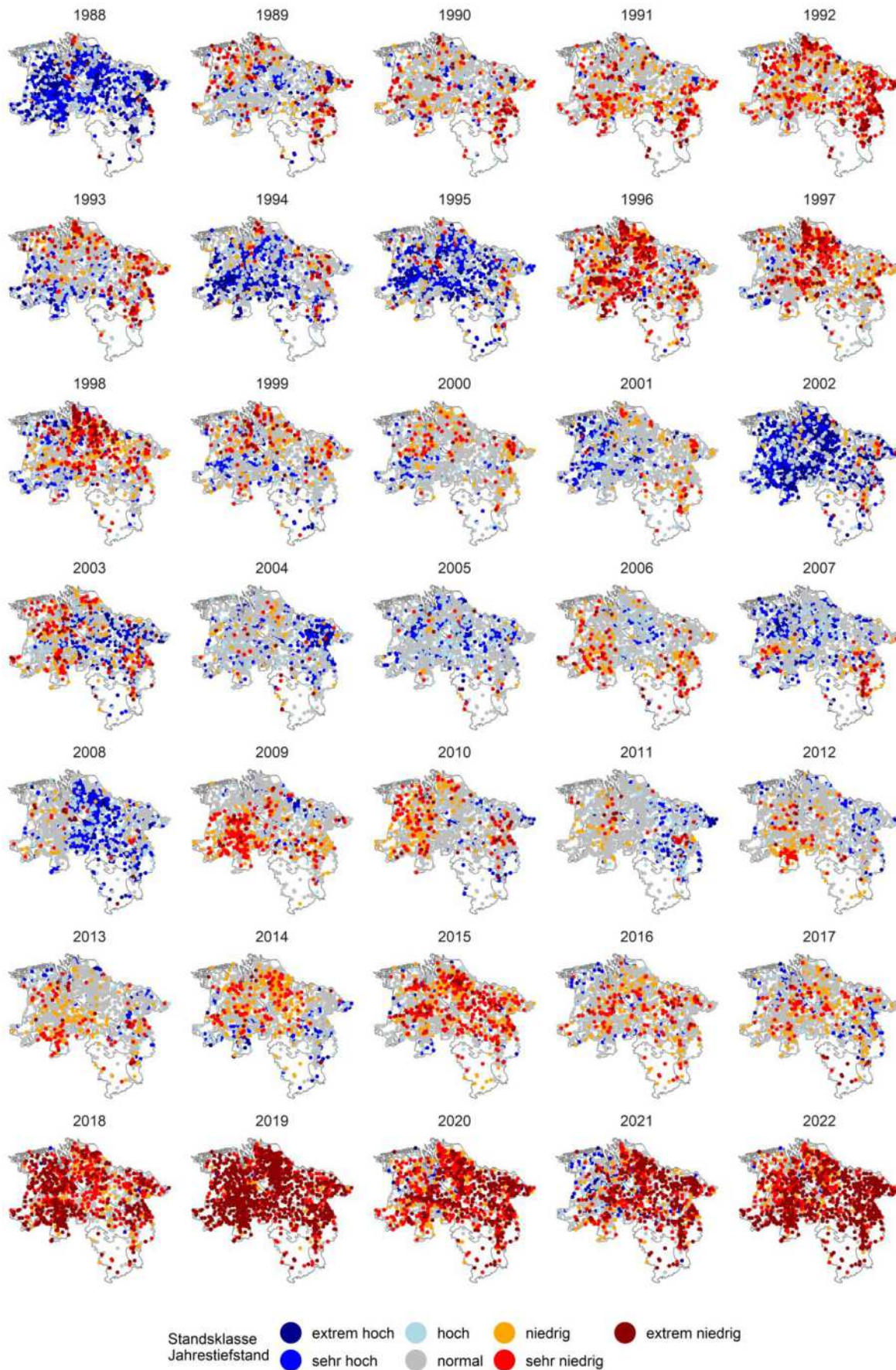


Abbildung 15: Entwicklung der Grundwasserstände ab 1988. Klassifizierte Darstellung der Jahrestiefstände, Bezugsgröße ist für jede Messstelle der Jahrestiefstand im Vergleich zur Quantilverteilung der Jahrestiefstände im Zeitraum 1991-2020.

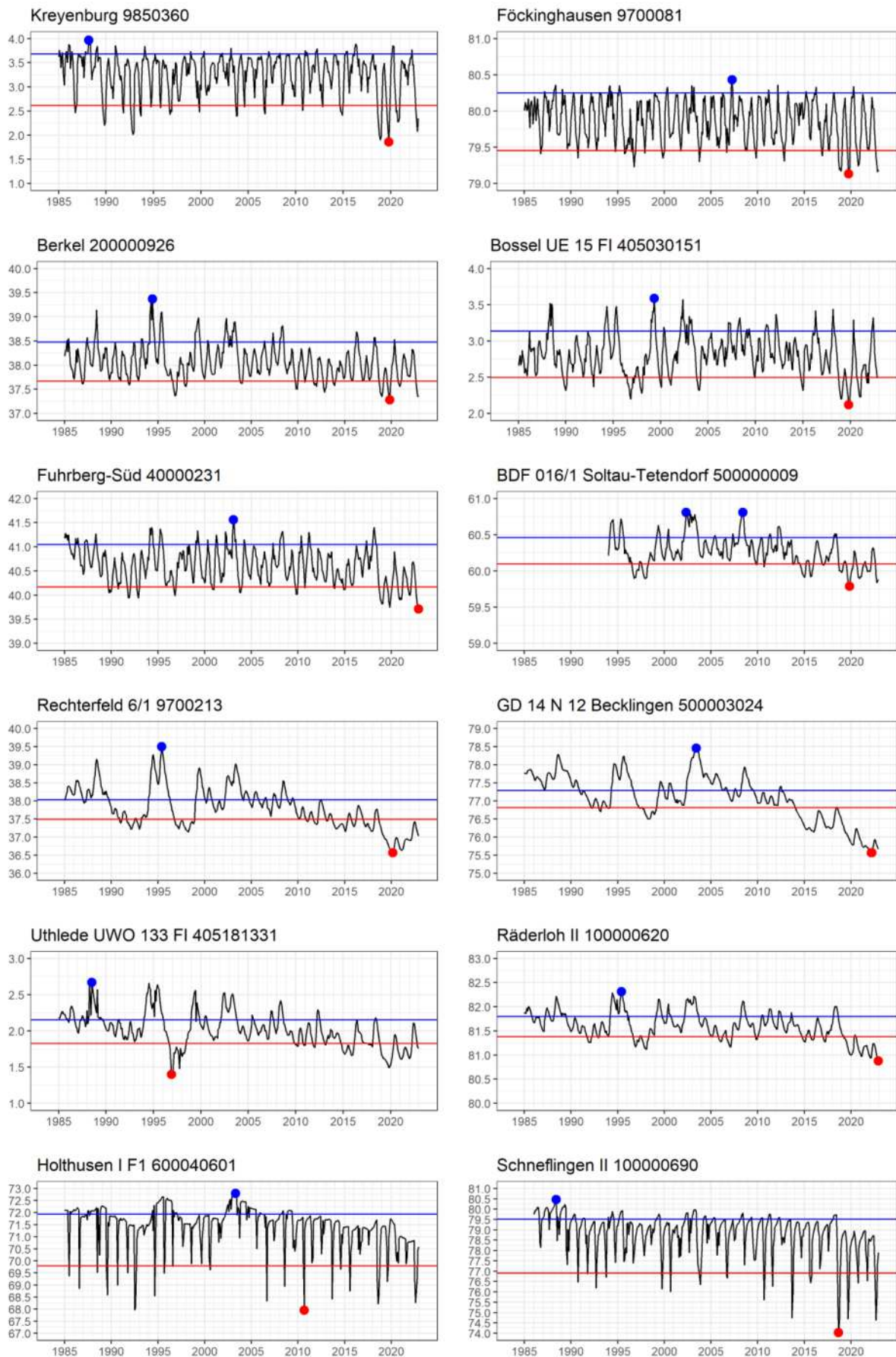


Abbildung 16: Grundwasserstandsentwicklung ab 1987 in ausgewählten Grundwassermessstellen (Grundwasserstände in Meter über NN). Die durchgezogenen Linien kennzeichnen den mittleren Jahreshochstand (blau) und den mittleren Jahrestiefstand (rot). Extremwerte im dargestellten Zeitraum sind durch Punkte 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 17 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 dauerte diese Phase drei Monate an, 2019 waren es sechs Monate. 2020 und 2021 gingen die Grundwasserdürrephasen auf vier bzw. drei Monate zurück, während 2022 wieder eine leichte Verschlechterung auf vier Monate eintrat.

Eine Grundwasserhochstandsphase lag seit 2019 nicht mehr vor. Die angespannte Situation der Vorjahre besteht damit weiter fort.

In der regionalen Übersicht (Abbildung 18) werden landesweit erhebliche regionale Unterschiede deutlich. Besonders auffällig ist die Entwicklung in den Regionen Lüneburger Geest und Hannoveraner Geest, hier lag 2021 und 2022 ganzjährig eine Grundwasserdürrephase vor. In den Börden und im Weser- und Leinebergland trat bei einer Dürrephase von jeweils 6 Monaten im Jahr 2022 erstmals auch eine extreme Grundwasserdürrephase auf. In der Stader Geest zeichnete sich 2022 dagegen ein deutlicher Rückgang gegenüber den Vorjahren von 10 Monaten 2021 auf 4 Monate 2022 ab. In allen übrigen Gebieten bildeten sich die Grundwasserdürren ähnlich wie in den Jahren 2019 und 2020 aus.

