



NLWKN.
Für Mensch und Umwelt.
Für Niedersachsen.

Grundwasserbericht Niedersachsen Sammlung der Parameterblätter

Datenbestand 2021



Niedersachsen

Grundwassergütedaten

Hinweise zum Grundwasserbericht

Die Untersuchung des Grundwassers auf chemische Inhaltsstoffe dient dazu, die natürliche bzw. geogene Grundwasserbeschaffenheit in den unterschiedlichen Regionen Niedersachsens zu erkunden. Es gilt festzustellen, wo und in welchem Maße nachhaltig Veränderungen durch menschliche Tätigkeiten verursacht worden sind. Als Grundlage für die Bemessung der Grundwassergüte wird eine Vielzahl unterschiedlicher chemischer Parameter herangezogen. Parameter wie Nitrat dienen zur Charakterisierung der Grundwasserbeschaffenheit und unterliegen als Belastungsgrößen einer genauen Beobachtung. Ergänzend zu den Grundparametern werden weitere Inhaltsstoffe (Ergänzungsparameter) untersucht, die geogen oder auch in Folge menschlichen Handelns im Grundwasser vorkommen können. Der landesweite Grundwasserbericht Niedersachsen informiert internetbasiert mit gezielten Auswertungen über die Grundwassersituation. Weiterführende Auswertungen werden in Themen- und Regionalberichten bereitgestellt. Die landesweiten Parameterblätter, die jährlich aktualisiert werden, ergänzen mit weiteren Informationen zur Grundwasserbeschaffenheit dieses Angebot. In der vorliegenden Broschüre werden 14 Parameterblätter gesammelt zur Verfügung gestellt. Daneben sind die Parameterblätter auch einzeln auf der Internetseite des NLWKN als pdf-Download verfügbar. Für die Auswertungen des Datenbestandes 2021 sind 1.418 Messstellen berücksichtigt worden. Analysenwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze gehen mit dem halben Wert der Bestimmungsgrenze in die Berechnung der Jahresmittelwerte ein.

Berücksichtigt wird für den Grundwasserbericht der Datenbestand der Messprogramme „Wasserrahmenrichtlinie-Güte“ und „Grundwasser Güte“.

Der vollständige *Grundwasserbericht_Niedersachsen* ist auf der Internetseite des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz abrufbar. Auf der Homepage des NLWKN sind Informationen zum *Grundwasserbericht* unter Wasserwirtschaft → Grundwasser eingestellt.

Weitere Informationen zu den Güte-Parametern können für einzelne Messstellen aus der interaktiven Karte auf der Internetseite des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz entnommen werden. Über die *Niedersächsischen Umweltkarten* und dort über den Layer-Bereich „Hydrologie“ und den Unterbereich „Grundwasserbericht Güte“ können einzelne Güte-Parameter ausgewählt werden.

Inhaltsverzeichnis

Grundwassergütedaten.....	1
Aluminium	2
Ammonium.....	4
Cadmium	6
Chlorid	8
Eisen	10
Kalium	12
Magnesium	14
Nickel.....	16
Nitrat	18
Nitrit	20
Phosphat.....	22
pH-Wert.....	24
Sauerstoff	26
Sulfat	28
Literatur- und Quellenverzeichnis	31



Aluminium

Bedeutung für die Umwelt

Aluminium (Al) ist das häufigste Metall in der Erdkruste. Es kommt in vielen Silikaten und Tonmineralen vor. Anthropogene Quellen spielen keine Rolle. Die Löslichkeit von Aluminiumhydroxid ist stark pH-Wert abhängig. Dabei können sowohl in stark saurem wie auch in stark alkalischem Milieu hohe Aluminiumkonzentrationen (amphoterer Verhalten) auftreten (Kölle 2010). Im sauren, oberflächennahen Grundwasser können Aluminiumgehalte um 10 mg/l erreicht werden (Kölle 2010).

