

## Niedersächsisches Messprogramm Klima-Grundwasserstand

Entwicklung eines landesweiten Messprogramms zur Ermittlung  
klimawandelbedingter Veränderungen der  
niedersächsischen Grundwasserstandssituation



**Niedersachsen**



# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	5
Zusammenfassung .....	6
1. Einleitung.....	7
2. Klima und Grundwasserstand.....	8
2.1. Grundwasserstand und -neubildung .....	8
2.2. Klimaveränderungen und Auswirkungen auf den Grundwasserstand in Niedersachsen .....	9
3. Niedersächsisches Messprogramm „Klima-Grundwasserstand“ .....	11
3.1. Aufgabe des Klima-Messprogramms .....	11
3.2. Auswahl von Grundwassermessstellen für das Klima-Messprogramm.....	12
3.2.1. Kriterien zur Auswahl von Grundwassermessstellen .....	13
3.2.2. Vorgehensweise bei der Auswahl von Grundwassermessstellen .....	16
3.3. Grundwassermessstellen des Klima-Messprogramms.....	17
4. Anmerkungen .....	18
5. Anhang .....	19
6. Literaturverzeichnis.....	26

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verteilung der GW-Neubildung in Niedersachsen.....	8
Abbildung 2:	Änderung der GW-Neubildungsrate im a) Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) und b) Winterhalbjahr (November bis April) in der fernen Zukunft (2071-2100, mittlere Tendenz) gegenüber dem Referenzzeitraum (1971-2000).....	9
Abbildung 3:	2.307 GWMs aus dem GÜN-Standsmessnetz als Grundlage für die GWM-Auswahl für das Klima-Messprogramm.....	12
Abbildung 4:	GWMs des niedersächsischen Messprogramms „Klima-GW-Stand“ .....	17
Abbildung A-1:	Ablaufschema zur Anwendung der Kriterien bei der GWM-Auswahl.....	19
Abbildung A-2:	Niedersächsischer Beitrag für das bundesweite „DAS-Monitoring“ .....	20

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Relevante Kriterien für die GWM-Auswahl.....	13
Tabelle A-1:	GWM-Auswahl für das niedersächsische Messprogramm „Klima-GW-Stand“ .....	21

# Abkürzungsverzeichnis

AI	AqualInfo
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BST	Betriebsstelle
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DFÜ	Datenfernübertragung
DWD	Deutscher Wetterdienst
(EG-)WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst
GÜN	Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen
GW	Grundwasser
GWM/GWMs	Grundwassermessstelle/Grundwassermessstellen
KLIWA	Kooperationsvorhaben „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
OFW	Oberflächengewässer
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WMO	Weltorganisation für Meteorologie

## Zusammenfassung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz betreibt im Rahmen seiner Aufgaben als Gewässerkundlicher Landesdienst landesweite Messprogramme zur Ermittlung des Grundwasserstands in Niedersachsen. Die erhobenen Daten und die sich daraus ergebenden Kenntnisse über den mengenmäßigen Zustand des Grundwassers bilden die Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen und Entscheidungen sowie für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung und dienen somit der Daseinsvorsorge. Die niedersächsischen Grundwasserressourcen sind jedoch insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel nicht unbegrenzt nutzbar.

Neben einer Vielzahl anderer Faktoren (natürlich und anthropogen), ist der Grundwasserstand insbesondere von der Grundwasserneubildung abhängig. Diese ist geprägt von der temperaturabhängigen Evapotranspiration sowie der Niederschlagshöhe und deren jahreszeitlicher Verteilung und Intensität. Die Klimawirkungsstudie Niedersachsen zeigt, dass aufgrund von steigenden Temperaturen und der damit einhergehenden höheren Verdunstung sowie Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse im Zuge des fortschreitenden Klimawandels langfristig mit einer Reduzierung der Grundwasserneubildung im Sommer und einer Zunahme im Winter zu rechnen ist. Im Jahresmittel wird sich die Grundwasserneubildung kaum verändern, die Problematik besteht jedoch in der verstärkten Beanspruchung der Grundwasserressourcen im Sommer, wenn der Bedarf an Grundwasser für die Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft, Industrie und Natur am höchsten ist. Es ist zu erwarten, dass sich wasserwirtschaftliche Nutzungskonflikte bzw. -konkurrenzen zwischen Belangen der öffentlichen Trinkwasser-/Brauchwasserversorgung und Feldberegnung sowie relevanter Schutzgüter wie Oberflächengewässer und grundwasserabhängiger Landökosysteme verschärfen werden.

Um belastbare Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die niedersächsische Grundwasserstandssituation zu erhalten, war die im folgenden beschriebene Entwicklung eines weiteren landesweiten Messprogramms im Bereich Grundwasserstand erforderlich. Mit dem niedersächsischen Messprogramm „Klima-Grundwasserstand“ soll eine Datenbasis geschaffen werden, auf deren Grundlage weitergehende Analysen bezüglich klimawandelbedingter Veränderungen des Grundwasserstands in Niedersachsen möglich sind. Die Grundlage für das Messprogramm stellten die Grundwassermessstellen aus den bestehenden Messprogrammen „Grundwasser-Stand“ und „WRRL-Stand“ dar, die anhand bestimmter Kriterien, die u.a. die Datenverfügbarkeit und Dynamik des Grundwasserstands, den Ausbau sowie die räumliche Abdeckung und homogene Verteilung der Grundwassermessstellen betreffen, ausgewählt wurden. Das neue Messprogramm „Klima-Grundwasserstand“ umfasst 161 möglichst anthropogen unbeeinflusste Grundwassermessstellen und ermöglicht unter Berücksichtigung der räumlichen Heterogenität/Variabilität Niedersachsens einen landesweiten Überblick. Darüber hinaus bildet es die Grundlage für die Auswahl von Grundwassermessstellen für das bundesweite Monitoring im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel („DAS-Monitoring“) und die zukünftige landesweite Darstellung repräsentativer tagesaktueller Grundwasserstandsdaten in einer Webanwendung.

# 1. Einleitung

Grundwasser (GW) übernimmt als Teil des Wasserkreislaufs eine zentrale Rolle im Landschaftswasserhaushalt, in der Wasserführung von Oberflächengewässern (OFW, als Basisabfluss) sowie in der Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen (NLWKN, 2020). Von größter Bedeutung ist GW in der öffentlichen Trinkwasserversorgung. In Deutschland werden ca. 74% des Trinkwassers aus GW gewonnen, sodass es die wichtigste Trinkwasserressource darstellt (UBA, 2012). Darüber hinaus ist GW eine wichtige Ressource in der Industrie als Kühl- und Prozesswasser sowie als Rohstoff in der Nahrungsmittelproduktion (BMU, 2008). Niedersachsen verfügt als vergleichsweise wasserreiches Land besonders im norddeutschen Tiefland über große zusammenhängende GW-Ressourcen, die eine hohe Ergiebigkeit aufweisen (BGR, 2013; NLWKN, 2014a) und eine Trinkwassergewinnung zu 86% aus GW ermöglichen (MU, 2021). Diese GW-Ressourcen sind jedoch nicht unbegrenzt nutzbar, sondern erfordern neben einem gezielten Schutz der GW-Qualität eine nachhaltige Bewirtschaftung, d.h. es darf nicht mehr GW entnommen werden, als neugebildet wird (WHG 2009; NLWKN, 2014a).

Betrachtet mit den vielfältigen Aufgaben des gewässerkundlichen Landesdienstes (GLD, nach §29 NWG, 2010), betreibt der NLWKN im Rahmen des Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) verschiedene landesweite GW-Messnetze zur Ermittlung, Aufbereitung und Dokumentation aktueller quantitativer und qualitativer GW-Daten (GW-Stand bzw. GW-Menge und GW-Güte).

Diese bilden die Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen und Entscheidungen, die Überprüfung von Umweltzielen sowie das Erkennen längerfristiger Entwicklungen (NLWKN, 2014a). Mit dem Ziel, eine nachhaltige Nutzung des GWs für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser, der Landwirtschaft (Bewässerungsfeldwirtschaft) sowie der Industrie und des Gewerbes zu gewährleisten, aber auch die Belange des Landschaftswasserhaushalts zu berücksichtigen, werden die GW-Stände in Niedersachsen regelmäßig innerhalb des Messprogramms „GW-Stand“ beobachtet. Die Ermittlung des GW-Stands erfolgt dabei je nach gewählter Messtechnik täglich, wöchentlich oder monatlich und stellt die Voraussetzung für die Erfassung der vorhandenen GW-Ressourcen in den niedersächsischen GW-Leitern und ihrer zeitlichen Veränderungen sowie die Überwachung räumlicher Auswirkungen von GW-Nutzungen dar. Mit dem Messprogramm „WRRL-Stand“ betreibt der NLWKN ein weiteres GW-Standsmessprogramm. Entsprechend der Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL, 2000) zur Überwachung des Zustands des GWs, wird damit ein zusammenhängender und umfassender Überblick über den mengenmäßigen Zustand des GWs gewährleistet (NLWKN, 2014a). Die Kenntnisse über den mengenmäßigen Zustand bilden die Basis für eine nachhaltige Bewirtschaftung, wie sie im WHG (2009) und in der EG-WRRL (2000) gefordert wird und dienen damit der Daseinsvorsorge.

## 2. Klima und Grundwasserstand

### 2.1. Grundwasserstand und -neubildung

Die Höhe des GW-Stands ist von einer Vielzahl natürlicher und anthropogener Faktoren abhängig. Als bestimmende Einflussgröße prägen klimatische Bedingungen die GW-Neubildung, was zu Veränderungen des GW-Stands führen kann. Für die GW-Neubildung sind Niederschlagshöhe, deren jahreszeitliche Verteilung und Intensität sowie die temperaturabhängige Evapotranspiration von Bedeutung (LBEG, 2019). GW-Neubildung findet hauptsächlich im hydrologischen Winterhalbjahr (November-April) statt, wenn ein Großteil des Niederschlags im Boden versickert und die GW-Oberfläche erreicht. Im Sommerhalbjahr (Mai-Oktober) überwiegt hingegen die Evapotranspiration, wodurch der größte Anteil des Niederschlags verloren geht und nicht zur GW-Neubildung beiträgt. Aufgrund dieser saisonalen Änderungen der GW-Neubildung ergibt sich eine charakteristische GW-Standsdynamik, die jahreszeitliche Schwankungen aufweist, d.h. Anstieg im Winterhalbjahr mit den höchsten GW-Ständen im Frühjahr (April/Mai) und Absenkung im Sommerhalbjahr mit den niedrigsten GW-Ständen am Ende der Vegetationsperiode im Herbst (Oktober/November) (KLIWA, 2017; LBEG, 2019; NLWKN, 2020). Aufgrund von hydrogeologischen Gegebenheiten und hydraulischen Verhältnissen (Porosität, GW-Leitertyp, unterirdischer Zu- und Abfluss von GW) kann diese saisonale Dynamik zeitverzögert auftreten und durch Witterungsverhältnisse überlagert sein (NLWKN, 2020; Schönthaler, 2019).