Für den Klimafolgenmonitoringbericht des Landes Niedersachsen (in Vorbereitung) wird ebenfalls der Indikator Grundwasserstand der Deutschen Klima-Anpassungsstrategie bestimmt, er wird sich jedoch im Unterschied zu der hier vorliegenden Auswertung auf Basis des neu eingeführten Messnetzes „Klima-Stand“ (NLWKN 2022b) mit 161 Messstellen ermittelt.

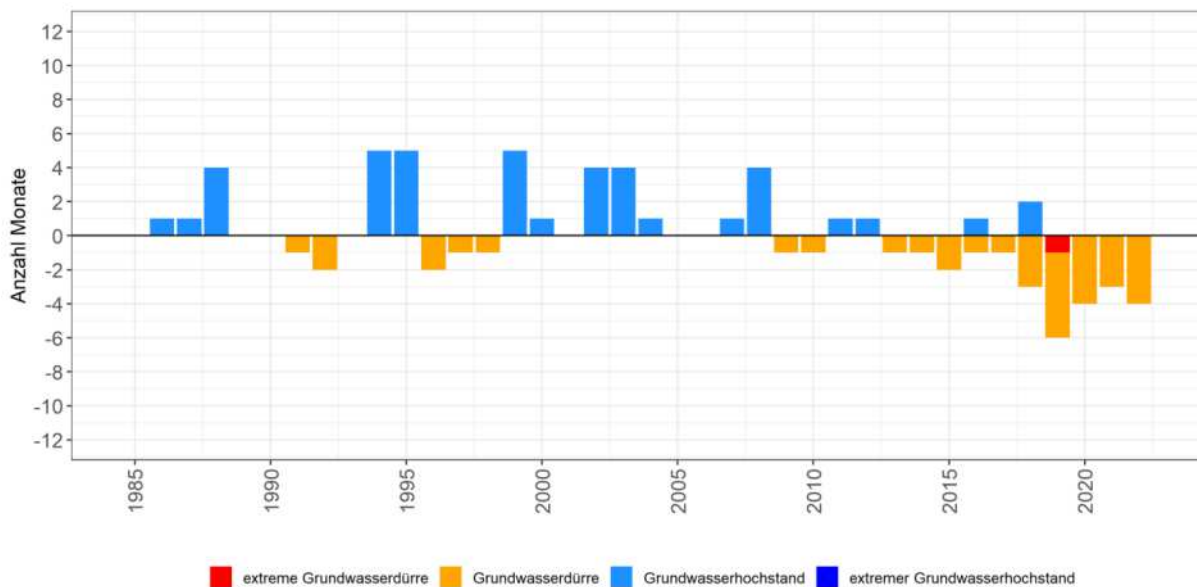


Abbildung 17: Dauer der Phasen von Grundwasserhochständen und Grundwasserdürren in Niedersachsen nach Anzahl der Monate mit Unterschreitung des mittleren Jahrestiefstands und Überschreitung des mittleren Jahreshochstands (in Anlehnung an den DAS-Indikator Grundwasserstand).

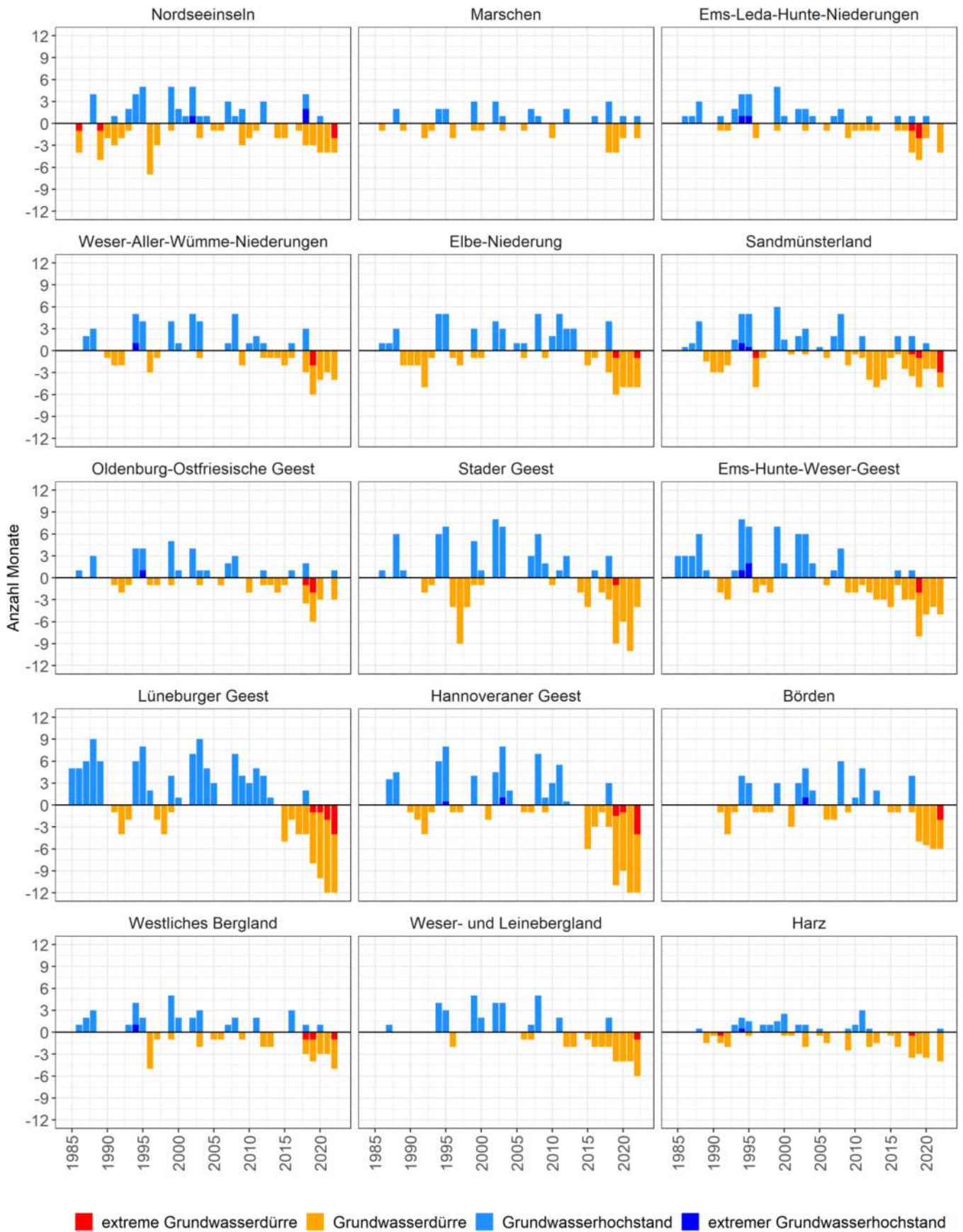


Abbildung 18: Dauer der Phasen von Grundwasserhochständen und Grundwasserdürren in den Auswerteregionen in Anlehnung an den DAS-Indikator Grundwasserstand unter Einbeziehung aller ausgewerteten Messstellen.

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 landesweit über 90% der Messstellen eine Grundwasserdürresituation auf extrem niedrigem Niveau aufwiesen und historisch tiefste Grundwasserstände (seit 1985) in mehr als 60% der Messstellen erreicht wurden (NLWKN 2020). Auf der Auswertung der Entwicklung der Grundwasserstände nach den extremen Dürrejahren 2018/2019 liegt daher ein besonderer Schwerpunkt des NLWKN in der Erstellung der Sonderberichte. Die Veränderungen in Bezug auf das Jahr 2019 werden anhand von Differenzbetrachtungen und Trendauswertung dargestellt.

Im unmittelbaren Vergleich der Jahre 2019 und 2021 zeigt Abbildung 19 die direkten Unterschiede der Jahresmittelwerte für die einzelnen Messstellen. Deutlich werden insbesondere die mehrheitlichen Verbesserungen der Grundwasserstände im westlichen, nördlichen und zentralen Niedersachsen sowie weiteren Abnahmen vor allem im östlichen und südlichen Niedersachsen.

Eine regionale Übersicht über die mittleren Veränderungen der Auswerteregionen enthält Abbildung 20. 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 21. Die Hannoveraner Geest, die Börden und insbesondere die Lüneburger Geest fallen hier als Regionen mit Absenkungen auf, während die Küstenregionen und die Niederungs- und Geestregionen West- und Nordniedersachsens deutliche Anstiege

gegenüber dem Jahr 2019 verzeichnen konnten. Für den überwiegenden Teil der Messstellen sind die Veränderungsbeträge kleiner als 0,5 m, im Gebietsmittel werden Veränderungsbeträge von 0,3 m nicht überschritten.

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 22 für die einzelnen Regionen und im Vergleich der Jahre 2019 und 2022, ebenfalls als Boxplot.

Deutlich wird hier, dass lediglich in den Marschen, auf den Inseln und in der Oldenburg-Ostfriesischen Geest das Durchschnittsniveau wieder erreicht wurde.