Durch hohe luftbürtige Schwefel- oder Stickstoffdepositionen kommt es zu erhöhten Konzentrationen von Sulfat und Nitrat in der Lösungsphase (Versauerung), was zu einem

vermehrten Austrag von Kationen, beispielsweise über Aluminiumverbindungen, führt (NLWKN 2007).

Kritisch ist ein pH-Wert im Boden unter pH 4,2 anzusehen, da hier verstärkt Aluminium durch den Zerfall von Tonmineralen freigesetzt wird und in das Grundwasser eingetragen werden kann. Im Boden führen erhöhte Aluminiumkonzentrationen zu Schädigungen von Feinwurzeln und Bodenorganismen.

Im Trinkwasser besitzt Aluminium nur eine geringe Toxizität. Konzentrationen ab 0,1 mg/l führen durch Trübung zu einer ästhetischen Beeinträchtigung des Trinkwassers. Aluminium kann jedoch problemlos bei der Wasseraufbereitung herausgefiltert werden.

Der Grenzwert für Aluminium nach der Trinkwasserverordnung beträgt 0,2 mg/l. In der Grundwasserverordnung 2010 ist kein Schwellenwert festgeschrieben.

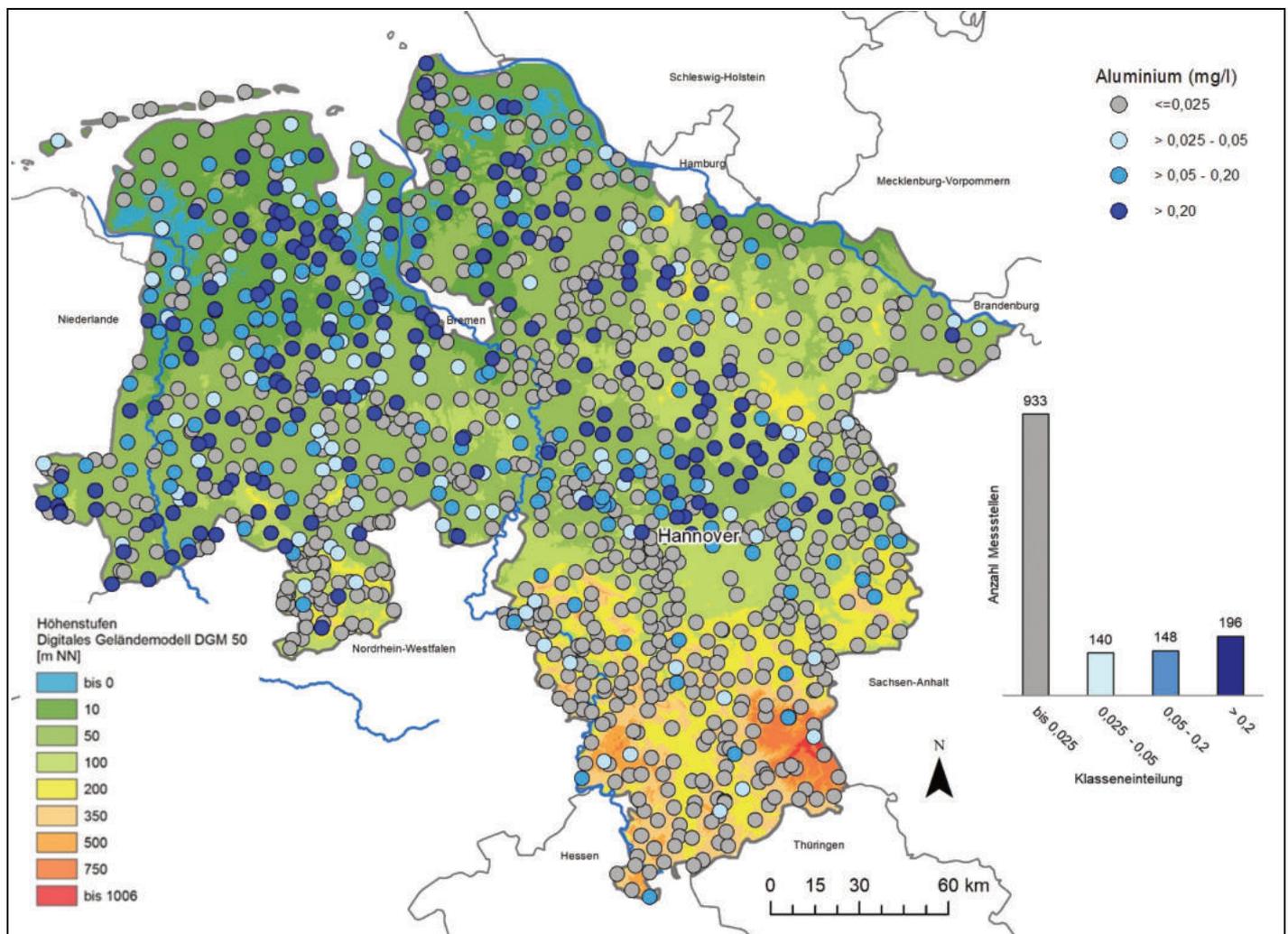


Abbildung 1: Aluminiumgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

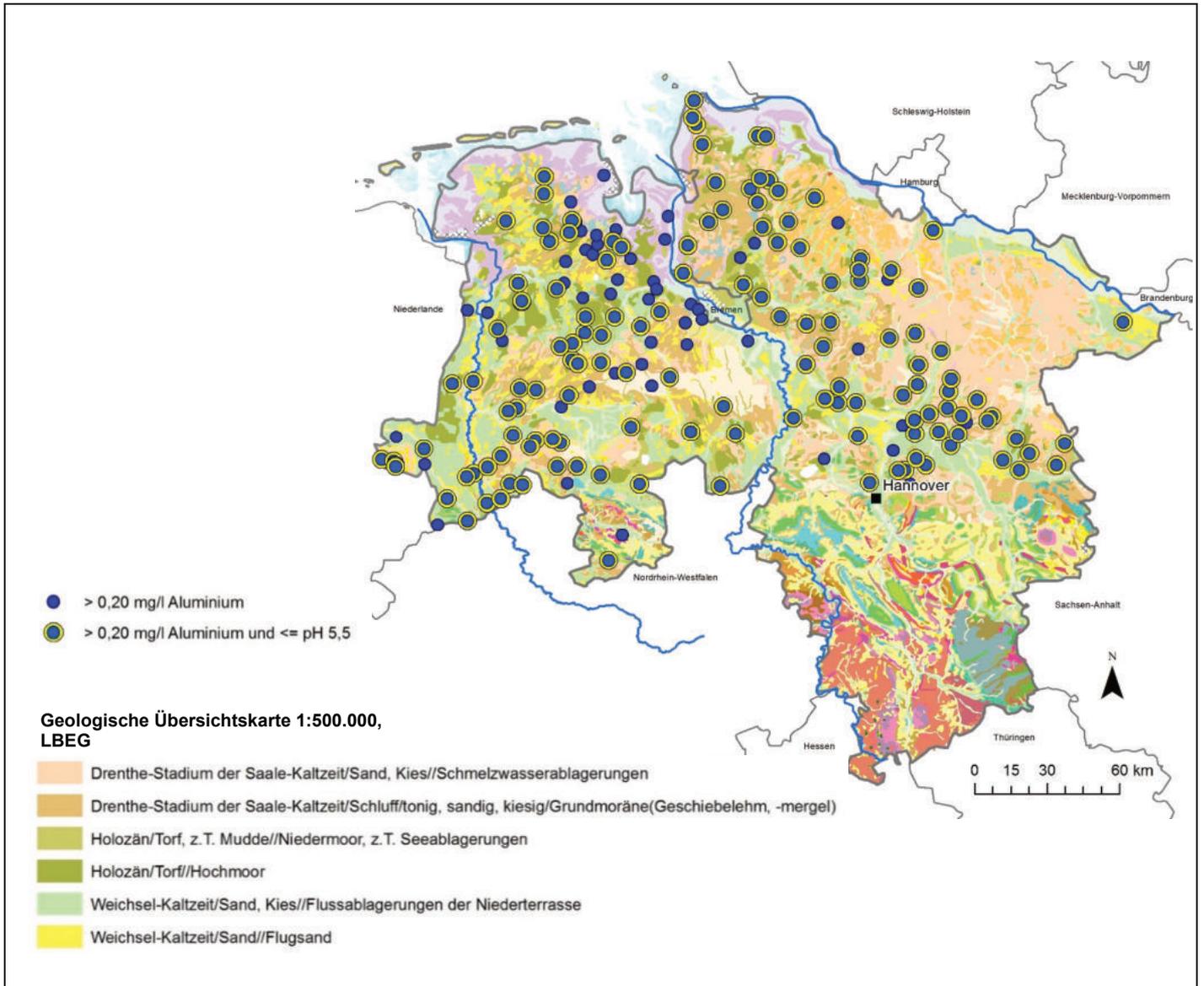