Regional vorherrschende klimatische Bedingungen (Verteilung der Niederschläge und Evapotranspiration, Klimatische Wasserbilanz) sowie Unterschiede in der Flächennutzung (Bewuchs, Versiegelungsgrad), den hydrogeologischen Eigenschaften des Bodens, im Relief der Geländeoberfläche und im GW-Flurabstand, als weitere Parameter, die die GW-Neubildung beeinflussen, führen in Niedersachsen zu einer heterogenen Verteilung der GW-Neubildung (DWD, 2018; Hölting und Coldewey, 2013; LBEG, 2019; MU, 2019). Die Mittelgebirgsregionen (Weser-Leine-Bergland) und der Harz zeichnen sich durch hohe Niederschlagsmengen, vergleichsweise geringe Verdunstung und hohe GW-Neubildungsraten aus. Die Geestflächen des norddeutschen Tieflands zeigen in Abhängigkeit von der Flächennutzung ebenfalls hohe GW-Neubildungsraten auf. Demgegenüber stehen geringe GW-Neubildungsraten in den küstennahen Marschen und Flussniederungen sowie am östlichen Rand Niedersachsens (Abbildung 1). In den Marschen und Niederungen sind diese auf geringe Flurabstände, die eine höhere Verdunstung durch kapillaren Aufstieg ermöglichen, zurückzuführen. In den Marschen kommt es durch Entwässerungsmaßnahmen zusätzlich zu einer Reduzierung der GW-Neubildungsraten im hydrologischen Winterhalbjahr. In den östlichen Randgebieten sind die niedrigen GW-Neubildungsraten hingegen mit den landesweit geringsten Niederschlagshöhen und der Höhe der Klimatischen Wasserbilanz zu begründen, die besonders im Sommerhalbjahr ein großes Defizit aufzeigt (DWD, 2018; MU, 2019). Im Hinblick auf den voranschreitenden Klimawandel ist zu erwarten, dass die damit einhergehenden Veränderungen der klimatischen Bedingungen (Niederschlag, Evapotranspiration) zu Veränderungen der GW-Neubildung und damit der GW-Stände in Niedersachsen führen (Bender et al., 2017; MU, 2021).

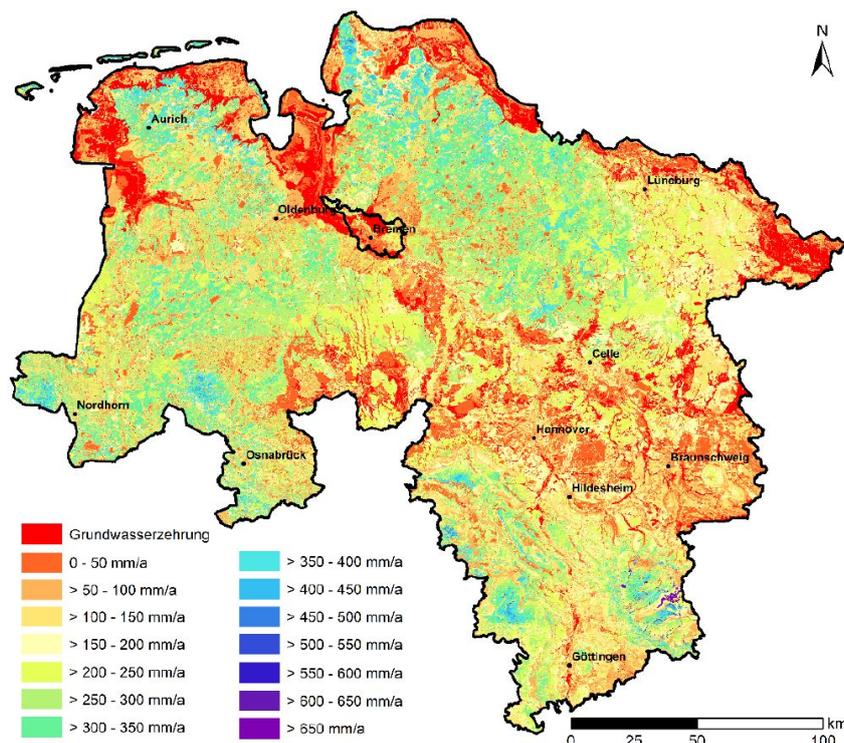


Abbildung 1: Verteilung der GW-Neubildungsraten in Niedersachsen (berechnet für die Periode 1981-2010, LBEG, 2019).

## 2.2. Klimaveränderungen und Auswirkungen auf den Grundwasserstand in Niedersachsen

Die Jahresmitteltemperatur ist in Niedersachsen seit 1881 um 1,5 °C gestiegen. Infolgedessen hat die Anzahl der Sommertage (Tageshöchsttemperatur  $\geq 25$  °C) zugenommen und Hitzeperioden treten häufiger auf. Die Anzahl der Frosttage (tägliche Tiefsttemperatur  $< 0$  °C) nahm parallel dazu ab (Scheihig, 2019; DWD, 2018). Hinsichtlich der Niederschlagsmengen ist für den Zeitraum 1881 bis 2015 ein Anstieg von ~100 mm zu verzeichnen (DWD, 2018). Dabei haben vor allem die Niederschläge im Herbst und Winter zugenommen. Auswirkungen der sich verändernden klimatischen Bedingungen lassen sich in der niedersächsischen Natur, aber auch bundesweit, bereits an den Veränderungen der Eintrittszeiten der phänologischen Jahreszeiten sowie der Verlängerung der Vegetationsperiode erkennen (DWD, 2018; UBA, 2019).

Klimaprojektionsergebnisse für Deutschland und Niedersachsen deuten auf einen weiteren Anstieg der mittleren Jahrestemperatur hin (Bender et al., 2017; DWD, 2018). Damit einhergehend ist es sehr wahrscheinlich, dass hohe Temperaturen in Verbindung mit lang andauernden Hitzeperioden zunehmen werden und es zu einem Anstieg der Evapotranspiration kommt. Niederschlagsprojektionen deuten auf eine saisonale Verschiebung der höchsten Niederschlagsmengen vom Sommer in den Winter hin (Bender et al., 2017; DWD, 2018; Scheihig, 2019). Im Sommer ist darüber hinaus mit einer Zunahme von Starkregenereignissen zu rechnen (MU, 2019).

Die Klimawirkungsstudie Niedersachsen zeigt, dass steigende Temperaturen und die sich daraus ergebende höhere Verdunstung sowie die Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse in Niedersachsen langfristig zu einer Reduzierung der GW-Neubildung im Sommer führen (MU, 2019). Begründet durch eine höhere Verdunstung, kann weniger Niederschlagswasser versickern und ins GW infiltrieren. Des Weiteren können Sommerniederschläge, die zukünftig vermehrt als Starkregen mit hoher Intensität auftreten, nicht oder nur kaum von den Böden aufgenommen werden, da diese infolge geringerer Niederschläge und höherer Temperaturen stärker austrocknen. Niederschläge werden daher zunehmend oberirdisch abfließen und nicht zur GW-Neubildung beitragen (UBA, 2019). Im Winterhalbjahr ist hingegen mit einer Zunahme der GW-Neubildungsrate zu rechnen, da die Niederschlagsverschiebung in die Wintermonate in Verbindung mit einer Temperaturzunahme, die ein Gefrieren des Bodens unterbindet, zu einer verstärkten Infiltration führen (LBEG, 2009a; MU, 2019). Natürliche saisonale GW-Standsschwankungen (wie oben beschrieben) können dadurch verstärkt werden (LAWA, 2017a; MU, 2021; NLWKN 2020). Regional fallen die Veränderungen der GW-Neubildungsrate allerdings unterschiedlich aus (Abbildung 2).

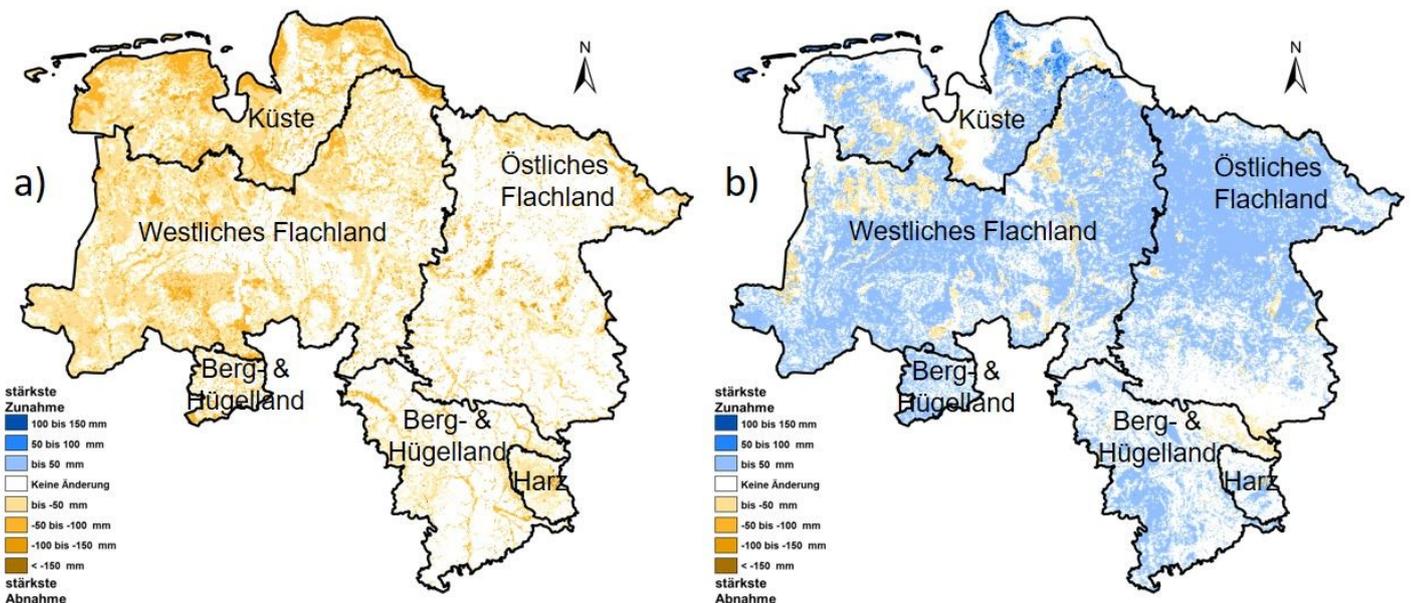


Abbildung 2: Änderung der GW-Neubildungsrate im a) Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) und b) Winterhalbjahr (November bis April) in der fernen Zukunft (2071-2100, mittlere Tendenz) gegenüber dem Referenzzeitraum (1971-2000) (verändert nach MU, 2021). Die Unterteilung Niedersachsens in fünf Teilregionen anhand der Naturräume und Klimastationsregionen entspricht MU (2019).

Durch die zunehmende GW-Neubildung im Winter ist davon auszugehen, dass das sommerliche Defizit ausgeglichen werden kann, sodass sich die GW-Neubildung im Jahresmittel in naher Zukunft (2021-2050) kaum verändern wird (MU, 2019). Die Problematik besteht jedoch in der verstärkten Beanspruchung der GW-Ressourcen bei zunehmender Trockenheit in den Sommermonaten, wenn der Bedarf an GW für die Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft, Industrie und Vegetation am höchsten ist. In der öffentlichen Trinkwasserversorgung ist durch einen Anstieg der Spitzenlasten (kurzzeitig auftretende hohe Leistungsnachfrage) mit wachsenden Herausforderungen zu rechnen (Scheihing, 2019). In der Landwirtschaft kann es durch zunehmende Trockenheit und dem damit verbundenen Wasserdefizit zu einem erhöhten Bewässerungsbedarf kommen (LAWA, 2017a). Dabei ist vor allem Nordost-Niedersachsen, das größte zusammenhängende Beregnungsgebiet Deutschlands (Battermann und Theuvsen, o.J.), hervorzuheben. Hier ist die natürliche Wasserversorgung der landwirtschaftlichen Flächen bereits heute nicht ausreichend und es wird eine Zunahme der potentiellen Beregnungswassermenge im Mittel um ~30% prognostiziert (LBEG, 2009b). Darüber hinaus können Schäden an GW-abhängigen Landökosystemen, die auf einen bestimmten GW-Stand angewiesen sind, auftreten, der Mindestabfluss von Fließgewässern aufgrund eines geringeren GW-Zustroms (Basisabfluss) negativ beeinflusst werden sowie Waldschäden auftreten (MU, 2021; LAWA, 2017a). Ein Anstieg der Temperatur sowie länger anhaltende Trocken- und Hitzeperioden können somit bei verringerter GW-Neubildung, sinkenden GW-Ständen und einer Abnahme der Wasserverfügbarkeit zu Versorgungsproblemen führen und wasserwirtschaftliche Nutzungskonflikte bzw. -konkurrenzen zwischen Belangen der öffentlichen Wasser- und Brauchwasserversorgung und Feldberegnung sowie relevanter Schutzgüter wie Oberflächengewässer und vom GW-abhängige Landökosysteme verschärfen (LAWA, 2017a; MU, 2021). Das Ausmaß der hier beschriebenen negativen Auswirkungen hängt dabei von der Intensität zukünftiger Trockenperioden ab und kann in Abhängigkeit der hydrogeologischen Situation und der Bodeneigenschaften regional sehr unterschiedlich sein (MU, 2021).