In den übrigen Regionen mit steigenden Entwicklungen wird das Durchschnittsniveau jedoch immer noch unterschritten. Zu berücksichtigen ist, dass der Jahresmittelwert 2022 von vergleichsweise hohen Ausgangswasserständen im Winter und tiefen Endständen im Sommer geprägt wird.

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 wie z.B. die Stader Geest und die Ems-Hunte-Weser-Geest zeigten deutliche Verbesserungen, blieben aber mehrheitlich weiterhin unter dem langjährigen Mittelwert. In den bekannten Regionen mit fallenden Entwicklungen (Hannoveraner Geest, Börden und Lüneburger Geest) vergrößerte sich damit auch der Abstand zum langjährigen Mittelwert (z.B. 0,7 Meter in der Region Lüneburger Geest, vergleiche auch Tabelle 3).

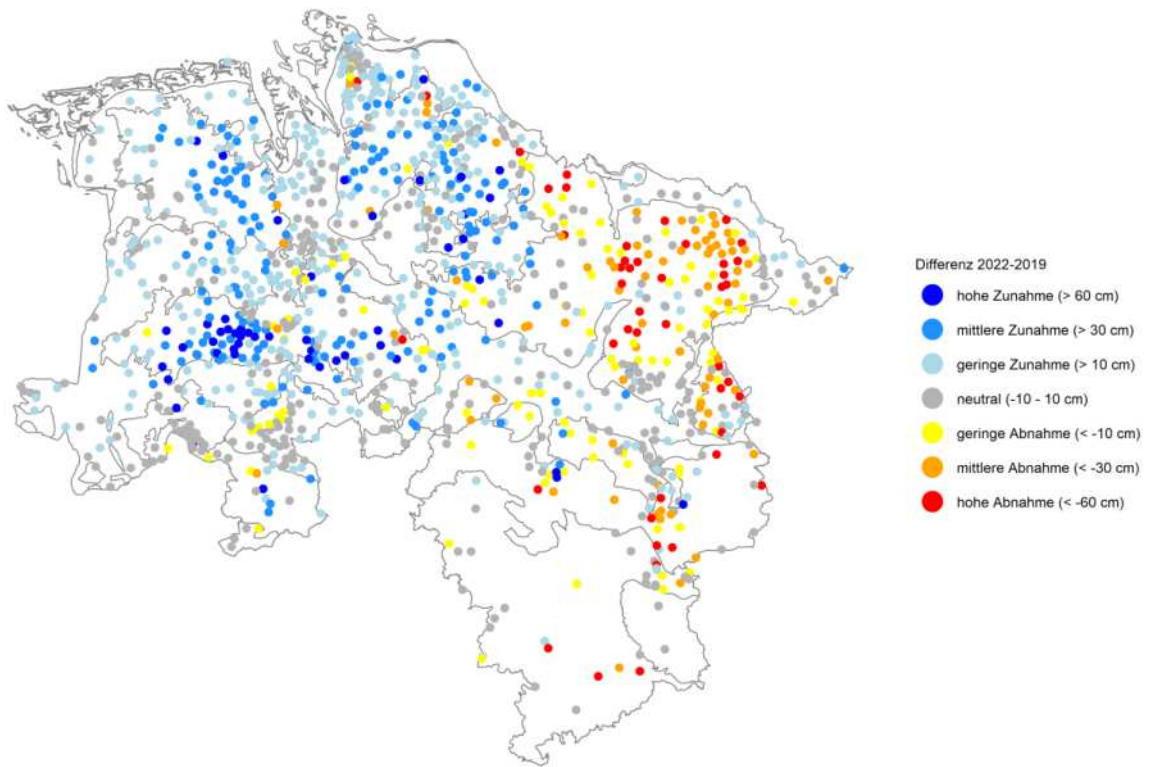


Abbildung 19: Grundwasserstandsveränderungen in den Messstellen als Differenz des Jahresmittelwertes 2022 (aktuell) gegenüber dem Jahresmittelwert 2019 (Höhepunkt der Dürrephase).

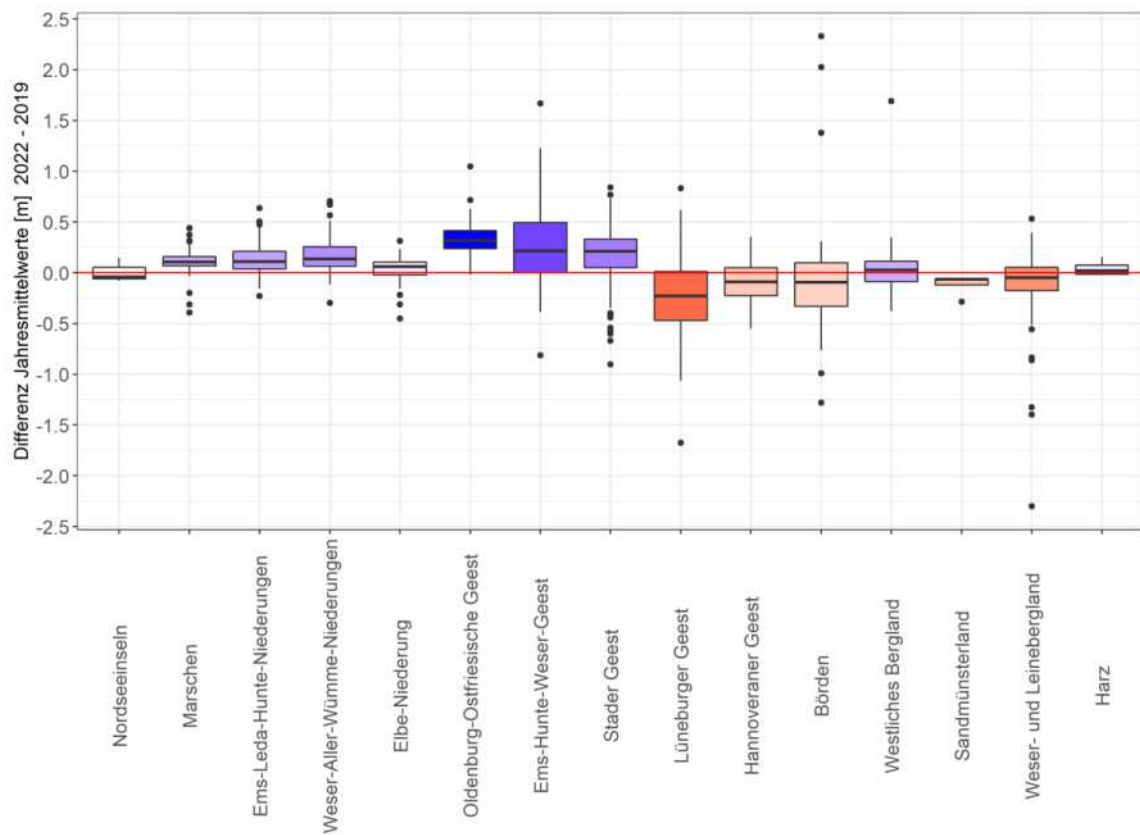


Abbildung 20: Grundwasserstandsveränderungen in den Auswerteregionen als Differenz des Jahresmittelwertes 2022 (aktuell) gegenüber dem Jahresmittelwert 2019 (Höhepunkt der Dürrephase).

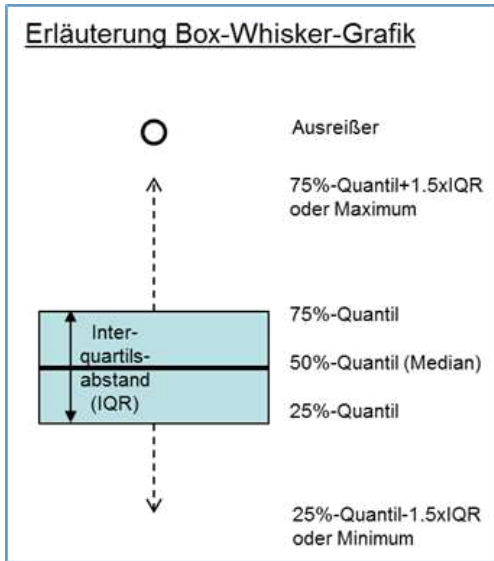


Abbildung 21: Interpretationshilfe Boxplot-Grafik: Der Kasten kennzeichnet die Spanne zwischen dem 25%- und dem 75%-Quantil der Messwerte, er enthält demnach 50% der Messwerte. Der Median (50%-Quantil) ist als horizontaler Strich gekennzeichnet. Die vertikalen Balken definieren die Streuung der Messwerte. Extreme Messwerte (Ausreißer) sind gesondert als Punkt gekennzeichnet.