Abbildung 2: Erhöhte Aluminiumgehalte treten vor allem im Bereich schwach gepufferter Sande und unter Mooren auf.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für die Auswertung des Parameters Aluminium standen Untersuchungsergebnisse von 1.417 Grundwassermessstellen zur Verfügung (Datenbestand 2021, Abbildung 1). 66% der Messstellen weisen sehr geringe Aluminiumkonzentrationen bis 0,025 mg/l auf. Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung von 0,2 mg/l wird bei 196 Messstellen (14%) überschritten, wobei 61 Messstellen Aluminiumgehalte über 1 mg/l aufweisen.

Bei 71% der Messstellen mit erhöhten Aluminiumgehalten zeigen pH-Werte von 5,5 und darunter eine Versauerung im Grundwasser an (Abbildung 2).

Insbesondere ab einem pH-Wert unter pH 4,7 in der Bodenlösung kann von erhöhten Aluminiumkonzentrationen im Sickerwasser und letztlich im Grundwasser ausgegangen werden (NLWKN 2007). In zwei Messstellen wurden sehr hohe Aluminiumkonzentrationen von 12 bzw. 11 mg/l ermittelt. Diese Messstellen weisen pH-Werte deutlich unter pH 4,7 auf.

Insbesondere in Gebieten mit schwach gepufferten pleistozänen Lockersedimenten und Mooren können erhöhte Aluminiumgehalte im Grundwasser detektiert werden (Abbildung 2).

Ammonium

Bedeutung für die Umwelt

Ammonium (NH_4^+) ist ein Bestandteil von Eiweißverbindungen und in pflanzlichen und tierischen Organismen enthalten. Ammonium wird vor allem bei der Zersetzung (Mineralisation) organischer Stoffe wie Pflanzenresten und tierischen und menschlichen Ausscheidungen freigesetzt. Unter den organischen Böden der Moor- und Niederungsgebiete sind erhöhte Ammoniumgehalte daher oft gegeben.

Hohe Ammoniumgehalte im Grundwasser können auf Verschmutzungen durch Abwasser und Abfälle oder den übermäßigen Gebrauch von Wirtschaftsdüngern hinweisen. Daneben kann Ammonium über Mineraldünger und über

trockene und nasse Deposition (Luft, Niederschlag) besonders aus Regionen mit intensiver Tierhaltung in das Grundwasser eingetragen werden.

Im sauerstofffreien Grundwasser ist neben der Denitrifikation (Umwandlung von Nitrat in Lachgas und atmosphärischen Stickstoff) auch die mikrobielle Umwandlung von Nitrat zu Ammonium (Nitratammonifikation) möglich.