Welche Auswirkungen langanhaltende Trockenperioden auf die GW-Standssituation in Niedersachsen (aber auch bundesweit) haben können, zeigte sich anhand der Trockenjahre 2018 und 2019 (NLWKN, 2020; UFZ, 2020). Die Sommer 2018/2019 waren durch extrem geringe Niederschlagsmengen in Verbindung mit hohen Verdunstungsraten gekennzeichnet, was zu einem deutlichen Absinken der GW-Stände führte. 2018 erreichten 501 von 1354 ausgewerteten niedersächsischen Grundwassermessstellen (GWMs) bisherige Tiefststände oder neue Tiefststände seit 1988 (37%). Im Winter 2018/2019 konnten die GW-Standsdefizite nicht ausreichend ausgeglichen werden, sodass sich die GW-Standssituation im hydrologischen Jahr 2019 weiter verschlechterte. Die im hydrologischen Jahr 2018 erreichten Rekordtiefststände wurden in vielen GWMs weiter unterboten, sodass an 742 GWMs (55%) bisherige Tiefststände, einschließlich die des Vorjahres, unterschritten wurden. Die gravierendsten GW-Standsentwicklungen mit den höchsten Absenkungsbeträgen waren in den Geest- und Börderegionen Niedersachsens zu beobachten, wohingegen die geringsten Absenkungen in den Niederungsregionen in Westniedersachsen auftraten. Im Gegensatz zu vorherigen Trockenjahren (z.B. 1996-1998, 2009/2010), die zu einem regional begrenzterem GW-Standsrückgang führten, waren die Auswirkungen der Trockenjahre 2018/2019 deutlich ausgeprägter und landesweit erkennbar. Das Ausmaß dieser Trockenheit zeigte sich dabei nicht allein an tiefen GW-Ständen, sondern war für die Öffentlichkeit besonders deutlich an den sich hieraus ergebenden Folgen wie Ernteeinbußen, technischen Problemen in der Wasserversorgung, extrem tiefen Wasserständen in Oberflächengewässern sowie weiträumigen Absterben von Bäumen sichtbar. Diese extreme GW-Situation setzte sich auch 2020 weiter fort (NLWKN, 2021). Bereits das Frühjahr 2020 war bundesweit durch überdurchschnittlich hohe Temperaturen und deutlich zu wenig Niederschlag gekennzeichnet (~50% weniger als in der Referenzperiode 1961-1990, DWD, 2020a). Auch der Sommer 2020 fiel zu warm und etwas zu trocken aus (DWD, 2020b), was sich ebenfalls am Bodenfeuchtezustand erkennen ließ. In einigen Regionen Niedersachsens war das dritte Jahr in Folge eine außergewöhnliche Dürre zu verzeichnen (UFZ, 2020). Eine Verbesserung der GW-Standssituation im Vergleich zu den zwei vorherigen Extremjahren trat 2020 daher nicht ein (NLWKN, 2021). Zwar lagen die GW-Stände 2020 weitgehend zwischen den Niveaus der Trockenjahre 2018/2019, an 173 GWMs wurden allerdings erneut Tiefststände der Vorjahre unterboten (NLWKN, 2021).

# 3. Niedersächsisches Messprogramm „Klima-Grundwasserstand“

## 3.1. Aufgabe des Klima-Messprogramms

Die Erkenntnisse zur GW-Standssituation in den Trockenjahren 2018/2019 sowie im Jahr 2020 (NLWKN, 2020, 2021) geben einen Eindruck von den zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die GW-Stände in Niedersachsen (MU, 2021). Im Sinne einer nachhaltigen GW-Bewirtschaftung, wie sie anhand der Umwelt- und Bewirtschaftungsziele der EG-WRRRL (2000) bzw. des WHG (2009) gefordert wird, sind zukünftige Veränderungen des GW-Stands und der GW-Verfügbarkeit vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels zu berücksichtigen (LAWA, 2017a; NLWKN, 2020). Dafür sind eine kontinuierliche Beobachtung der GW-Menge über den GW-Stand sowie Kenntnisse über das Langzeitverhalten der GW-Stände von Bedeutung (KLIWA, 2017; LAWA, 2017a). Im Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, UBA, 2019) wurde der GW-Stand bereits als Indikator für Klimawandelfolgen und Anpassung gewählt, wodurch dessen Relevanz im Kontext zum Klimawandel verdeutlicht wird.

Wie oben beschrieben, erfasst der NLWKN im Rahmen seiner Tätigkeit als GLD landesweit Informationen über die Menge und Güte des niedersächsischen GW. Eine wesentliche Aufgabe besteht ebenfalls in der Analyse von Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt. Untersuchungen im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel und dessen Auswirkungen auf den GW-Stand in Süd- und Ostdeutschland sowie auf bundesweiter Ebene zeigen bereits, dass insbesondere in der zurückliegenden Dekade vermehrt extrem niedrige GW-Stände aufgetreten sind und dass Monate mit unterdurchschnittlich niedrigen GW-Ständen im Vergleich zum langjährigen Mittel signifikant häufiger werden. Bei einem Großteil der in diesen Untersuchungen ausgewerteten GWMs ist eine langfristige Tendenz zu geringeren GW-Ständen sowie eine Veränderung des innerjährlichen Verlaufs, d.h. ein früheres Auftreten des Maximalwertes des GW-Stands, zu erkennen. Darüber hinaus konnte auch eine Vergrößerung der GW-Standsamplitude ermittelt werden (KLIWA, 2011; KLIWA, 2017; LfULG, o.J.; UBA, 2019).

Um belastbare Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die niedersächsische GW-Standssituation zu erhalten, war die Entwicklung eines weiteren landesweiten Messprogramms im Bereich GW-Stand erforderlich. Die Aufgabe dieses Klima-Messprogramms sowie die Entwicklung, d.h. die Auswahl dafür geeigneter GWMs, werden im Folgenden erläutert.

Die wesentliche Aufgabe des niedersächsischen Messprogramms „Klima-GW-Stand“ ist es, eine Datenbasis zu schaffen, auf deren Grundlage weitergehende Analysen hinsichtlich klimawandelbedingter Veränderungen des GW-Stands bzw. der GW-Menge in Niedersachsen möglich sind.

Es stellt zum einen die Grundlage zur Bearbeitung zeitlicher Fragestellungen in unterschiedlicher Auflösung, d.h. kurzfristig und langfristig, dar. Kurzfristige Fragestellungen beziehen sich auf die Analyse von Auswirkungen klimawandelbedingter Extremereignisse auf die aktuelle GW-Standssituation, wie z.B. die Trockenjahre 2018/2019, die zu temporären Veränderungen der Wasserverfügbarkeit durch eine Vergrößerung der GW-Standsamplitude führen können (kurzfristige und saisonale Schwankungen bzw. Änderungen der GW-Stände).

Langfristige Fragestellungen beziehen sich hingegen auf die Analyse langjähriger, klimatischbedingter Entwicklungstendenzen der GW-Stände in Niedersachsen als Indikator für langfristige Änderungen der Wasserhaushaltsbilanz und somit als Grundlage für wasserwirtschaftliche Beurteilungen von Klimaveränderungen und eine nachhaltige Bewirtschaftung der GW-Ressourcen (langfristige Entwicklungen bzw. -Änderungen der GW-Stände).

Zum anderen stellt das Klima-Messprogramm die Grundlage zur Bearbeitung räumlicher Fragestellungen auf unterschiedlichen Betrachtungsskalen dar (bundesweit, landesweit, regional). Es soll primär einen landesweiten Überblick über die Auswirkungen des Klimawandels auf die GW-Standsentwicklung ermöglichen. Da die Untersuchungen hinsichtlich der Trockenjahre 2018/ 2019 jedoch zeigten, dass die GW-Stände regional unterschiedlich stark auf die lang anhaltende Trockenheit reagierten (s. 2.2), berücksichtigt das Klima-Messprogramm durch die Auswahl entsprechender GWMs daher auch die räumliche Heterogenität bzw. Variabilität Niedersachsens hinsichtlich der hydrogeologischen Gegebenheiten (Hydrogeologische Räume und Teilräume), Naturräume sowie klimatologischen Verhältnisse, um auch regional differenzierte Untersuchungen und Aussagen zu klimawandelbedingten Veränderungen des GW-Stands durchführen bzw. treffen zu können. Auf bundesweiter Betrachtungsskala dient das Klima-Messprogramm der GWM-Auswahl für das bundesweite Monitoring, das im Rahmen der DAS durchgeführt wird, um einen Überblick über die GW-Standsentwicklung in Deutschland unter dem Einfluss des Klimawandels zu erhalten (Schönthaler, 2019; UBA, 2019)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Im „DAS-Monitoring“ sind bereits 20 niedersächsische GWMs berücksichtigt, die 2018 vorläufig durch den NLWKN ausgewählt wurden. Die finale Meldung der niedersächsischen GWMs erfolgt mit der Einrichtung des hier beschriebenen Messprogramms Klima-GW-Stand.

Besonders aufgrund der beiden Trockenjahre 2018/2019 rücken fallende GW-Stände bzw. die sich daraus ergebenden Folgen für die Wasserwirtschaft, Land-/Forstwirtschaft und Umwelt (s.o.) immer mehr in den Fokus der Gesellschaft<sup>2, 3</sup>.<sup>4</sup> Die für das Klima-Messprogramm ausgewählten GWMs werden daher ebenfalls in der Webanwendung zur Darstellung tagesaktueller GW-Standsdaten berücksichtigt, die derzeit für die zeitnahe Information der Politik, Wasserwirtschaftsverwaltung und interessierten Öffentlichkeit über die GW-Standssituation in Niedersachsen entwickelt wird. Somit übernimmt das Klima-Messprogramm auch eine gesellschaftspolitische Aufgabe.

Daraus ergibt sich, dass das niedersächsische Messprogramm „Klima-GW-Stand“ die grundsätzliche Basis darstellt, aus der je nach Fragestellung einzelne GWMs ausgewählt und für die jeweiligen „Unterprogramme“ (z.B. „DAS-Monitoring“, Darstellung in Webanwendung) verwendet werden können. Im Sinne der niedersächsischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (MU, 2012), dient es durch Beobachtung und Beurteilung der langfristigen Verhältnisse sowie der aktuellen Entwicklungen des GW-Stands der frühzeitigen Feststellung klimawandelbedingter Änderungen der GW-Menge sowie der Verbesserung der Wissensbasis bzgl. der Folgen des Klimawandels wie in der DAS (UBA, 2019) gefordert.

### 3.2. Auswahl von Grundwassermessstellen für das Klima-Messprogramm

Die Grundlage für die Auswahl von GWMs für das neue Messprogramm waren vorhandene GWMs aus den Messprogrammen „GW-Stand“ und „WRRRL-Stand“, die im Rahmen des GÜN-Standsmessnetzes betrieben werden (Stand: Oktober 2020, Abbildung 3). Von diesen 2.307 GWMs sind 1.115 im Messprogramm „WRRRL-Stand“ integriert (Stand: August 2020). Um die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die GW-Standsentwicklung zu erfassen, waren bei der GWM-Auswahl bestimmte Kriterien zu beachten, die die Datenverfügbarkeit und -qualität sowie Dynamik des GW-Stands, den GWM-Ausbau und die räumliche Abdeckung und homogene Verteilung der GWMs betreffen. Die nachfolgend aufgeführten Kriterien decken sich dabei im Wesentlichen mit den Kriterien der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren Untergruppe Grundwasser, die sich mit dem DAS-Indikator „GW-Stand“ beschäftigt (vgl. Schönthaler, 2019) sowie mit den in LAWA (1999) aufgeführten Kriterien.