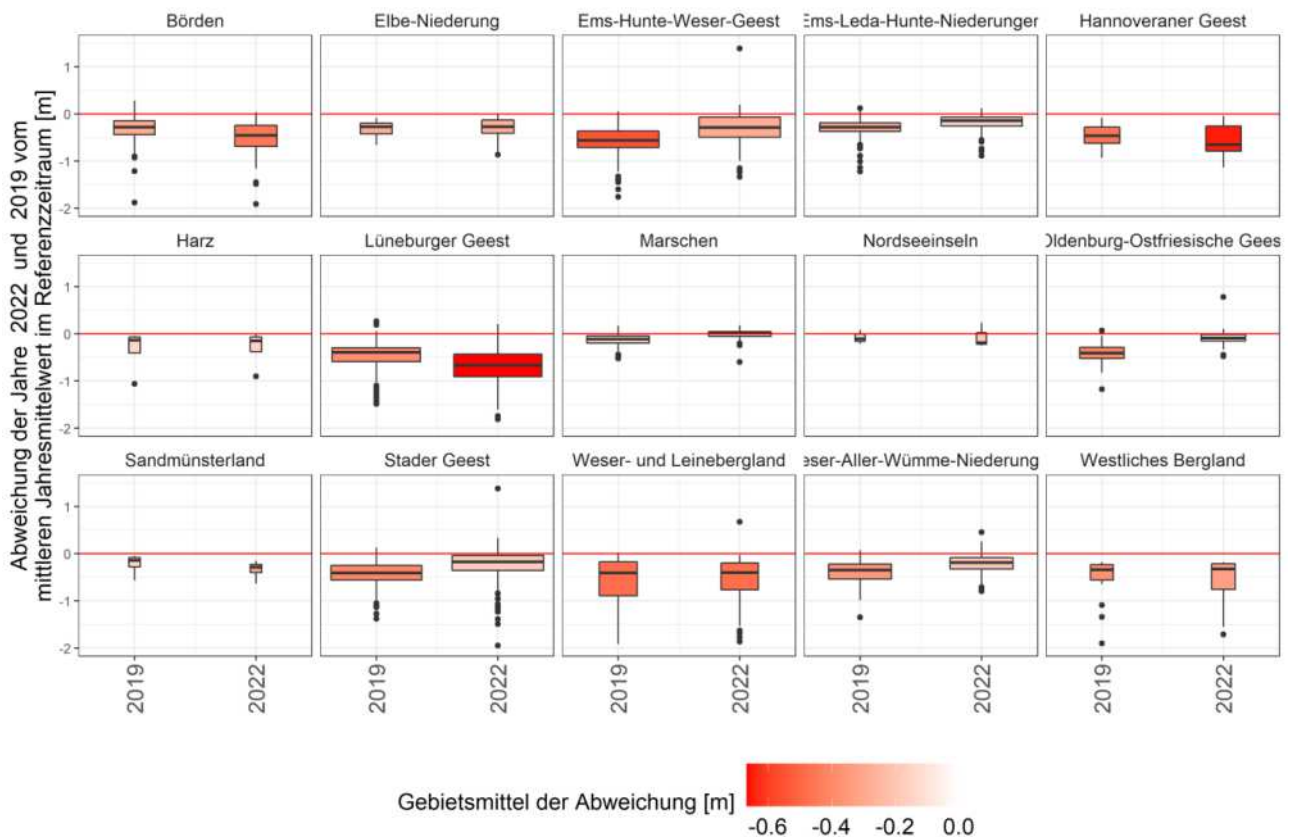


Abbildung 22: Grundwasserstandsveränderung in den Auswerteregionen als Abweichung vom mittleren Grundwasserstand (langjähriger Jahresmittelwert im Referenzzeitraum) im Vergleich der Jahre 2019 (Höhepunkt der Dürrejahre) und 2022 (aktueller Zustand).

Im Vorjahresbericht (NLWKN, 2022) wurde erstmals darauf hingewiesen, dass viele Messstellen über die letzten Jahre kontinuierlich sinkende Grundwasserstände zu verzeichnen hatten. Die Darstellung als Anzahl der Jahre mit Absenkungen in Folge (Entwicklungssequenz) wird in diesem Bericht ersetzt durch eine Kurzzeitanalyse des linearen Trends der Grundwasserstände über 4 Jahre von 2019 bis 2022.

Abbildung 23 zeigt die Auswertung des linearen Kurzzeittrends. Die Farbkodierung basiert auf der in Niedersachsen gebräuchlichen Trendklassifikation nach Grimm-Strele (NLWKN, 2008) und ist ein relatives Maß für die Richtung und Stärke des Trends. Anhand der Symbole werden statistisch signifikante und nicht signifikante Trends (nach Yue & Pilon 2022) unterschieden.

Messstellen mit unterschiedlichen Entwicklungstendenzen (Grundwasseranstiegen und auch Absenkungen) finden sich grundsätzlich landesweit. In der Masse zeigt sich jedoch eine deutliche regionale Differenzierung zwischen den westlichen, zentralen und nördlichen Landesteilen mit mehrheitlich steigenden Tendenzen und den östlichen und südlichen Landesteilen mit mehrheitlich fallenden Tendenzen im Betrachtungszeitraum ab 2019. Diese Entwicklungen sind überwiegend jedoch „nicht signifikant“, das bedeutet vereinfacht, die Entwicklungstendenz ist nicht klar ausgeprägt und wird möglicherweise nur durch einzelne Jahre hervorgerufen.

Besonders hervorzuheben sind die Messstellen mit signifikant fallenden Grundwasserständen seit 2019. Hier wird eine eindeutige Entwicklung in Form kontinuierlicher Absenkungen über die betrachteten 4 Jahre deutlich. Derartige Messstellen konzentrieren sich mehrheitlich auf die Geestregionen, Börden und Bergregionen im südlichen und östlichen Niedersachsen. Daneben treten vereinzelte Messstellen auch im nördlichen und westlichen Niedersachsen auf, zum Beispiel auf der Ostflanke der Dammer Berge im Landkreis Vechta.

Erste Auswertungen zeigen einen Zusammenhang dieser Entwicklung zum Grundwasserflurabstand und weisen damit auch auf die Bedeutung hydrogeologischer Faktoren auf die Ausprägung der Grundwasserstandsdynamik hin. So zeigt Abbildung 24 deutlich, dass nicht signifikante Entwicklungen geringen Grundwasserflurabständen zugeordnet werden können, während die signifikant fallenden Entwicklungen vor allem bei höheren Flurabständen auftreten. Dieser Effekt besteht dabei unabhängig von den großräumigen Unterschieden in der Niederschlagsverteilung, die exemplarisch dargestellten Regionen repräsentieren unterschiedliche klimatische Verhältnisse in Niedersachsen. Dadurch wird deutlich, dass geologischen Verhältnissen ebenfalls eine wichtige Rolle zum Verständnis der Grundwasserstandsdynamik zukommt. Hohe Grundwasserflurabstände entsprechen einer langen Sickerstrecke bis zum Erreichen des Grundwassers, als Folge des Versickerungsprozesses ist, abhängig von den spezifischen Sedimenteigenschaften, eine Glättung der Neubildungssignale und auch eine zeitliche Verzögerung möglich. Bei geringen Flurabständen erreicht das Neubildungssignal die Grundwasseroberfläche dagegen mit geringerer Verzögerung und vergleichsweise unverfälscht. Signifikant steigende Trends treten nur in der Ems-Hunte-Weser-Geest und der Stader Geest auf und sind ebenfalls an größere Flurabstände gebunden. In der Mehrheit sind steigende Kurzzeittrends jedoch nicht signifikant und charakteristisch für Messstellen mit geringen Flurabständen von wenigen Metern. Grundwassernahe Standorte treten vor allem in Niederungen und Marschen auf, wo die Bewegung der Grundwasseroberfläche durch ein dichtes Vorflutersystem nach oben begrenzt wird. Ausreichend Niederschläge würden hier nur bedingt zu Grundwasseranstiegen führen und stattdessen vermehrte Abflüsse über die Vorfluter begünstigen.

Das absolute Ausmaß der Grundwasserstandsveränderungen wurde in dieser Auswertung nicht betrachtet, sondern lediglich die Richtung. Siehe hierzu auch die Ausführungen im folgenden Abschnitt.