Im Boden wird Ammonium relativ leicht an Kationenaustauscher (Tonminerale) gebunden, sodass die Gefahr einer Verlagerung und Auswaschung mit dem Sickerwasser gering ist. Im Zuge der Nitrifikation wird Ammonium zu Nitrat oxidiert, das leicht löslich ist und ausgewaschen werden kann (NLWK 2001).

Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung und der Schwellenwert nach Grundwasserverordnung (2010) betragen jeweils 0,5 mg/l Ammonium.

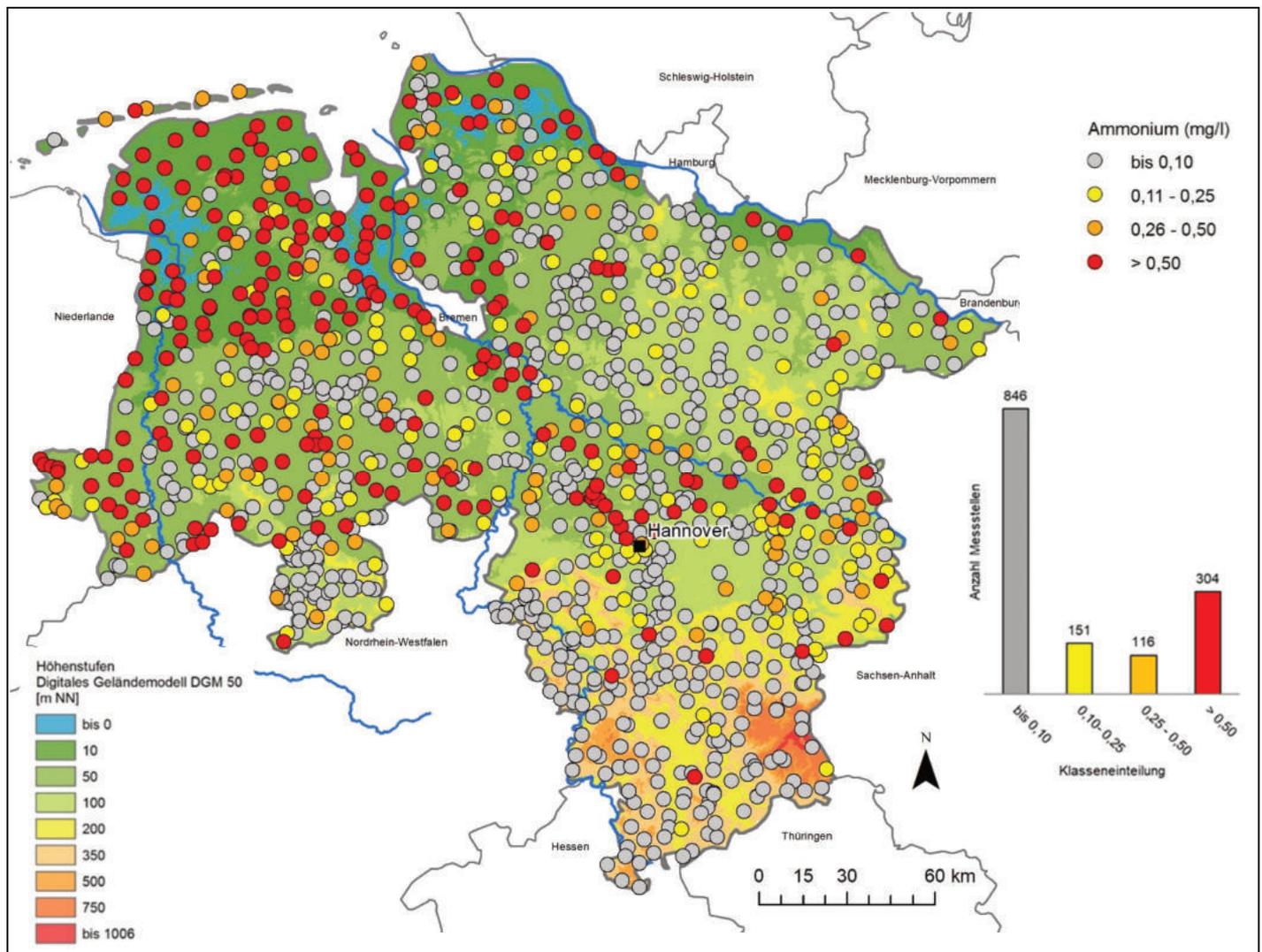


Abbildung 3: Ammoniumgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

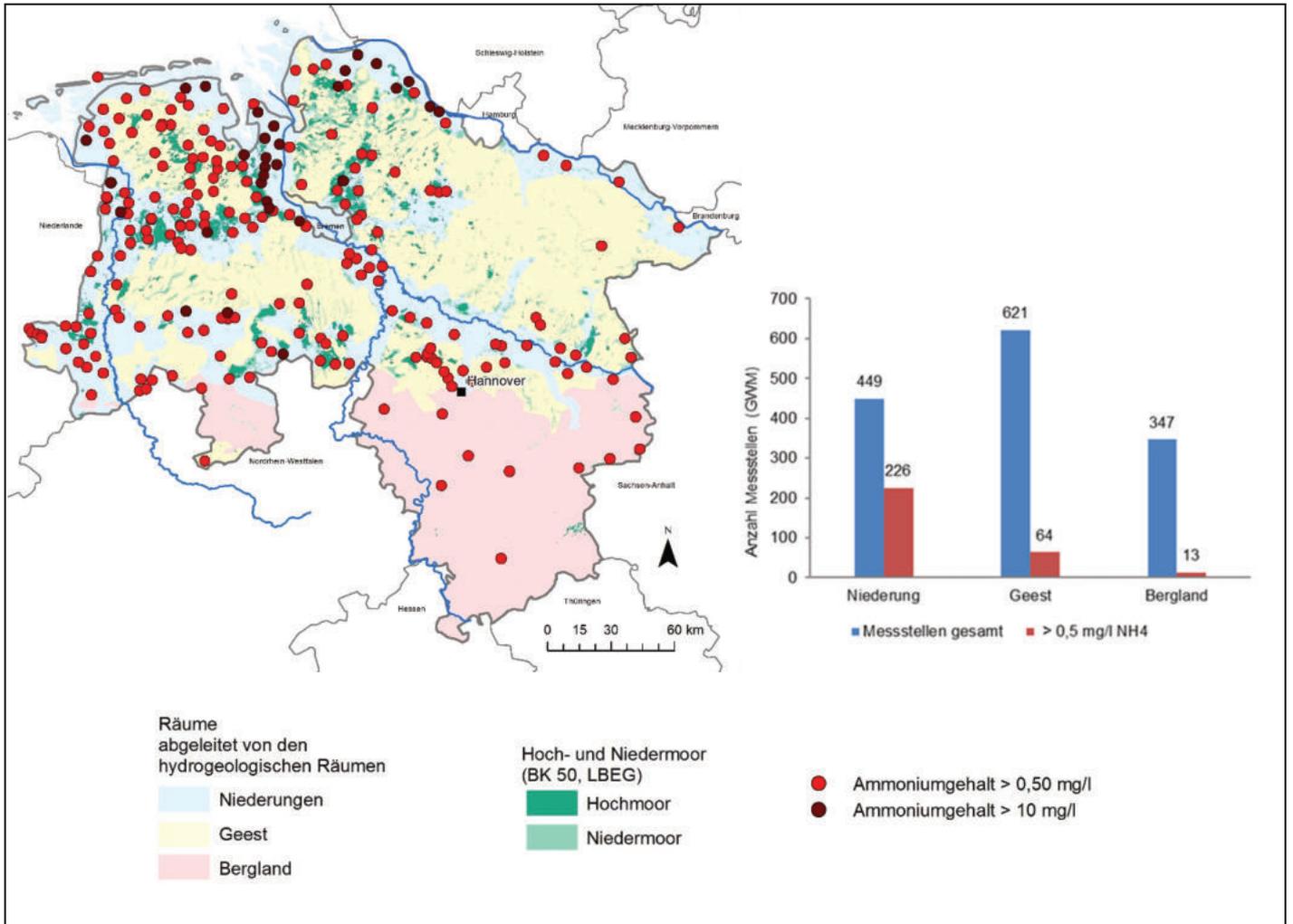


Abbildung 4: Erhöhte Ammoniumgehalte treten im Grundwasser vor allem in den Niederungen unter reduzierenden Bedingungen und unter Moor- und Marschböden auf.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Ammonium wurden Ergebnisse von 1.417 Messstellen (Datenbestand 2021) ausgewertet (Abbildung 3). Ammoniumgehalte treten in einer weiten Spanne von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze ($< 0,01$ mg/l) bis zu einem Maximalwert von 55 mg/l auf. 60% der Messstellen zeigen unauffällige Werte unter $0,1$ mg/l NH_4 . In 304 Messstellen (21%) wird der Grenzwert von $0,5$ mg/l NH_4 im Grundwasser jedoch überschritten.