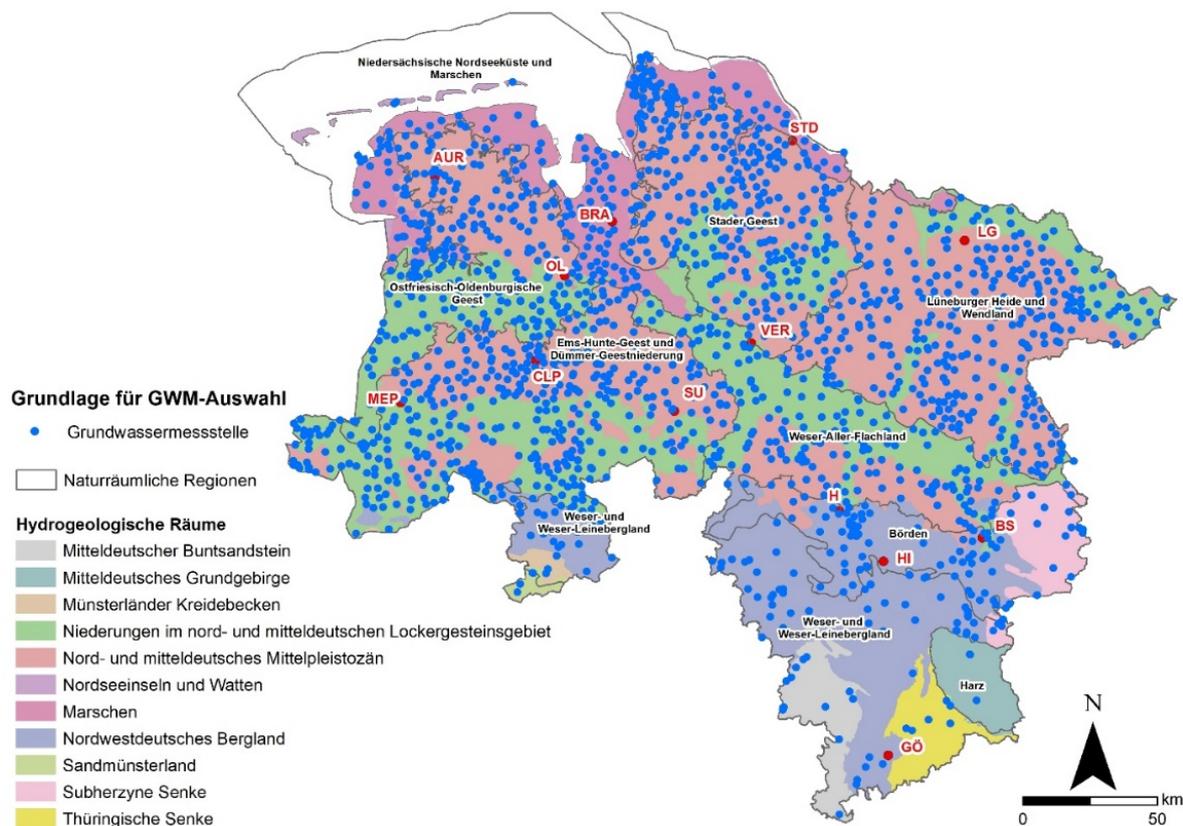


Abbildung 3: 2.307 GWMs aus dem GÜN-Standsmessnetz (Stand: Oktober 2020) als Grundlage für die GWM-Auswahl für das Klima-Messprogramm. Des Weiteren sind die Hydrogeologischen Räume (LBEG, 2016) sowie die naturräumlichen Regionen Niedersachsens dargestellt.

<sup>2</sup> <https://www.spiegel.de/>  
<sup>3</sup> <https://www.weser-kurier.de>  
<sup>4</sup> <https://www.zdf.de>

### 3.2.1. Kriterien zur Auswahl von Grundwassermessstellen

Die für die GWM-Auswahl relevanten Kriterien sind in Tabelle 1 aufgeführt. Hochgestellte Buchstaben weisen auf Erläuterungen zu den jeweiligen Kriterien hin, die im Anschluss beschrieben werden.

Bei der Anwendung der Kriterien galt es zu unterscheiden, ob diese bei der GWM-Auswahl strikt (+++) oder in angepasster Form (++) angewendet werden mussten bzw. konnten oder ob sie als Zusatzkriterium (+) Anwendung finden konnten. Diese Klassifizierung der Kriterien diente der Sicherstellung der Repräsentativität des Klima-Messprogramms (s.u.).

Tabelle 1: Relevante Kriterien für die GWM-Auswahl.

Kriterien	Anwendung (+++,++,+)
Datenverfügbarkeit (Länge und Vollständigkeit der Datenreihe): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundwassermessstelle (GWM) aktuell noch in Betrieb</li> <li>• Für GWM liegt möglichst lange Datenreihe des GW-Stands vor (30 Jahre, besser 40-50 Jahre) <sup>a</sup></li> <li>• Möglichst geringe Datenlücken (<math>\leq 10\%</math> Fehlmonate) in Datenreihe <sup>b</sup></li> </ul>	+++ ++, + ++
Natürliche bzw. witterungs- und klimatischbedingte Dynamik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• GW-Stand zeigt natürliche Dynamik in GW-Ganglinie, d.h.: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ GWM anthropogen möglichst unbeeinflusst <sup>c</sup></li> <li>○ GW-Spiegelgang nicht wesentlich durch lokale Auswirkungen künstlicher Eingriffe beeinflusst (keine GW-Entnahme, möglichst nicht in unmittelbarer Nähe zu Oberflächengewässern <sup>d</sup>)</li> </ul> </li> </ul>	+++
Verfilterung der GWM: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filterunterkante befindet sich unterhalb des geringsten zu erwartenden GW-Stands, um Trockenfallen der GWM zu vermeiden <sup>e</sup></li> </ul>	+++
Messturnus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definierter und kontinuierlicher Messturnus (möglichst täglich <sup>f</sup>, mind. monatlich)</li> </ul>	+++
Kenntnisse über die GWM: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wesentliche Kenntnisse über GWM vorhanden bezüglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ausbau (Filterlage)</li> <li>○ Bohrprofil</li> <li>○ Zustand <sup>g</sup></li> </ul> </li> </ul>	+++ +++ +++
Messfehler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenreihe des GW-Stands an GWM weist keine erkennbaren Messfehler auf <sup>h</sup></li> </ul>	+++
Reaktion des GW-Stands: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitliche Verzögerung der Reaktion des GW-Stands auf Veränderung der Klima-Parameter (Niederschlag, Verdunstung) ist möglichst gering <sup>i</sup></li> </ul>	+
Gangliniendynamik/Ganglinientypus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhältnis der mittleren jährlichen Spannweite zur Gesamtspannweite (max. Spannweite der GW-Standszeitreihe) deutet möglichst auf langjähriges Signal hin <sup>j</sup></li> </ul>	+
Streuung der GW-Standsdaten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• GWM weist ausgeprägte Streuung hinsichtlich GW-Standsdaten auf <sup>k</sup></li> </ul>	+
Ausstattung der GWM: <ul style="list-style-type: none"> <li>• GWM sollte möglichst mit Datensammler und DFÜ ausgestattet sein <sup>l</sup></li> </ul>	+
Zukünftige GWM-Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenerhebung an GWM auch in Zukunft gesichert <sup>m</sup></li> </ul>	+++

## Erläuterungen zu den Kriterien:

<sup>a</sup> Klima, als mittlerer Zustand der Atmosphäre, fasst Wettererscheinungen in einem Gebiet über einen längeren Zeitraum zusammen. Zur Beschreibung der atmosphärischen Bedingungen empfiehlt die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren (UBA, 2013). Dementsprechend ist das typische Mittelungsintervall zur Analyse klimatischer Entwicklungen 30 Jahre und entsprechend lange Datenreihen des GW-Stands sind nötig (LAWA, 2017b). Da Ergebnisse von Trenduntersuchungen von der Länge der Datenreihen abhängen, d.h. je länger eine Datenreihe ist, desto mehr Informationen sind in ihr enthalten (KLIWA, 2017), sind möglichst GWMs mit langen Datenreihen von 40 bis 50 Jahren zu präferieren. Daher kann dieses Kriterium auch als Zusatzkriterium bei der GWM-Auswahl Anwendung finden (s. 3.2.2.). Eine Reduzierung der Datenreihenlänge, d.h. eine Anpassung des Kriteriums, ist u.U. bei der GWM-Auswahl ebenfalls möglich (s. 3.2.2.).

<sup>b</sup> Die Datenreihen sollten annähernd geschlossen sein. Um belastbare Aussagen zur GW-Standsentwicklung treffen zu können, sollten grundsätzlich nicht mehr als 10% Fehlmonate in der Datenreihe auftreten (in Analogie zur Umsetzung der EG-WRRRL, 2000). Wenn möglich, sind Fehlerergänzungen durch Interpolation durchzuführen. Dies gilt besonders, wenn beabsichtigt wird den Fokus in der Auswertung der GW-Standsentwicklung auf extreme Monatswerte zu legen (Schönthaler, 2019). Dieses Kriterium kann in angepasster Form bei der GWM-Auswahl angewendet werden (s. 3.2.2.).

<sup>c</sup> Um klimawandelbedingte Effekte auf den GW-Stand abzubilden, bedarf es der Beobachtung von GWMs, die eine natürliche bzw. witterungsbedingte und mehrjährige klimatischbedingte GW-Standsdynamik widerspiegeln und möglichst keine anthropogene Beeinflussung aufweisen. Wenn nicht möglich, sollten nicht-klimatische Einflussfaktoren quantifizierbar sein (z.B. GW-Entnahmen, vgl. LAWA, 2017b; Schönthaler, 2019).

<sup>d</sup> GWMs in der Nähe von OFW können stark von deren Abflussverhalten geprägt sein. Der Wasserstand des OFW kann stabilisierend auf den GW-Stand wirken, sodass der ermittelte GW-Stand nur von bedingtem Wert ist (Hölting und Coldewey, 2013; NLWKN, 2020). Dies betrifft besonders mit dem GW hydraulisch in Verbindung stehende OFW, die anthropogene Einflüsse aufweisen (z.B. gestaute Vorfluter, vgl. LAWA, 1999).

<sup>e</sup> Voraussetzung zur Anwendung dieses Kriteriums ist die eindeutige Kenntnis über Lage der Filterunterkante (s. Kriterium: Kenntnisse über GWM) sowie über den minimalen GW-Stand in der GWM.

<sup>f</sup> Tageswerte ermöglichen eine bessere Differenzierung der GW-Standsentwicklung bei kurzzeitigen Extremereignissen bzw. ermöglichen die Erfassung kurzfristiger Auswirkungen auf die GW-Stände.

<sup>g</sup> Entsprechend der Vorgaben zur Auswahl von geeigneten GWMs im Rahmen des Monitorings gemäß EG-WRRRL (NLWKN, 2006), ist für die Eignung einer GWM neben den räumlichen Anforderungen (Repräsentativität der GWM) auch ein einwandfreier technischer Zustand der GWM von Bedeutung. Die GWM muss einen ausreichenden hydraulischen Anschluss an den GW-Leiter aufweisen, die Ringraumabdichtungen müssen funktionsfähig sein und der Ausbau darf keine Schäden aufweisen.

<sup>h</sup> Die Datenreihe des GW-Stands weist keine erkennbaren Messfehler, z.B. durch Gerätedefekt, Wechsel der Geräte oder Methodik, GWM-Verlegung, Ablesefehler, Beobachterwechsel etc. auf. Auffällige Datensätze/Messwerte (z.B. durch Probe-nahme) sind von der sich anschließenden Auswertung auszuschließen.