Linearer Trend 4 Jahre
von 2019 bis 2022

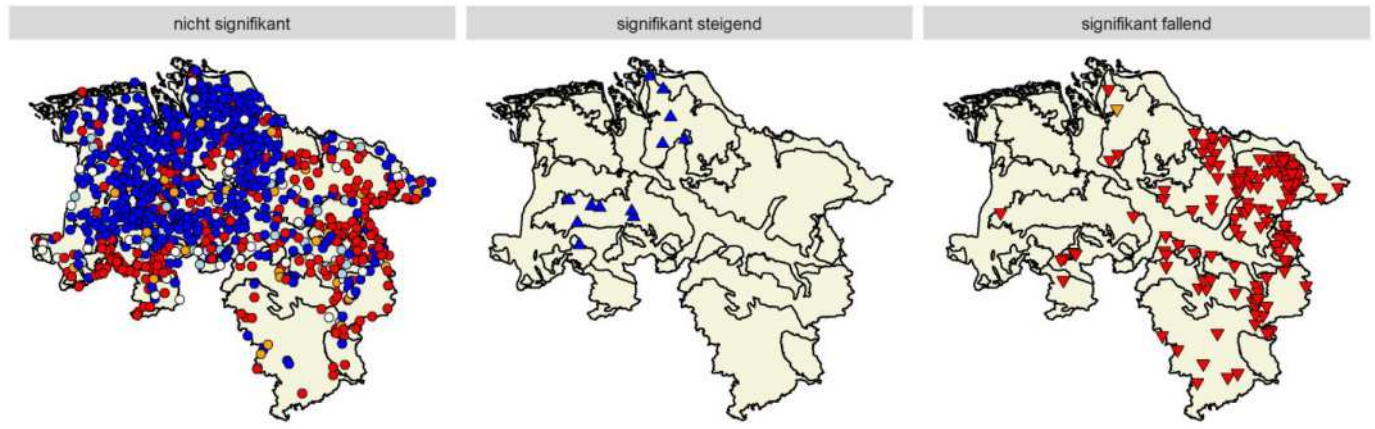
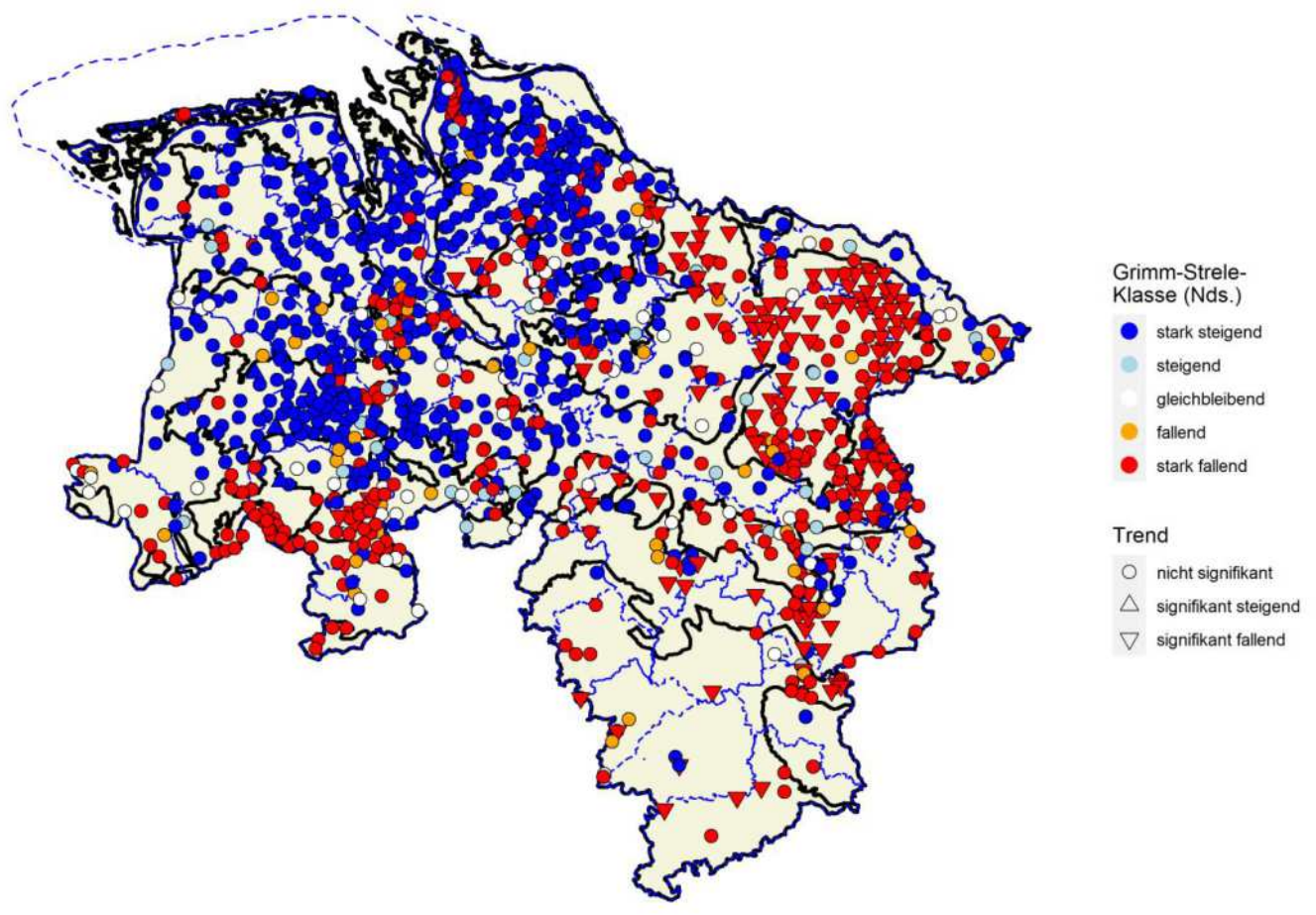


Abbildung 23: Kurzzeittrend der Grundwasserstandsentwicklung von 2019 bis 2022.

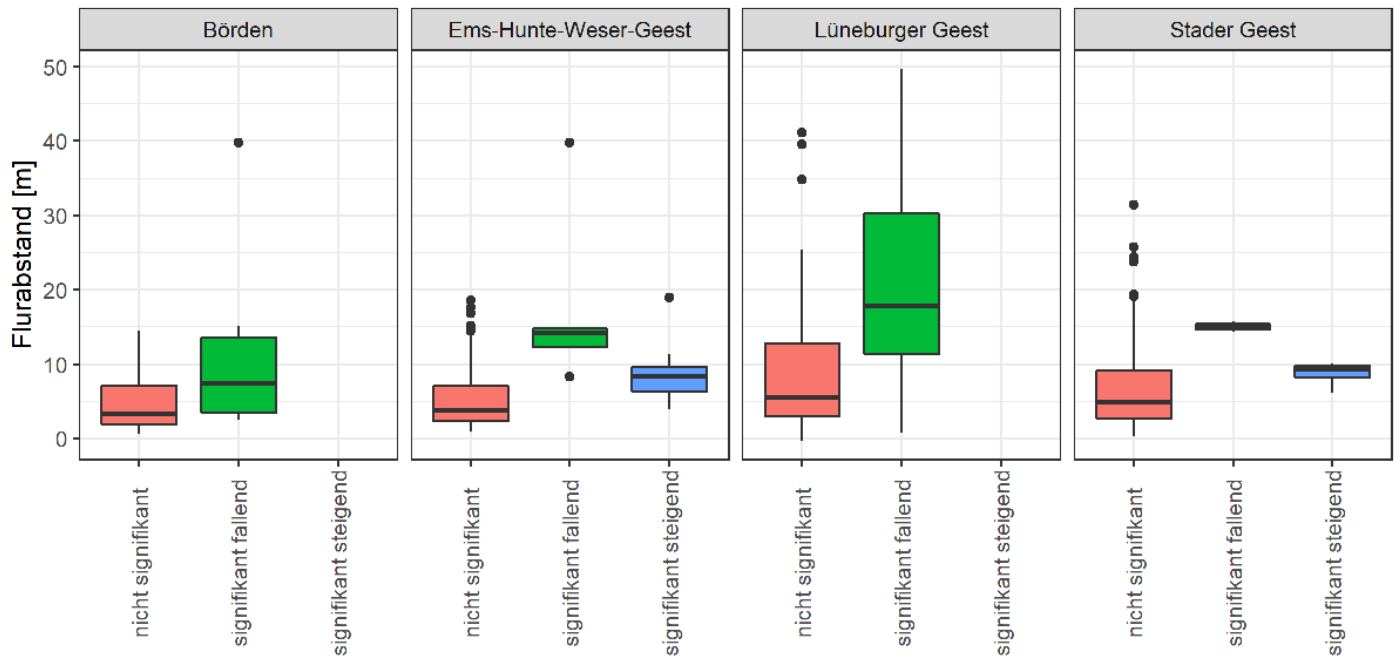


Abbildung 24: Grundwasserflurabstand als Einflussfaktor auf die Standsentwicklung.

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 Grundwasserstandsdynamik.

Die Jahresmittelwerte lagen 2022 im landesweiten Mittel mit einer geringen Absenkung von $-0,04$ m fast auf dem Niveau des Vorjahres. Die naturräumliche Spanne lag dabei zwischen $-0,2$ m (Sandmünsterland) und $+0,18$ m (Stader Geest). An 60 % der Messstellen wurde der Vorjahresstand unterboten. Im Vergleich dazu war im Vorjahr im landesweiten Durchschnitt eine minimale Abnahme von $-0,02$ 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 10, 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 2022 im Median um $-0,1$ m über den Hochständen des Vorjahres (Tabelle 4) mit einer Spannweite zwischen den einzelnen Auswerteregionen von $-0,18$ m bis $+0,38$ m. An 74 % der Messstellen wurde landesweit der Winterhochstand des Vorjahres überschritten, dafür an 26% unterschritten.

Die Sommertiefstände lagen im Median mit $-0,12$ m unter den Tiefständen des Vorjahres (Tabelle 4) bei einer Spannweite von $-0,1$ m bis $-0,3$ m. An 25 % der Messstellen befanden sich die Sommertiefstände über dem Vorjahresniveau, an 75% der Messstellen wurde eine Absenkung zum Vorjahr erreicht.

In fast allen Regionen wurde der Tiefststand des Vorjahres an mindestens 70% der Messstellen unterschritten, mit Ausnahme der Stader Geest bei einem geringeren Anteil von 35%. (Tabelle 4).

Insgesamt zeigt sich hier in der landesweiten Betrachtung eine Absenkung der Grundwasserstände gegenüber dem Vorjahr. Anders als im Vorjahresbericht (NLWKN 2022) ist dieses Ergebnis nicht nur eine Folge anhaltender kontinuierlicher Absenkungen in einem Teil der Messstellen, sondern spiegelt auch die infolge der Trockenheit 2022 höhere Grundwasserstandsabsenkung wieder.

Tabelle 4: Vergleich der Grundwasserstände 2022 zum Vorjahr 2021 für Niedersachsen und die einzelnen Auswerteregionen. Differenzen als Median über alle Messstellen.