<sup>i</sup> Oberflächennahes GW bzw. oberflächennahe GW-Stände freier GW-Leiter sind mehr oder weniger direkt von der Witterungsdynamik, d.h. Niederschlagsverhältnisse und Verdunstung als bestimmende Faktoren der GW-Neubildung, abhängig und geben das jahreszeitliche Zusammenwirken beider Klima-Parameter zeitversetzt, aber ziemlich exakt, wieder (je nach Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Deckschicht, Hölting und Coldewey, 2013). Aufgrund des Wirkungszusammenhangs zum Klimawandel sind daher GWMs in oberflächennahen GW-Leitern mit geringem Flurabstand und dementsprechend geringer zeitlicher Verzögerung der Reaktion des GW-Stands auf witterungsbedingte Veränderungen der Klima-Parameter auszuwählen. Dies gilt insbesondere für die Bearbeitung kurzfristiger Fragestellungen sowie die webbasierte Darstellung tagesaktueller GW-Standsdaten, für die sich GWMs in gespannten GW-Leitern und tiefen GW-Stockwerken i.d.R. nicht eignen. Sofern keine anthropogene Beeinflussung vorliegt (z.B. GW-Entnahme), reagieren die GW-Stände in solchen Fällen u.U. stark zeitverzögert auf Veränderungen der Klima-Parameter, geben diese nur angenähert wieder und weisen geringere Schwankungsdynamiken bzw. Glättungen in der GW-Standsdynamik auf (bei Vorhandensein eines stauenden Horizonts aus gering durchlässigen Sedimenten, Hölting und Coldewey, 2013). Gespannte Verhältnisse stellen jedoch kein generelles Ausschlusskriterium bei der GWM-Auswahl dar. Trotz Verfilterung einer GWM in gespannten Bereichen kann der GW-Stand der witterungsbedingten Dynamik folgen, wenn der GW-Leiter hydraulisch nicht isoliert, sondern mit freien GW-Leitern verbunden ist. Darüber hinaus können GW-Stände in gespannten GW-Leitern bzw. tiefen GW-Stockwerken für die Bearbeitung langfristiger Fragestellungen verwendet werden. Dieses Kriterium ist kein Ausschlusskriterium im

Sinne des K.o.-Prinzips, sondern kann als Zusatzkriterium Anwendung finden und Präferenzen bei der GWM-Auswahl aufzeigen und dient der weiteren Differenzierung bei mehreren geeigneten GWMs (s. 3.2.2.).

<sup>j</sup> Das Kriterium kann ebenfalls bei der GWM-Auswahl als Zusatzkriterium Anwendung finden (s. 3.2.2.). Stehen in einem Bereich mehrere geeignete GWMs zur Auswahl, sollte möglichst die GWM ausgewählt werden, deren GW-Standsdynamik ein langjähriges Signal aufweist. Der dafür betrachtete RangeRatio-Wert (Verhältnis der mittleren jährlichen Spannweite zur maximalen Spannweite der GW-Standszeitreihe, Wunsch und Liesch, 2019) sollte dabei auf eine GW-Gangliendynamik hinweisen, in der das langjährige Signal (Gesamtspannweite) größer ist als das innerjährliche (jährliche Spannweite) <sup>5</sup>.

<sup>k</sup> Dieses Kriterium kann ebenso bei der GWM-Auswahl als Zusatzkriterium angewendet werden (s. 3.2.2.). Stehen in einem Bereich mehrere geeignete GWMs zur Auswahl, sollte möglichst die GWM ausgewählt werden, die eine ausgeprägte Streuung hinsichtlich der GW-Standsdaten aufweist (Standardabweichung für 30-Jahreszeitraum). Eine größere Standardabweichung, d.h. eine ausgeprägtere Streuung der Daten, ermöglicht eine genauere Erfassung der GW-Standsdynamik, sowohl im Jahrgang als auch langjährig.

<sup>l</sup> Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die webbasierte Darstellung tagesaktueller GW-Standsdaten in Niedersachsen, für die ebenfalls zeitlich hochaufgelöste Werte von Interesse sind. Hierbei handelt es sich nicht um ein Ausschlusskriterium, da die genannte Technik nachgerüstet werden kann.

<sup>m</sup> Es besteht auch in Zukunft uneingeschränkter Zugang zum Grundstück, auf dem sich die GWM befindet. Der dauerhafte Bestand der GWM muss gesichert sein.

Eine Analyse der niedersächsischen GW-Standsverhältnisse im Hinblick auf klimatische Veränderungen ist aufgrund der räumlichen Heterogenität Niedersachsens (s. 3.1), die zu charakteristischen GW-Standsverläufen bzw. Standsdynamiken führt <sup>6</sup>, nur mit einer entsprechenden Anzahl an GWMs möglich. In Ergänzung zu den aufgeführten Kriterien war für die Auswahl der GWMs daher die Repräsentativität des Klima-Messprogramms insgesamt entscheidend. Um die hydrogeologischen Verhältnisse Niedersachsens bestmöglich zu repräsentieren, wurden die GWMs daher so gewählt, dass eine ausreichende räumliche Abdeckung gewährleistet ist bezüglich der:

- Hydrogeologischen Räume (LBEG, 2016)
- Hydrogeologischen Teilräume (LBEG, 2016).

Damit sollte auch eine räumliche Abdeckung gewährleistet sein für die:

- Naturräumlichen Regionen Niedersachsens (Marschen, Niederungen inkl. Moore, Geestbereiche, Hügel-/Bergland, Harz) (NLWKN, 2010)
- Regionalklimatischen Bedingungen.

Dabei war zu beachten, dass eine homogene räumliche/geographische Verteilung der GWMs erreicht wird und eine Übergewichtung (räumliche Konzentrationen von GWMs) einzelner hydrogeologischer (Teil)Räume, Naturräume oder klimatologischer Bereiche bei der Auswahl vermieden wird (vgl. LAWA, 1999).

---

<sup>5</sup> RangeRatio-Werte zwischen 0,2-0,5 weisen auf ein deutliches langjähriges Signal im GW-Standsverlauf hin. Je kleiner der Wert, desto stärker ist das langjährige Signal ausgeprägt. Werte <0,2 weisen hingegen auf eine verstärkte Glättung der GW-Standsdynamik aufgrund geologischer Verhältnisse hin (z.B. große Deckschichten). Bei größeren Werten (>0,5) überlagert das innerjährliche das langjährige Signal.

<sup>6</sup> vgl. [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwassermenge/messergebnisse\\_landesweit/-42184.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwassermenge/messergebnisse_landesweit/-42184.html)

### 3.2.2. Vorgehensweise bei der Auswahl von Grundwassermessstellen

Mittels folgender Bearbeitungsschritte wurden geeignete GWMs für das Messprogramm „Klima-GW-Stand“ ermittelt (auf Basis der o.g. Kriterien). Die Bearbeitungsschritte wirken kontextsensitiv, d.h. dem Folgebearbeitungsschritt stand nur noch die Ergebnismenge (in diesem Fall GWM-Anzahl) des vorherigen Bearbeitungsschrittes zur Verfügung <sup>7</sup>:

1. Zusammenstellung der GWMs aus den Messprogrammen „GW-Stand“ und „WRRL-Stand“  
Grundlage: Endupload der WRRL-GWMs für die mengenmäßige Bewertung der niedersächsischen GW-Körper im Bewirtschaftungsplan 2021 sowie Datenlieferung über aktuell verwendete GW-Standsmessstellen durch einzelne NLWKN-Betriebsstellen (NLWKN-BST, Stand: Oktober 2020; Abbildung 3)
2. Datenverfügbarkeit  
Grundlage: Aqualno (AI)-CS-Datenbank; Grimm-Strele Auswertungen der GW-Standsdatenreihen für die Zeiträume 1969/1979/1989/1999-2019
3. Natürliche bzw. witterungs- und klimatischbedingte Dynamik des GW-Stands  
Grundlage: Beurteilung klimatischer bzw. anthropogener Einflüsse auf den Verlauf der GW-Ganglinien entsprechend der Methode nach Wriedt (2017) (anhand von GW-Standsdatenreihen für den Zeitraum 1987/1997-2017); ArcGIS-Analyse hinsichtlich möglicher GW-OFW-Anbindung
4. Verfilterung der GWM  
Grundlage: AI-CS-Datenbank
5. Messturnus  
Grundlage: AI-CS-Datenbank
6. Kenntnisse über GWM  
Grundlage: AI-CS-Datenbank; NIBIS-Kartenserver <sup>8</sup>
7. Messfehler  
Grundlage: AI-CS-Datenbank
8. Repräsentativität des Klima-Messprogramms  
Der für Südniedersachsen relevante Festgesteinsbereich (Hydrogeologische Räume: Nordwestdeutsches Bergland, Subherzyne Senke, Münsterländer Kreidebecken, Mitteldeutscher Buntsandstein, Thüringische Senke, Mitteldeutsches Grundgebirge) weist im Vergleich zum niedersächsischen Lockergesteinsgebiet eine geringere Anzahl an potentiell geeigneten GWMs auf (Abbildung 3). Um die hydrogeologischen Verhältnisse auch in diesen Bereichen bestmöglich zu repräsentieren und die hydrogeologischen (Teil)Räume ausreichend räumlich abzudecken,

war es teilweise nötig, das Kriterium „Datenverfügbarkeit“ (Bearbeitungsschritt 2) anzupassen, sodass auch GWMs ausgewählt wurden, die über eine verkürzte Datenreihe oder über einen höheren Anteil an Fehlmonaten verfügen. Dabei sollte die Datenreihe aber mindestens 20 Jahre und der Anteil an Fehlmonaten maximal 20% betragen. Zur Erreichung einer homogenen Verteilung der GWMs, war die Anpassung des Kriteriums dabei nicht auf Festgesteinsbereiche beschränkt, sondern fand auch in den Geest- und Niederungsbereichen Niedersachsens Anwendung.

Um eine möglichst homogene landesweite Verteilung der GWMs zu erreichen, erfolgte bei der GWM-Auswahl jedoch auch eine Reduzierung der nach den Bearbeitungsschritten 1-7 für das Klima-Messprogramm gleichermaßen geeigneten GWMs. Diese wurde anhand einer „händischen Auswahl“ in ArcGIS in zwei Schritten durchgeführt:

#### GWM-Auswahl pro Rasterzelle:

Im ersten Schritt wurde die Landesfläche in ein Raster unterteilt. Unter Anwendung der Zusatzkriterien:

- Reaktion des GW-Stands  
Grundlage: Beurteilung klimatischer bzw. anthropogener Einflüsse auf den Verlauf der GW-Ganglinien entsprechend der Methode nach Wriedt (2017) (anhand von GW-Standsdatenreihen für den Zeitraum 1987/1997-2017)
- Gangliniendynamik/Ganglinientypus  
Grundlage: Berechnung des RangeRatio-Wertes entsprechend der Methode nach Wunsch und Liesch (2019) (anhand von GW-Standsdatenreihen für den Zeitraum 1991-2020)
- Streuung der GW-Standsdaten  
Grundlage: Beurteilung klimatischer bzw. anthropogener Einflüsse auf den Verlauf der GW-Ganglinien entsprechend der Methode nach Wriedt (2017) (anhand von GW-Standsdatenreihen für den Zeitraum 1987/1997-2017)
- Datenverfügbarkeit  
Grundlage: s.o.

erfolgte eine Reduzierung auf eine GWM pro Rasterzelle (Größe pro Rasterzelle: 100 km<sup>2</sup>). Wenn nötig, wurden zusätzlich der mittlere Flurabstand und die Integration im Messprogramm „WRRL-Stand“ überprüft sowie die Lage der GWMs betrachtet – wenn innerhalb einer Rasterzelle zwei Hydrogeologische Teilräume durch die GWMs abgedeckt wurden, galt es bei der Reduzierung die benachbarten Rasterzellen und die dortige Abdeckung der entsprechenden Hydrogeologischen Teilräume miteinzubeziehen.