Region	Anzahl Messstellen	Differenz Jahresmittelwert (2022 - 2021)				Differenz Winterhochstand (Wintermaximum 2022-2021)				Differenz Sommertiefstand (Sommerminimum 2022-2021)						
		Delta [m]	>=		<		Delta [m]	>=		<		Delta [m]	>=		<	
			-	%	-	%		-	%	-	%		-	%	-	%
Nordseeinseln	3	0,02	2	67	1	33	0,2	3	100	0	0	-0,16	0	0	3	100
Marschen	119	-0,01	53	45	66	55	0,11	113	95	6	5	-0,1	18	15	101	85
Ems-Leda-Hunte-Niederungen	200	-0,13	8	4	192	96	0	107	54	93	47	-0,23	5	2	195	98
Weser-Aller-Wümme-Niederungen	121	-0,03	44	36	77	64	0,11	105	87	16	13	-0,13	33	28	88	73
Elbe-Niederung	31	-0,08	2	6	29	94	0,01	18	58	13	42	-0,18	1	3	30	97
Oldenburg-Ostfriesische Geest	60	-0,04	25	42	35	58	0,19	58	97	2	3	-0,17	15	25	45	75
Ems-Hunte-Weser-Geest	201	-0,02	90	45	111	55	0,14	158	79	43	21	-0,1	60	29	141	70
Stader Geest	253	0,18	241	95	12	5	0,38	247	97	6	2	0,03	164	65	89	35
Lüneburger Geest	239	-0,12	62	26	177	74	0	122	51	117	49	-0,19	30	13	209	87
Hannoveraner Geest	38	-0,07	4	11	34	89	0,03	23	61	15	39	-0,14	2	6	36	95
Börden	54	-0,08	14	26	40	74	0,01	28	52	26	48	-0,16	7	13	47	87
Westliches Bergland	17	-0,18	0	0	17	100	-0,05	4	24	13	76	-0,27	2	12	15	88
Sandmünsterland	4	-0,2	0	0	4	100	-0,18	0	0	4	100	-0,3	1	25	3	75
Weser- und Leinebergland	47	-0,03	15	32	32	68	0,1	33	70	14	30	-0,09	11	23	36	77
Harz	4	-0,09	0	0	4	100	0,19	4	100	0	0	-0,27	0	0	4	100
Niedersachsen	1391	-0,04	560	40	831	60	0,1	1023	74	368	26	-0,12	349	25	1042	75

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 und dem Wintermaximum definiert. Analog stellt die Absenkung die Differenz zwischen Wintermaximum und dem nachfolgenden Sommerminimum dar. Als methodische Neuerung werden mögliche jahresübergreifende Verschiebungen des Sommertiefstands mit Ausnahme des Berichtsjahres (hier maximal bis Oktober) berücksichtigt.

Im Referenzzeitraum 1991-2020 zeigten die Anstiege mit einem Median von 0,59 m und Absenkungen mit einem Median von -0,60 m landesweit eine fast ausgewogene Entwicklung des Grundwasserstandsniveaus an (Tabelle 5). In den Jahren 2018 und 2019 kam es insgesamt zu einer Nettoabsenkung um rund 0,3 m im Landesmittel.

Der Grundwasseranstieg vom Sommer 2020 zum Winter 2020/201 fiel mit rund 0,53 m im Landesmittel durchschnittlich aus. Die Absenkung lag aufgrund des niederschlagsreichen Sommers mit rund 0,47 m dagegen deutlich unter dem Durchschnitt. Im Ergebnis ergab sich für diesen Zyklus im Landesmittel noch ein leichter Grundwasseranstieg von wenigen Zentimetern, ähnlich wie im Vorjahr (nicht dargestellt, siehe NLWKN 2021).

Der Grundwasseranstieg vom Sommer 2021 zum Winter 2021/2022 fiel mit rund 0,61 m bei niederschlagsreichen Verhältnissen überdurchschnittlich aus. Jedoch lag im Trockenjahr 2022 auch die Absenkung mit 0,74 m deutlich über dem Durchschnitt und auch über dem vorhergehenden Grundwasseranstieg. Im Ergebnis ergab sich eine mittlere Absenkung von 13 cm, wodurch auch Nettogewinne der Vorjahre 2020 und 2021 im Landesdurchschnitt teilweise wieder aufgehoben wurden.

Regional betrachtet zeigte lediglich die Stader Geest im Gebietsmittel ein ausgewogenes Verhältnis mit einem geringfügigen Anstieg von +3 cm. In den übrigen Regionen waren die Absenkungen größer als die Anstiege (Tabelle 5).

Tabelle 5: Saisonale Grundwasserstandsveränderungen und Regenerationslast (Median der ausgewerteten Messstellen, Absenkung 2022 bis Oktober 2022).

Region	Saisonale Grundwasseranstiege und Absenkungen (in Metern)					
	Mittlerer Anstieg 1990-2020	Mittlere Absenkung 1990-2020	Anstieg 2020/2021	Absenkung 2021	Anstieg 20221/2022	Absenkung 2022
Nordseeinseln	0,54	0,53	0,44	0,45	0,54	0,69
Marschen	0,34	0,34	0,3	0,24	0,36	0,48
Ems-Leda-Hunte-Niederungen	0,8	0,79	0,81	0,67	0,69	0,94
Weser-Aller-Wümme-Niederungen	0,72	0,73	0,65	0,56	0,76	0,88
Elbe-Niederung	0,52	0,5	0,58	0,46	0,52	0,7
Oldenburg-Ostfriesische Geest	0,81	0,83	0,83	0,6	0,83	1,02
Ems-Hunte-Weser-Geest	0,66	0,68	0,67	0,61	0,69	0,75
Stader Geest	0,46	0,5	0,31	0,31	0,68	0,65
Lüneburger Geest	0,36	0,43	0,28	0,3	0,36	0,49
Hannoveraner Geest	0,51	0,53	0,35	0,38	0,36	0,61
Börden	0,68	0,69	0,44	0,37	0,41	0,61
Westliches Bergland	1,02	0,99	1,09	0,96	0,85	1,18
Sandmünsterland	0,87	0,84	0,88	0,79	0,58	1,14
Weser- und Leinebergland	1,47	1,42	1,08	0,94	1,22	1,31
Harz	1,04	1,07	0,98	0,76	0,95	1,22
Niedersachsen	0,59	0,6	0,53	0,47	0,61	0,74

Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Grundwasserstandssituation 2022

Die Trockenjahre 2018 und 2019 markierten den vorläufigen Höhepunkt einer bereits seit ca. 2009 anhaltenden Phase mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen und niedrigen Grundwasserständen (Abbildung 12). In den Folgejahren zeigte sich eine landesweit und regional differenzierte Entwicklung der Grundwasserstände. Schnelle Erholungen, zum Teil auf normale Niveaus, fanden vor allem in den Niederungsregionen in West- und Nordniedersachsen statt, während sich in den Geestregionen auf extrem niedrigen Niveau stabile Verhältnisse etablierten oder geringe Erholungen verzeichnet werden konnten. In einem Teil der Messstellen sanken die Grundwasserstände jedoch auch weiter ab.

Das hydrologische Jahr 2022 war im Vergleich zu den Jahren 2020 und 2021 erneut durch eine extreme Trockenheit im Sommer geprägt. Die Niederschlagsdefizite fielen im Westen und Norden deutlich geringer aus als im Osten und Süden von Niedersachsen. Die Trockenheit 2022 führte dabei erneut zu überdurchschnittlich hohen saisonalen Absenkungen des Grundwassers, wodurch die Grundwasserstandsgewinne aus den Vorjahren, insbesondere infolge des feuchten Sommers 2021 und Winters 2021/2022 zum Teil wieder aufgehoben wurden. Der Jahresmittelwert im hydrologischen Jahr 2022 lag weiterhin auf einem niedrigen Niveau, im Landesmittel geringfügig unter dem Wert des Vorjahres. Aufgrund der Trockenheit im Sommer 2022 sanken die Grundwasserstände zum Herbst vielerorts auf Niveaus vergleichbar der Tiefststände von 2019 oder 2020 (z.T. auch tiefer) ab. Die bereits im Vorjahresbericht (NLWKN, 2022) für vielen Messstellen dargestellten, über mehrere Jahre seit 2019 in Folge anhaltenden Absenkungen, insbesondere im Osten und Süden Niedersachsens, setzten sich weiter fort.

Ein differenziertes Bild der Entwicklung der letzten Jahre ergibt sich in diesem Bericht aus einer Kurzzeitanalyse der linearen Trends. 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 im Zusammenhang mit den regionalen Entwicklungen ist im Rahmen dieses Berichts jedoch nicht möglich. Es liegt keine umfassende Deckungsgleichheit von Messstellen mit fallenden Grundwasserständen seit 2019 und Messstellen mit direkten Einflüssen durch Beregnungsentnahmen vor. Ähnliche Verläufe treten

auch in Westniedersachsen auf (z.B. Ostflanke Dammer Berge), ohne dass hier auch ein entsprechend hoher Nutzungsdruck bekannt ist.

Deutlich wird, dass die Grundwasserneubildung im Osten und Süden des Landes in den letzten Jahren nicht ausgereicht hat, die Grundwasserstandsentwicklung zu stabilisieren. Die Entwicklung wird vom GLD weiter beobachtet und 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, auch wenn hier zeitliche Verzögerungen berücksichtigt werden müssen. Entsprechende Witterungsverhältnisse sind in der Folge der Doppeldürre 2018/2019 bislang jedoch nicht eingetreten.

Aktuell zeichnet sich eher eine Situation ab, in der zwar tendenziell günstige, aber allenfalls durchschnittliche Witterungsverhältnisse zu einer langsamen, von der jeweiligen Witterung und Standortsituation unterschiedlich geprägten Erholung geführt haben, die aber 2022 durch erneut trockene Verhältnisse teilweise wieder aufgehoben wurden. Auf ungünstigen Standorten waren bis zum Jahr 2022 in vielen Messstellen weitere Rückgänge erkennbar.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung im Sommer 2023 zeichnen sich nach einem niederschlagsreichen Winter erneut in vielen Messstellen sehr niedrige Grundwasserstände ab. Eine abschließende Bewertung der diesjährigen Situation (2023) bleibt jedoch späteren Auswertungen vorbehalten.

Mit der Einrichtung des Messprogramms ‚Klima-Grundwasserstand‘ (NLWKN 2022) werden vom NLWKN mittlerweile auch aktuelle Grundwasserstandsdaten für ausgewählte Messstellen unter www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de veröffentlicht.

Hydrogeologische Zusammenhänge der Grundwasserdynamik

Die regionalen und kleinräumigen Unterschiede in der Grundwasserdynamik und Entwicklung der letzten Jahre werden nicht nur von witterungsbedingten Faktoren, wie der zeitlichen und räumlichen Verteilung von Niederschlägen und Verdunstung, sowie der daraus resultierenden Grundwasserneubildung, sondern auch durch hydrogeologische Einflussfaktoren geprägt. Bereits in NLWKN (2020) wurden die Messstellen erstmals hinsichtlich ihrer spezifischen Gangliniendynamik typisiert. Anhand der räumlichen Verteilung konnten diese Ganglinientypen mit geologischen Faktoren in Zusammenhang gebracht werden. Insbesondere wurden niederungstypische Messstellen, geesttypische Messstellen

mit durchlässigen Verhältnissen und geesttypische Messstellen mit gering durchlässigen Deckschichten unterschieden.

Diese Unterschiede werden auch bei Analyse der zeitlichen Dynamik deutlich. So zeigen Niederungsmessstellen eher langfristig stabile Grundwasserstände, in denen die saisonalen Zyklen die Gangliniendynamik dominieren, während in Geestmessstellen die saisonalen Schwankungen von mehrjährigen Veränderungsmustern und Trends überprägt werden (siehe Abbildung 16). Lischeid.(2021) zeigt hierzu am Beispiel Brandenburgs, dass in Bereichen geringer Flurabstände eine schnelle Erholung der Wasserstände nach Trockenphasen eintritt, während sie in Bereichen hoher Flurabstände weiter absinken. Ähnliche Beobachtungen ergeben sich auch aus den Auswertungen des NLWKN (siehe Abbildung 24).

Dieses unterschiedliche Verhalten ist im Wesentlichen auf folgende 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.

Zweitens 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.

Nicht zuletzt wird nach Lischeid (2021) und Lischeid et al. (2012) die Grundwasserstandsdynamik maßgeblich von dem Einfluss der Deckschichten auf das Neubildungssignal geprägt. Hohe Flurabstände und/oder schlecht durchlässige Deckschichten führen dabei zu einer zeitlichen Verzögerung und Glättung des Neubildungssignals, was zu einer Verstärkung von Trends und einer zeitlichen Verschleppung von Trends führen kann. Das kann nach Lischeid (2021) auch dazu führen, dass sich die abnehmenden Trends der Hochländer mittelfristig auch in die Niederungsgebiete ausweiten. Dies wird damit begründet, dass der Grundwasserzustrom aus den Hochländern mittelfristig nachlässt und dann nicht mehr ausreicht, den Grundwasserhaushalt in den Niederungsgebieten zu stützen.

Anthropogene Einflüsse auf die Grundwasserdynamik

Anthropogene Einflüsse auf den Grundwasserstand ergeben sich direkt durch Entnahmen oder indirekt durch Veränderungen in der Landschaft und des Landschaftswasserhaushalts. Entnahmen führen in der Regel zu einer definierten Absenkung im Umfeld der Entnahme mit begrenzter Reichweite. Räumliche Überlagerungen von Entnahmen verändern das Strömungsfeld auch großräumig. Wasserbauliche Maßnahmen wie beispielsweise Entwässerung, Gewässervertiefung und -begradigung führen zu dauerhaften Veränderungen des Grundwasserstandsniveaus. Weitere Faktoren wie Flächenversiegelung, Ertragssteigerungen, Landnutzungsänderungen verändern die Grundwasserneubildung.

Die lokalen Auswirkungen von Entnahmen lassen sich in vielen Messstellen anhand charakteristischer Veränderungen des Grundwasserstandsniveaus nachvollziehen.

Inwiefern gestiegene Entnahmen, z.B. durch erhöhten Bedarf der öffentlichen Wasserversorgung oder den erhöhten Bewässerungsbedarf bzw. den weiteren Ausbau der Feldberegnung, die beobachteten Grundwasserstandsentwicklungen auch auf der überregionalen und landesweiten Betrachtungsebene dieses Berichts mitbeeinflusst haben, lässt sich auf Basis der für diesen Bericht durchgeführten Auswertungen nicht beurteilen.

So ist es bislang nicht möglich, einen denkbaren Zusammenhang zwischen weiterhin abnehmenden Grundwasserständen und einem hohen und zunehmendem Nutzungsdruck in den Auswerteregionen widerspruchsfrei herzustellen. Beispielsweise konzentrieren sich in der Lüneburger Geest und Hannoveraner Geest als Schwerpunkt einer insgesamt anhaltend fallenden Grundwasserstandsentwicklung auch die traditionellen Beregnungsgebiete Niedersachsens und bedeutende Wasserwerke, während in den östlichen Dammer Bergen (als eine auffällige Region im westlichen Niedersachsen) bei vergleichbaren Grundwasserdynamiken bislang kein entsprechend hoher und zunehmender Nutzungsdruck festgestellt wurde. Nicht auszuschließen ist, dass unterschiedliche Faktorenkonstellationen (Klima, hydrogeologischer Einflüsse und anthropogener Entwicklungen) zu ähnlichen Reaktionen der Grundwasserstandsentwicklung führen können.

Gleichwohl weisen anhaltend sinkende Grundwasserstände, insbesondere in den besonders auffälligen Regionen Lüneburger Geest, Hannoveraner Geest und Börden, darauf hin, dass zumindest momentan die Verluste durch natürliche Abflüsse und Entnahmen vielerorts nicht durch eine ausreichende Grundwasserneubildung ausgeglichen wurden. Dadurch kommt einer sorgfältigen Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen eine besondere Bedeutung zu, um auch zukünftig eine nachhaltige Bewirtschaftung sicherzustellen. Die Entwicklungen werden vom GLD weiter beobachtet und auf Basis aktueller Erkenntnisse neu bewertet.

Klimawandel und Grundwasser

Für die zukünftige Entwicklung des Klimas gehen Klimafor-scher für Niedersachsen derzeit von einem weiteren Anstieg der Jahresmitteltemperaturen aus (MU/DWD 2018). Damit steigen auch die Verdunstungswerte weiter an. Für die Nie-derschläge werden für den kurzfristigen Planungshorizont bis 2050 keine Änderungen der mittleren Jahresnieder-schlagssummen erwartet, wohl aber eine Verschiebung der Niederschlagsverteilung zugunsten erhöhter Winternieder-schläge (MU/DWD 2018). Diese Änderungen sind eine di-recte Fortsetzung der bereits in der Vergangenheit in Nieder-sachsen zu beobachtenden Veränderungen (MU/DWD, 2018; Scheihing, 2019).

Die resultierenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildungsraten wurden in der Klimawir-kungsstudie für das Land Niedersachsen (MU, 2019) auf Ba-sis 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 aus-gewerteten Modellen reicht dabei von zunehmenden bis hin zu abnehmenden Grundwasserneubildungsraten für Nieder-sachsen. Einheitlich zeigt die Mehrzahl der Modelle jedoch auch für die Grundwasserneubildung eine deutliche Verstär-kung der Saisonalität, das heißt eine Abnahme im Sommer-halbjahr sowie eine Zunahme im Winterhalbjahr. Diese Än-derungen resultieren aus den vorstehend prognostizierten Entwicklungen der Niederschläge und der Temperaturen. Diese Ergebnisse werden prinzipiell auch durch die neuesten Analysen der Grundwasserneubildung mit dem Modell mGROWA22 vom LBEG (2023b) bestätigt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasser-stände in Niedersachsen lassen sich angesichts der unklaren Aussagen zur Grundwasserneubildung nur schwer einschät-zen. Grundsätzlich ist bei einer Verringerung der Grundwas-serneubildung auch eine Absenkung des Grundwasser-stands-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 Erhö-hung des saisonalen Grundwasseranstiegs auszugehen, gleichzeitig verlängert sich im Gegenzug nicht nur die som-merliche Absinkphase, auch die Absinkraten könnten im Sommer durch weiter verringerte Neubildung und ggf. ei-nem möglicherweise zunehmenden Entnahmebedarf höher ausfallen. Ob sich diese Einflüsse ausgleichen oder insgesamt zu einer Verschiebung des Grundwasserstands-niveaus füh-ren, 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 langfris-tigen klimatischen Entwicklungstendenzen bestimmt, son-dern auch durch die konkrete Ausgestaltung der Witterungsdynamik innerhalb der klimatischen Zeithorizonte be-einflusst, insbesondere durch die Saisonalität und die Vertei-lung und Abfolge von Trocken-, Feucht- und Normaljahren.