<sup>7</sup> Abbildung A-1 zeigt ein Ablaufschema der Bearbeitungsschritte zur Anwendung der Kriterien bei der GWM-Auswahl.

<sup>8</sup> <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>

## GWM-Auswahl pro Hydrogeologischen Teilraum:

Im Anschluss erfolgte eine weitere Reduzierung der GWMs anhand der geographischen Lage innerhalb der einzelnen Hydrogeologischen Teilräume Niedersachsens.

### 9. Überprüfung der ausgewählten GWMs hinsichtlich ihrer Eignung für das Klima-Messprogramm durch die zuständigen NLWKN-BST

Die entsprechend der Bearbeitungsschritte 1-8 vorläufig ausgewählten GWMs wurden anhand der Vor-Ort-Kenntnisse hinsichtlich:

- Betrieb der GWMs
- Datenqualität
- Anthropogene Beeinflussung und hydraulische Anbindung
- Zustand und zukünftige Nutzung der GWMs

durch die jeweiligen NLWKN-BST einer letzten Überprüfung auf Eignung für das Klima-Messprogramm unterzogen. Bei vorliegenden Gründen, die einer Eignung widersprachen, wurde, wenn möglich, in Rücksprache mit der NLWKN-BST eine geeignete alternative GWM ermittelt.

## 3.3. Grundwassermessstellen des Klima-Messprogramms

Abbildung 4 zeigt die GWM-Auswahl für das neue niedersächsische Messprogramm „Klima-GW-Stand“. Eine tabellarische Übersicht der 161 ausgewählten GWMs befindet sich im Anhang (Tabelle A-1). Die GWM-Auswahl des Klima-Messprogramms ermöglicht unter Berücksichtigung der räumlichen Heterogenität/Variabilität Niedersachsens sowohl einen landesweiten Überblick als auch regionale Differenzierungen. Die 161 GWMs dienen darüber hinaus als Grundlage für die finale Auswahl von 25 GWMs<sup>9</sup>, die den niedersächsischen Beitrag für das bundesweite „DAS-Monitoring“ darstellen (Abbildung A-2). Des Weiteren werden die GWMs in die Webanwendung integriert (s. 3.1), um eine zeitnahe Information über die landesweite GW-Standsituation bzw. GW-Standsentwicklung anhand repräsentativer tagesaktueller GW-Standsdaten zu gewährleisten.

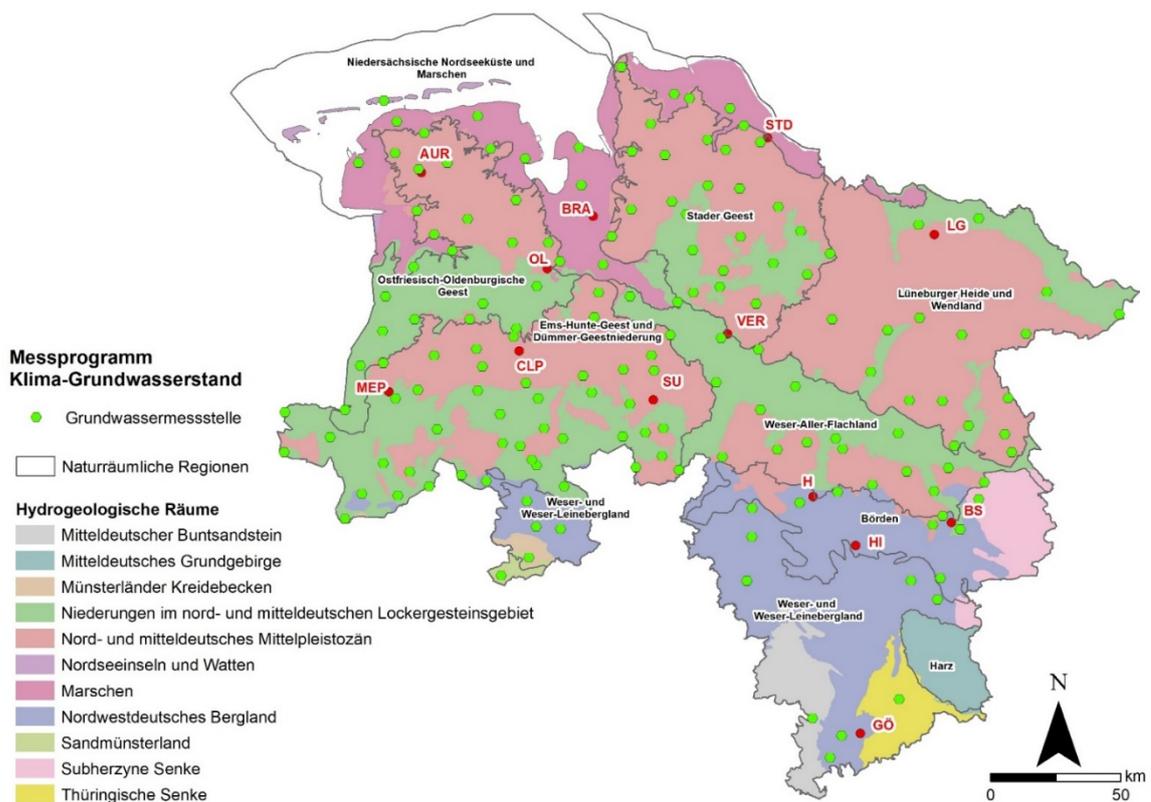


Abbildung 4: GWMs des niedersächsischen Messprogramms „Klima-GW-Stand“. Die Auswahl der 161 GWMs erfolgte entsprechend der Angaben in 3.2.1 und 3.2.2. Des Weiteren sind die Hydrogeologischen Räume (LBEG, 2016) sowie die naturräumlichen Regionen Niedersachsens dargestellt

<sup>9</sup> Entsprechend der Kriterien in Schönthaler (2019)

## 4. Anmerkungen

Bei dem hier vorgestellten niedersächsischen Messprogramm „Klima-GW-Stand“ handelt es sich nicht um ein starres bzw. endgültiges Messprogramm. Wie die bestehenden Messprogramme „GW-Stand“ und „WRRL-Stand“ auch, wird es vielmehr einem stetigen Anpassungsprozess hinsichtlich der GWMs unterliegen und jederzeit durch weitere GWMs ergänzt oder um GWMs reduziert werden können.

Das Klima-Messprogramm beinhaltet vorerst keine Quellschüttungen, gleichwohl sie als Klimaindikator relevant sind und bspw. im Monitoringbericht zur DAS (UBA, 2019) als Indikator für Klimawandelfolgen und Anpassung genutzt werden. Da sich trotz Anpassung der Auswahlkriterien (mit ++ gekennzeichnete Kriterien) räumliche Lücken in der GWM-Verteilung im Osten und Süden Niedersachsens (Bereich Lüneburger Heide und Festgesteinsbereich) aufzeigen (Abbildung 4), könnten u.U. insbesondere in Südniedersachsen Quellschüttungen bei entsprechender Eignung herangezogen werden, um dortige hydrogeologische Verhältnisse besser zu repräsentieren und zu beschreiben. In Niedersachsen wurden jedoch bislang keine Auswertungen der Quellschüttungen durchgeführt, da zum einen die Anforderungen an Messstellen zur Quellschüttungsmessung vergleichsweise anspruchsvoll sind (vgl. LfU, 2008) und es sich zum anderen um Abflussmessungen handelt, sodass eine Auswertung analog zum GW-Stand nicht möglich ist. Des Weiteren hängt die Quellschüttung u.a. von der Größe des Einzugsgebiets ab. Insbesondere Quellen mit kleinem Einzugsgebiet reagieren direkt auf Niederschlagsereignisse (Hölting und Coldewey, 2013) und unterscheiden sich von GWMs durch eine schnellere Reaktion auf Änderungen des Niederschlagsregimes (Schönthaler, 2019).

In Bereichen, in denen keine ausreichende Abdeckung mit GWMs gewährleistet werden konnte, ist ferner zu prüfen, ob lokale Wasserversorger über GWMs mit entsprechenden Datenreihen des GW-Stands verfügen, auf die der NLWKN bislang keinen Zugriff hat (entsprechend Empfehlung in LAWA, 1999)<sup>10</sup>. Ebenfalls wäre eine zusätzliche Reduzierung der Datenreihenlänge in Betracht zu ziehen (++-Kriterium). Sollten diese GWMs aufgrund der Kürze ihrer Datenreihe für den Moment keine Analysen hinsichtlich klimawandelbedingter Veränderungen zulassen, so könnten sie doch in Zukunft diesbezüglich verwendet werden, sobald eine ausreichende Datenreihenlänge erreicht ist. Darüber hinaus könnten Analysen von Pegeldaten hinsichtlich des Basisabflusses Aussagen zur Entwicklung des GW-Stands liefern, da der Basisabfluss nahezu ausschließlich grundwassergespeist ist (NLWKN, 2014b).

---

<sup>10</sup> Eine Prüfung erfolgte bereits für die Harzwasserwerke GmbH. Es ergaben sich jedoch keine weiteren potentiell nutzbaren GWMs für das Messprogramm.

# 5. Anhang

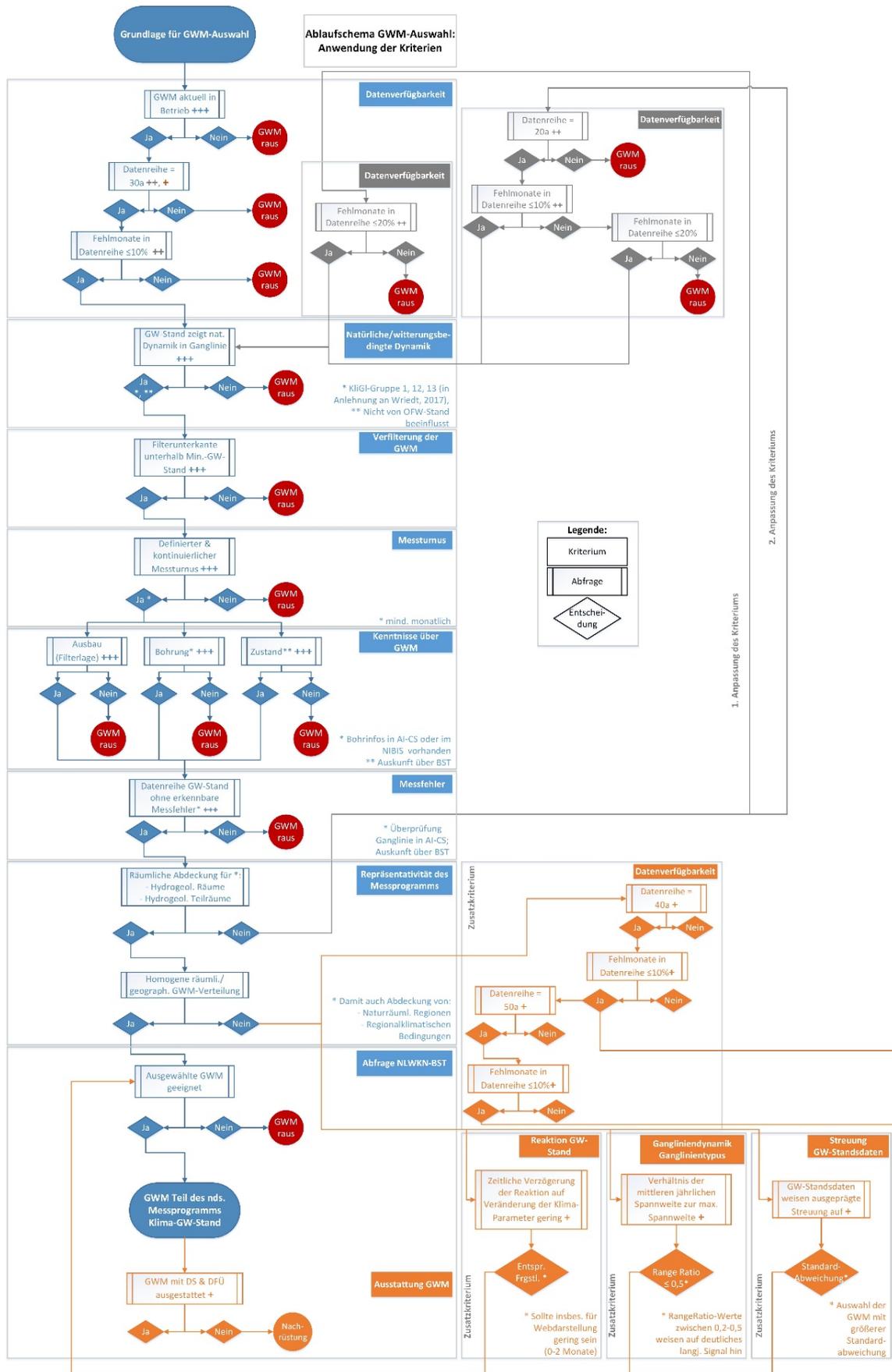


Abbildung A-1: Ablaufschema zur Anwendung der Kriterien bei der GWM-Auswahl für das niedersächsische Messprogramm „Klima-GW-Stand“.