Es ist auch in Hinblick auf die Zunahme von Extremereignis-sen nicht auszuschließen, dass wesentlich häufiger als bisher sehr niedrige bis extrem niedrige Grundwasserstände im Spätsommer erreicht werden. Zwar haben frühere Trocken-ereignisse 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 nachge-wiesen 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 hin-weg den Weg für atlantische Tiefdruckgebiete nach Mittel-europa blockierte (CEDIM-FDA, 2018). Mann et al. (2018) konnten zeigen, dass derartige Strömungsmuster unter dem Einfluss des Klimawandels zukünftig mit größerer Wahr-scheinlichkeit auftreten und so die Ausbildung von Extrem-wetterlagen auf der Nordhemisphäre forcieren. Klimarekon-struktionen 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 Bodenfeuchtede-fizit über fünf Jahre, stellt der Zeitraum 2014 – 2018 das ext-remste Ereignis seit Beginn der Aufzeichnungen dar (Mo-ravec 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 Grundwasserstandsentwicklung ha-ben Wunsch et al. (2022) bundesweit 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 Trocken-jahren für die Grundwasserstandsentwicklung von wesent-lich 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.

Speziell für Niedersachsen wurde im Frühjahr die Phase 7 der vom Land Niedersachsen geförderten KLBIW-Projektreihe

abgeschlossen (NLWKN et al. in Vorbereitung). In dieser Projektphase erfolgte eine erste Untersuchung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände in Niedersachsen. Projektbeteiligte waren der NLWKN, das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), die Leibniz-Universität Hannover und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Auf Basis eines Klimaszenarios ohne Klimaschutz (RCP8.5) wurden anhand eines Ensembles von 8 Läufen regionaler Klimamodelle und 4 unterschiedlichen Ansätzen zur Impactmodellierung mögliche Entwicklungen der Grundwasserstandsdynamik für ausgewählte, anthropogen weitgehend unbeeinflusste Messstellen in die Zukunft projiziert und anhand von statistischen Kennwerten ausgewertet. In den verschiedenen Teilprojekten wird übereinstimmend eine Akzentuierung des Jahresgangs mit größeren Amplituden und geringfügig steigenden Jahreshochständen und gleichbleibenden bis geringfügig fallenden Jahrestiefständen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts deutlich. Hinsichtlich der zukünftigen mittleren Grundwasserstands-niveaus zeichnen sich derzeit keine klaren Trends ab. Das zugrunde gelegte Ensemble der Klimamodelle weist dabei sowohl feuchtere als auch trockenere Entwicklungspfade auf, die auch eine entsprechende Spannweite in der Einschätzung zukünftiger Entwicklungen zulassen.

Insgesamt verbleibt damit eine Unsicherheit für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung bis zur Mitte bzw. bis zum Ende des Jahrhunderts. Die aktuelle Situation mit anhaltend trockenen Niederschlagsverhältnissen führt dabei zu einer ansteigenden Besorgnis über eine denkbare weitere Verschärfung der Entwicklung. Erste Klimavorhersagen über die nächsten Jahre liegen mittlerweile beim DWD (2023c) vor. Diese sehen für Niedersachsen eine Fortsetzung unterdurchschnittlich trockener Verhältnisse im Vergleich zur Klimaausprägung im Zeitraum 1991-2020 zumindest bis in die zweite Hälfte dieses Jahrzehnts als wahrscheinlich an.

Grundwasserbewirtschaftung und Umwelt

Die Grundwasserstandsentwicklung 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 (Scheiing, 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 erwartet.

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 und Klimaänderungen wurden hier bislang nicht betrachtet. 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 Wasserrechtsverfahrens 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. 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 und methodische Entwicklungen 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 niedrigem Niveau. Die Trockenjahre 2018 und 2019 haben die Situation noch einmal

deutlich verschärft und landesweit extrem niedrige Grundwasserstandsniveaus 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 verlief. Außergewöhnlich feuchte Witterungsverhältnisse, die eine schnellere Regeneration auch bei ungünstigen Standortverhältnissen bewirken könnten, sind bislang jedoch nicht aufgetreten. Das Trockenjahr 2022 hat bisher erreichte Verbesserungen zumindest teilweise auch wieder aufgehoben. Insbesondere die großräumigen Unterschiede zwischen den nördlichen und westlichen Landesteilen mit mehrheitlich auf niedrigem Niveau stabilen Grundwasserständen und den östlichen und südlichen Landesteilen mit derzeit in vielen Messstellen weiter sinkenden Grundwasserständen sind hervorzuheben.

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 zufälliger 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.

Im Rahmen der hier durchgeführten landesweiten und überregionalen Betrachtungen kann jedoch weder die Art noch das Ausmaß möglicher anthropogener Einflüsse auf die beobachteten Entwicklungen beurteilt werden. Fest steht jedoch, dass zumindest momentan die Grundwasserverluste durch natürliche Abflüsse und Entnahmen vielerorts nicht durch eine ausreichende Grundwasserneubildung ausgeglichen werden. Einer vorsorgeorientierten Grundwasserbewirtschaftung kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Für eine vorausschauende Grundwasserbewirtschaftung ist es 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 (inklusive der damit verbundenen Umweltfolgen) 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)

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

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

DWD Deutscher Wetterdienst (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 Deutscher Wetterdienst (2022b): Von sonnig über nasskalt bis hochsommerlich mit sinkender Bodenfeuchte: Die agrarmeteorologische Situation im Frühling 2022 (Stand 05.07.2022). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2022_bericht_fruehling_barrierefrei.html?nn=730330

DWD Deutscher Wetterdienst (2022c): Sonnig, warm und trocken: Die agrarmeteorologische Situation im Sommer 2022 (Stand 06.09.2022). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2022_bericht_sommer_barrierefrei.html?nn=730330

DWD Deutscher Wetterdienst (2022d): Sehr warm, aber teils auch regenreich: Die agrarmeteorologische Situation im Herbst 2022. https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2022_bericht_herbst_barrierefrei.html

DWD Deutscher Wetterdienst (2023): Teilweise extrem mild, nur kurzzeitig kalt: Der agrarmeteorologische Winter 2022/2023 (Stand 30.06.2023). https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/berichte/pdfs/2022_2023_bericht_winter_barrierefrei.html

DWD Deutscher Wetterdienst (2023b): Climate Data Center, <http://www.dwd.de/cdc> (Zugriff am 31.03.2023)

DWD Deutscher Wetterdienst (2023c): Dekadische Profi-Klimavorhersagen. https://www.dwd.de/DE/leistungen/kvhs_de/2_expert_de/year_de/yearly_node.html (Zugriff am 3.7.2023)

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

LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023): Zeitreihenanalyse der Grundwasserneubildung je niedersächsischem Grundwasserkörper (Methode: mGROWA22), Version v1.0. – Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS®); Hannover.

LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023b): Projektionsdaten zum aktuellen Klima und zum Klimawandel auf dem NIBIS-Kartenserver. Themenkarten Klima und Klimawandel. <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/> (Zugriff am 3.7.2023)

Lischeid, G. (2021): Abschätzung des mittelfristigen Niedrigwasserrisikos anhand der Daten des Grundwassermonitorings. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 14 (12), S. 780 - 785.

Lischeid, G., Natkhin, M., Steidl, J., Dietrich, O., Dannowski, R., Merz, C.: Assessing coupling between lakes and layered aquifers in a complex Pleistocene landscape based on water level dynamics. Adv. Wat. Res. 33, 1331-1339 (2010)

Lischeid, G., Steidl, J., Merz, C.: Funktionalanalyse versus Trendanalyse zur Abschätzung anthropogener Einflüsse auf Grundwasserganglinien. Grundwasser 17, 79-89 (2012)

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.

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 (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)

MU (2020): 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).

- 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.
- NLWKN (2019): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation im Trockenjahr 2018. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 36, Norden.
- NLWKN (2020): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation in den Trockenjahren 2018 und 2019. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 41, Norden.
- NLWKN (2021): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2020. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 48, Norden.
- NLWKN (2022): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2021. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 54, Norden.
- NLWKN (2022b): Niedersächsisches Messprogramm Klima-Grundwasserstand. NLWKN Schriftenreihe Grundwasser 53, Norden.
- NLWKN (Hrsg., 2008): Leitfaden für die Bewertung des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper in Niedersachsen und Bremen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Stade.
- 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)
- Turc, L. (1961) Water requirements assessment of irrigation, potential evapotranspiration: Simplified and updated climatic formula. Annales Agronomiques, 12, 13-49.
- 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)
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. Cavadias, G. (2002): The influence of auto-correlation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrol. Process. 16, 1807-1829

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
J. Schnittger, NLWKN Betriebsstelle Brake/Oldenburg
C. Karfusehr, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Gestaltung

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

Stand

15.09.2023

1. Auflage: September 2023, 400 Stück