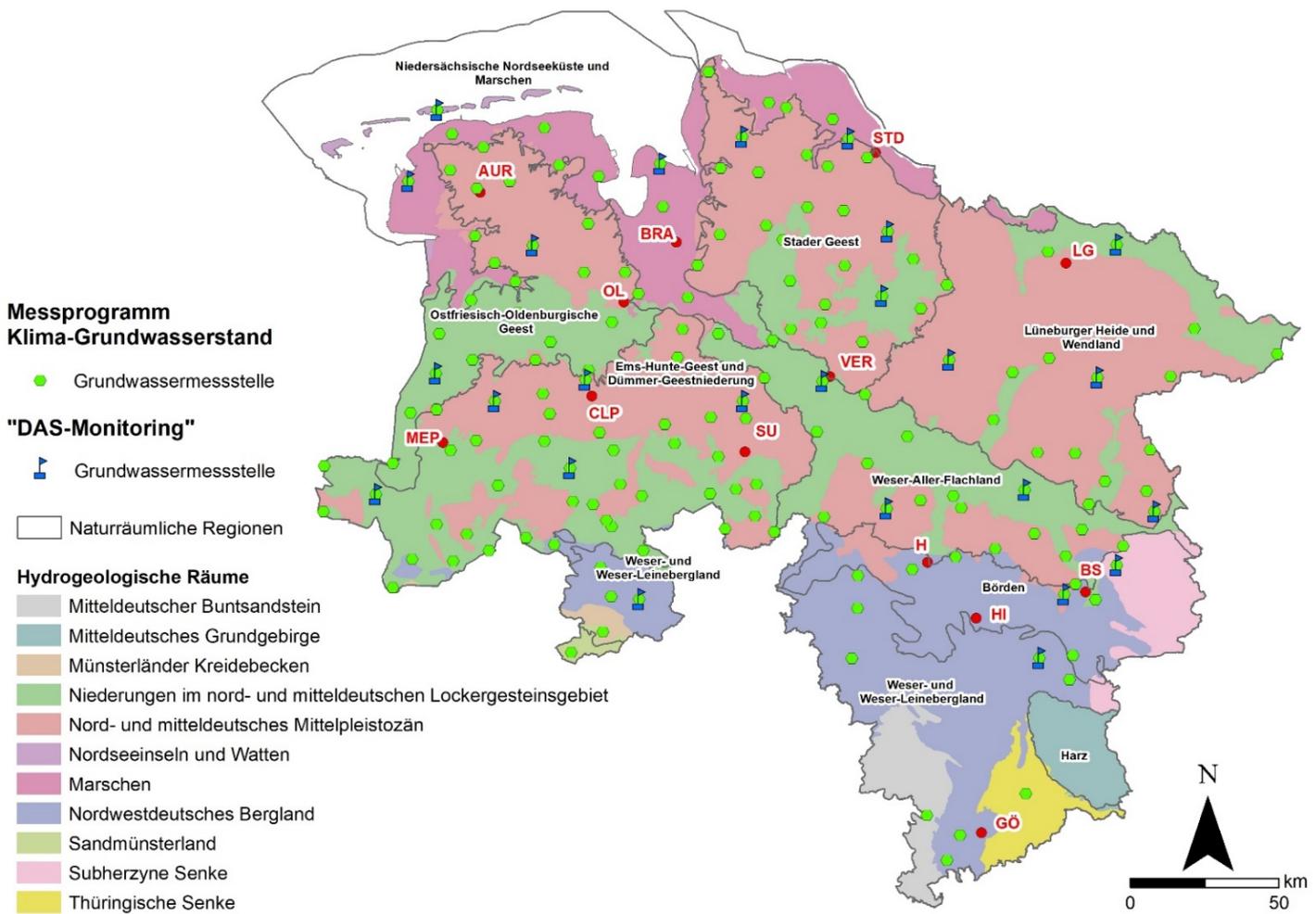


Abbildung A-2: Niedersächsischer Beitrag für das bundesweite „DAS-Monitoring“ auf Grundlage des niedersächsischen Klima-Messprogramms. Des Weiteren sind die Hydrogeologischen Räume (LBEG, 2016) sowie die naturräumlichen Regionen Niedersachsens dargestellt.

Tabelle A-1: GWM-Auswahl für das niedersächsische Messprogramm „Klima-GW-Stand“. Die Auswahl der 161 GWMs erfolgte entsprechend der Angaben in 3.2.1 und 3.2.2.

<b>GWM-NR</b>	<b>NLWKN-BST</b>	<b>GWM-Name</b>	<b>Hydrogeologischer Raum</b>	<b>„DAS-Monitoring“</b>
9851531	Aurich	Barge I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9842421	Aurich	Greetsiel I	Marschen	x
9842931	Aurich	Neufunnixiel I	Marschen	
9850661	Aurich	Norderney-Ost	Nordseeinseln und Watten	x
9840601	Aurich	Nortmoor I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9851831	Aurich	Pfalzdorfer Moor I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9850631	Aurich	Remels	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
9850570	Aurich	Steenfelde	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9840391	Aurich	Tjücher Wilde I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9850320	Aurich	Utarp II Ollmoor	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9850480	Aurich	Walle	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9850851	Aurich	Warsingsfehn I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9852001	Aurich	Westdorf	Marschen	
9610021	Brake-Oldenburg	Binnenau	Marschen	
9611193	Brake-Oldenburg	Clevers Barderstede II	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9610749	Brake-Oldenburg	Delmenhorst-Langenwisch	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9610571	Brake-Oldenburg	Ganderkesee-Habbrügge	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9610475	Brake-Oldenburg	Haidhäuser II	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9610675	Brake-Oldenburg	Hekeln I (neu)	Marschen	
9610159	Brake-Oldenburg	Klein Bornhorst IV	Marschen	
9610403	Brake-Oldenburg	Langebrügge	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9610901	Brake-Oldenburg	Osterforde	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9610921	Brake-Oldenburg	Rastede-Schniedershausen	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9610117	Brake-Oldenburg	Sillens	Marschen	x
9610323	Brake-Oldenburg	Westerholt	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9610873	Brake-Oldenburg	WHV, Ebkeriege Fahrbereitschaft	Marschen	
9700034	Cloppenburg	Bruchheide	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700045	Cloppenburg	Campemoor	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700067	Cloppenburg	Eistrup	Nordwestdeutsches Bergland	
9700079	Cloppenburg	Feldhaus	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9700081	Cloppenburg	Föckinghausen	Nordwestdeutsches Bergland	x
9700082	Cloppenburg	Friesoythe	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700084	Cloppenburg	Garrel-Süd	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700119	Cloppenburg	Hilter	Sandmünsterland	
9700120	Cloppenburg	Hinnenkamp-Ahe	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	

<b>GWM-NR</b>	<b>NLWKN-BST</b>	<b>GWM-Name</b>	<b>Hydrogeologischer Raum</b>	<b>„DAS-Monitoring“</b>
9700136	Cloppenburg	Icker 5-L 262	Nordwestdeutsches Bergland	
9700163	Cloppenburg	Lastrup	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9700170	Cloppenburg	Lüsche	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9700172	Cloppenburg	Märschendorf I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700182	Cloppenburg	Neuarenberg II	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9700202	Cloppenburg	Osterfeine	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700203	Cloppenburg	Osterlindern 7/1	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9700212	Cloppenburg	Ramsloh	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700224	Cloppenburg	Schelmkappe	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700232	Cloppenburg	Schwege	Sandmünsterland	
9700242	Cloppenburg	Steinfeld VEC	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
9700257	Cloppenburg	Varrelbusch	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
9700268	Cloppenburg	Vehs	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x
9700270	Cloppenburg	Vinte	Nordwestdeutsches Bergland	
9700279	Cloppenburg	Weese	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700283	Cloppenburg	Westerhausen 9/3	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
9700294	Cloppenburg	Woltrup-Wehbergen	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40000361	Hannover-Hildesheim	Bakede II	Nordwestdeutsches Bergland	
40003149	Hannover-Hildesheim	Elze-Berkhof: GWM20140 (Fuhrberger Feld)	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40002921	Hannover-Hildesheim	Fuhrberg: GWM20143 (Fuhrberger Feld)	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40000231	Hannover-Hildesheim	Fuhrberg-Süd	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40000351	Hannover-Hildesheim	Immensen I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40002959	Hannover-Hildesheim	LHH:: 020224 Krumme Str. / Sporthalle	Nordwestdeutsches Bergland	
40000433	Hannover-Hildesheim	Ohr 1	Nordwestdeutsches Bergland	
40004396	Hannover-Hildesheim	Otternhagen 4	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
40000327	Hannover-Hildesheim	Rodenberg I	Nordwestdeutsches Bergland	
40000343	Hannover-Hildesheim	Ronnenberg II	Nordwestdeutsches Bergland	
600040391	Lüneburg	Eimke O G1	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
600040461	Lüneburg	Garze F1	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x
600040699	Lüneburg	Jameln	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
600041661	Lüneburg	Vögelsen F1	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
600041831	Lüneburg	Wirl F1	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
600041851	Lüneburg	Wöhningen	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
600041871	Lüneburg	Wrestedt F1	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
40510790	Meppen	Bexten	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40502471	Meppen	Borsumer Berge I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40510360	Meppen	Elbergen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40507420	Meppen	Esche	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x

<b>GWM-NR</b>	<b>NLWKN-BST</b>	<b>GWM-Name</b>	<b>Hydrogeologischer Raum</b>	<b>„DAS-Monitoring“</b>
40507820	Meppen	Gildehaus Süd	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40505121	Meppen	Haar I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40504471	Meppen	Helte I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40504730	Meppen	Hülsen	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40507001	Meppen	Laar I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40510500	Meppen	Lünne	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40501280	Meppen	Neubörger	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40501871	Meppen	Ostenwalde I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
40507860	Meppen	Quendorf	Nordwestdeutsches Bergland	
40504001	Meppen	Raken I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40507850	Meppen	Striepe	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
40501180	Meppen	Sustrum	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x
40504720	Meppen	Twist	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40510820	Meppen	Waldhaar	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
40510160	Meppen	Wettrup	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
405030111	Stade	Beutz UE 11 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400080011	Stade	Bramel I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
405030251	Stade	Burg UE 25 FI	Marschen	x
405031310	Stade	Dorfhagen UWO 131	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400051441	Stade	Farven-Stueh UE 144 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400061432	Stade	Fickmuehlen 143/2RS FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
400080591	Stade	Hollen UE 59 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
405031101	Stade	Holte-Spangen UE 110 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
405081158	Stade	Ihlienworth UE 115	Marschen	
400061441	Stade	Koehlen I (Koehlen 144/3RS FI)	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400080860	Stade	Kollbecksmoor UWO 86	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
405180980	Stade	Kuhstedt UWO 98	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400061763	Stade	Minstedt 176/3RS	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400061210	Stade	Roendeich UE 121	Marschen	
400061870	Stade	Tarmstedter Moor UWO 187	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
400080190	Stade	Wiepenkathen UE 19 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
405161161	Stade	Wingst-Zollbaum UE 116 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
400080451	Stade	Wistedt UE 45 FI	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
405180351	Stade	Wistedt-Tostedt UE 35 FI	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
400061770	Stade	Wohnste 177/3RS	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
100000609	Süd	Barlissen (482/34)	Nordwestdeutsches Bergland	
100000461	Süd	Dörnten 8a	Nordwestdeutsches Bergland	
100000840	Süd	Ehmen I	Subherzyne Senke	

<b>GWM-NR</b>	<b>NLWKN-BST</b>	<b>GWM-Name</b>	<b>Hydrogeologischer Raum</b>	<b>„DAS-Monitoring“</b>
10000728	Süd	Ehra-Lessien I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
10000792	Süd	Eischott	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
100003869	Süd	Groß Ellershausen 2	Nordwestdeutsches Bergland	
100000930	Süd	Groß Mahner	Nordwestdeutsches Bergland	
100000720	Süd	Kästorf-West	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
119900016	Süd	Lamme_Mbr.16	Nordwestdeutsches Bergland	
100000670	Süd	Mahrenholz I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
100000816	Süd	Neubrück I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
100000581	Süd	Reinshagen I	Mitteldeutscher Buntsandstein	
100000926	Süd	Sehlde	Nordwestdeutsches Bergland	x
100003876	Süd	Sonnenberg 1	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
149900027	Süd	Stadt_BS_ME-007	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
100000770	Süd	Vollbüttel I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
100000712	Süd	Wahrenholz I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
136900015	Süd	Wehnsen_1005	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
100000836	Süd	Wendhausen	Subherzyne Senke	x
100000575	Süd	Wulftener Wald I	Thüringische Senke	
100000684	Süd	Zasenbeck	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200000490	Sulingen	Gödestorf I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200001142	Sulingen	Kirchdorfer Heide	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200001410	Sulingen	Kleinenheerse	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200001404	Sulingen	Lohof	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200000532	Sulingen	Neubruchhausen I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
200001108	Sulingen	Neustädter Moor	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200001392	Sulingen	Nordel I	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200001726	Sulingen	Rehburg	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200001130	Sulingen	Renzeler Moor	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200000798	Sulingen	Schweringen I	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200000668	Sulingen	Sudwalde	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200000624	Sulingen	Twistring	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
200000620	Sulingen	Walsen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200000910	Sulingen	Weddigeloh	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
200001060	Sulingen	Wendenborstel	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
500003021	Verden	GD 13 N Wintermoor	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
500003073	Verden	GD 21 N 15 Lindhorst N	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
500003074	Verden	GD 23 N 15 Nordkampen	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
500003025	Verden	GD 32 N 12 Lünzen	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
500003023	Verden	GD 35 N Trauen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	

<b>GWM-NR</b>	<b>NLWKN-BST</b>	<b>GWM-Name</b>	<b>Hydrogeologischer Raum</b>	<b>„DAS-Monitoring“</b>
500003091	Verden	GD 36 N 17 Höfer	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
500003019	Verden	GD 37 N Eickeloh	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
500003036	Verden	GD 38 N 13 Tetendorf	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	x
500000088	Verden	GUN 040/1 Sandlingen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x
500003018	Verden	LGD 004 N Doehlbergen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x
500002744	Verden	LGD 008 N Kirchwalsede	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
500000505	Verden	UWO 038/1 Everinghausen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
500000511	Verden	UWO 041 Reeßum	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
500000531	Verden	UWO 055/1 Scheeßeler Holz	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	x
500000559	Verden	UWO 072/1 Oytermühle	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	
500000592	Verden	UWO 113/1 Uphusen	Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet	
500000606	Verden	UWO 148 Hinnebeck	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	

## 6. Literaturverzeichnis

Battermann, H. W., Theuvsen, L., o.J.: Feldberechnung in Nordost-Niedersachsen: Regionale Bedeutung und Auswirkungen differenzierter Wasserentnahmeerlaubnisse. Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse – Studie im Auftrag des Fachverbandes Feldberechnung.

Bender, S., Butts, M., Hagemann, S., Smith, M., Vereecken, H., Wendland, F., 2017: Der Einfluss des Klimawandels auf die terrestrischen Wassersysteme in Deutschland. Eine Analyse ausgesuchter Studien der Jahre 2009 bis 2013. Report 29. Climate Service Center Germany.

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) [Hrsg.], 2013: Hydrogeologische Karten für den Hydrologischen Atlas von Deutschland. Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen. [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beurteilung/Had/had\\_projektbeschreibung.html?nn=1546102](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beurteilung/Had/had_projektbeschreibung.html?nn=1546102) (letzter Zugriff: 10.11.2021).

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) [Hrsg.], 2008: Grundwasser in Deutschland. Reihe Umweltpolitik.

DWD (Deutscher Wetterdienst), 2018: Klimareport Niedersachsen. Fakten bis zur Gegenwart - Erwartungen für die Zukunft.

DWD (Deutscher Wetterdienst), 2020a: Deutschlandwetter im Frühling 2020. Pressemitteilung.

DWD (Deutscher Wetterdienst), 2020b: Deutschlandwetter im Sommer 2020. Pressemitteilung.

EG-WRRL, 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EG-Wasserrahmenrichtlinie), Stand: 13.09.2013.

Höling, B., Coldewey, W. G., 2013: Hydrogeologie. Eine Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Berlin Heidelberg. 438 S..

KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft), Arbeitskreis [Hrsg.], 2011: Langzeitverhalten von Grundwasserständen, Quellschüttungen und grundwasserbürtigen Abflüssen in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. KLIWA-Berichte Heft 16.

KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft), Arbeitskreis [Hrsg.], 2017: Klimawandel in Süddeutschland – Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA – Monitoringbericht 2016.

LAWA (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), 1999: Empfehlungen zur Optimierung des Grundwasserdienstes (quantitativ).

LAWA (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), 2017a: Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder.

LAWA (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), 2017b: Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen. Bundesweite Zusammenstellung und Handlungsempfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung.

LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) [Hrsg.], 2009a: Mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Grundwasserneubildung in Niedersachsen. GeoBerichte, 12.

LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) [Hrsg.], 2009b: Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. GeoBerichte, 13.

LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) [Hrsg.], 2016: Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen. GeoBerichte, 3.

LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) [Hrsg.], 2019: Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen - Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell MGROWA18. GeoBerichte, 36.

LfU (Bayrisches Landesamt für Umwelt) [Hrsg.], 2008: Merkblatt Nr. 2.1/10 - " Messeinrichtungen an Quellen. [https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil2\\_gewaesserkundlicher\\_dienst/doc/nr\\_2110.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil2_gewaesserkundlicher_dienst/doc/nr_2110.pdf) (letzter Zugriff: 17.02.2021).

LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie), o.J.: Klimafolgenmonitoring Sachsen. I-W3 Indikator Entwicklung des Grundwasserstands. <https://www.klima.sachsen.de/im-paktindikatoren-wasserhaushalt-und-wasserwirtschaft-19636.html> (letzter Zugriff: 05.10.2020).

MU (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz) [Hrsg.], 2012: Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

MU (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz) [Hrsg.], 2019: Klimawirkungsstudie Niedersachsen.

MU (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz) [Hrsg.], 2021: Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 2021.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) [Hrsg.], 2006: Leitfaden für die Auswahl von geeigneten Grundwassermessstellen für die niedersächsischen Grundwasserkörper im Rahmen des Grundwassermonitorings gemäß EG-WRRL.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) [Hrsg.], 2010: Überarbeitung der Naturräumlichen Regionen Niedersachsens. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 04/2010.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) [Hrsg.], 2014a: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN), Güte- und Standsmessnetz Grundwasser. Grundwasser, Band 18.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) [Hrsg.], 2014b: Globaler Klimawandel. Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. Abschlussbericht – Phase 3 Kli-BiW – Themenbereich Niedrigwasser. Oberirdische Gewässer, Band 36.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) [Hrsg.], 2020: Grundwasserbericht Niedersachsen: Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation in den Trockenjahren 2018 und 2019. Grundwasser, Band 41.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) [Hrsg.], 2021: Grundwasserbericht Niedersachsen: Sonderausgabe zur Grundwasserstandsentwicklung im Jahr 2020. Grundwasser, Band 48.

NWG, 2010: Niedersächsisches Wassergesetz, Stand: 20.12.2011.

Scheihg, K.W., 2019: Klimawandel in Niedersachsen und mögliche Folgen für die Grundwasserbewirtschaftung: Ein Review. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 63 (2), 85-97. DOI: 10.5675/HyWa\_2019.2.2.

Schönthaler, K., 2019: Indikator-Factsheet: Grundwasserstand und Quellschüttung. Indikatoren für die Deutsche Anpassungsstrategie – Indikator-Factsheet zum Handlungsfeld Wasser WW-I-1. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/ww-i-1\\_indikator\\_grundwasserstand\\_2019\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/ww-i-1_indikator_grundwasserstand_2019_0.pdf) (letzter Zugriff: 18.09.2020).

UBA (Umweltbundesamt), 2012: Grundwasser. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser> (letzter Zugriff: 18.09.2020).

UBA (Umweltbundesamt), 2013: Was ist eigentlich Klima? <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-eigentlich-klima> (letzter Zugriff: 18.09.2020).

UBA (Umweltbundesamt) [Hrsg.], 2019: Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung.

UFZ (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung), 2020: Dürremonitor Deutschland. <https://www.ufz.de/index.php?de=37937> (letzter Zugriff: 18.09.2020).

WHG, 2009: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz, WHG), Stand: 04.12.2018.

Wriedt, G., 2017: Verfahren zur Analyse klimatischer und anthropogener Einflüsse auf die Grundwasserstandsentwicklung. Grundwasser 22 (1), 41-53. [DOI 10.1007/s00767-016-0349-5](https://doi.org/10.1007/s00767-016-0349-5).

Wunsch, A., Liesch, T., 2019: Entwicklung und Anwendung von Algorithmen zur Berechnung von Grundwasserständen an Referenzmessstellen auf Basis der Methode Künstlicher Neuronaler Netze. Zwischenbericht Arbeitspaket 1: Entwicklung und Anwendung einer Methodik zur Identifizierung von Referenzmessstellen. Institut für Angewandte Geowissenschaften, Abteilung Hydrogeologie KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft, Karlsruhe.

## 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](mailto:pressestelle@nlwkn.niedersachsen.de)

[www.nlwkn.niedersachsen.de](http://www.nlwkn.niedersachsen.de)

Der vorliegende Bericht wurde erarbeitet durch:  
Dr. Tobias Holt, NLWKN-Betriebsstelle Süd

Mit Unterstützung durch:

Christian Körtje, NLWKN-Betriebsstelle Süd

Dr. Gunter Wriedt, NLWKN-Betriebsstelle Cloppenburg

Ralf te Gempt, NLWKN-Betriebsstelle Meppen

Thorsten Hartung, NLWKN-Betriebsstelle Süd

### Titelbild

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG, Titelseite: Hydrogeologische Räume)

NLWKN-Direktion (Titelseite: Naturräumliche Regionen)

### Gestaltung

Niedersächsischer Landesbetrieb für

Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz,

Svea Hinrichs, Leonie Krause

### Stand

Mai 2022

1. Auflage Mai 2022, 200 Stück

Schutzgebühr: 5,00 € + Versand

### Bezug

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,

Küsten- und Naturschutz (NLWKN)

Veröffentlichungen

Göttinger Chaussee 76 A

30453 Hannover

<https://nlwkn-webshop.webshopapp.com>