Erhöhte Gehalte (Abbildung 4) werden überwiegend in Bereichen der quartären Küstenablagerungen, Niederungen und Moore nachgewiesen. Hier können erhöhte Ammoniumkonzentrationen natürlicherweise auftreten. 38 Messstellen weisen Ammoniumgehalte über 10 mg/l auf. Insbesondere in den Marschen können z.T. sehr hohe NH_4 Gehalte nachgewiesen werden. In der Unterweser Marsch treten beispielsweise Ammoniumgehalte bis 55 mg/l auf.

Cadmium

Bedeutung für die Umwelt

Cadmium (Cd) ist ein für alle Organismen toxisches Schwermetall.

Geogen kommt Cadmium in Mineralen als Begleiter von Zinkerzen (z.B. Zinksulfid) vor. Eine natürliche Freisetzung erfolgt bei der Oxidation von Sulfiden sowie bei der Auflösung von Karbonaten. Eine Mobilisierung kann jedoch auch anthropogen induziert sein. Durch den Eintrag von Nitrat kann es bei der Denitrifikation im Grundwasserleiter zu einer verstärkten Freisetzung von Cadmium aus Pyrit oder der organischen Substanz kommen (Kubier 2019).

In den Boden gelangt Cadmium anthropogen vorwiegend durch Deposition cadmiumhaltiger Emissionen aus der Metallverhüttung, aus Industrieabgasen, der thermischen Müllentsorgung und Verbrennung fossiler Energieträger.

Daneben wird Cadmium über Düngemittel und Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aufgebracht (Kölle 2010). Cadmium wird nur schwach an Ton- und Humuspartikeln gebunden. Die Löslichkeit von Cadmium steigt mit abnehmenden pH-Wert deutlich an. Daher bewirken Säureeinträge insbesondere in schwach gepufferten Böden, wie in den Geestregionen, eine Cadmium-mobilisierung in Richtung Grundwasser (MNULV-NRW 2000). Unter reduzierenden Bedingungen können Cadmiumionen als schwerlösliche Sulfide ausgefällt und immobilisiert werden.

Cadmium und viele cadmiumhaltige Verbindungen sind krebserregend und schädigen die Embryonalentwicklung (Bliefert 1995). Cadmium wird von Pflanzen aufgenommen und reichert sich über die Nahrungskette in Leber und Niere von Tieren und Menschen an.

Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung beträgt 3 µg/l. Hier wurde berücksichtigt, dass die Konzentration im Verteilungsnetz der Wasserversorgung ansteigen kann. Der Schwellenwert nach Grundwasserverordnung ist mit 0,5 µg/l deutlich geringer angesetzt.

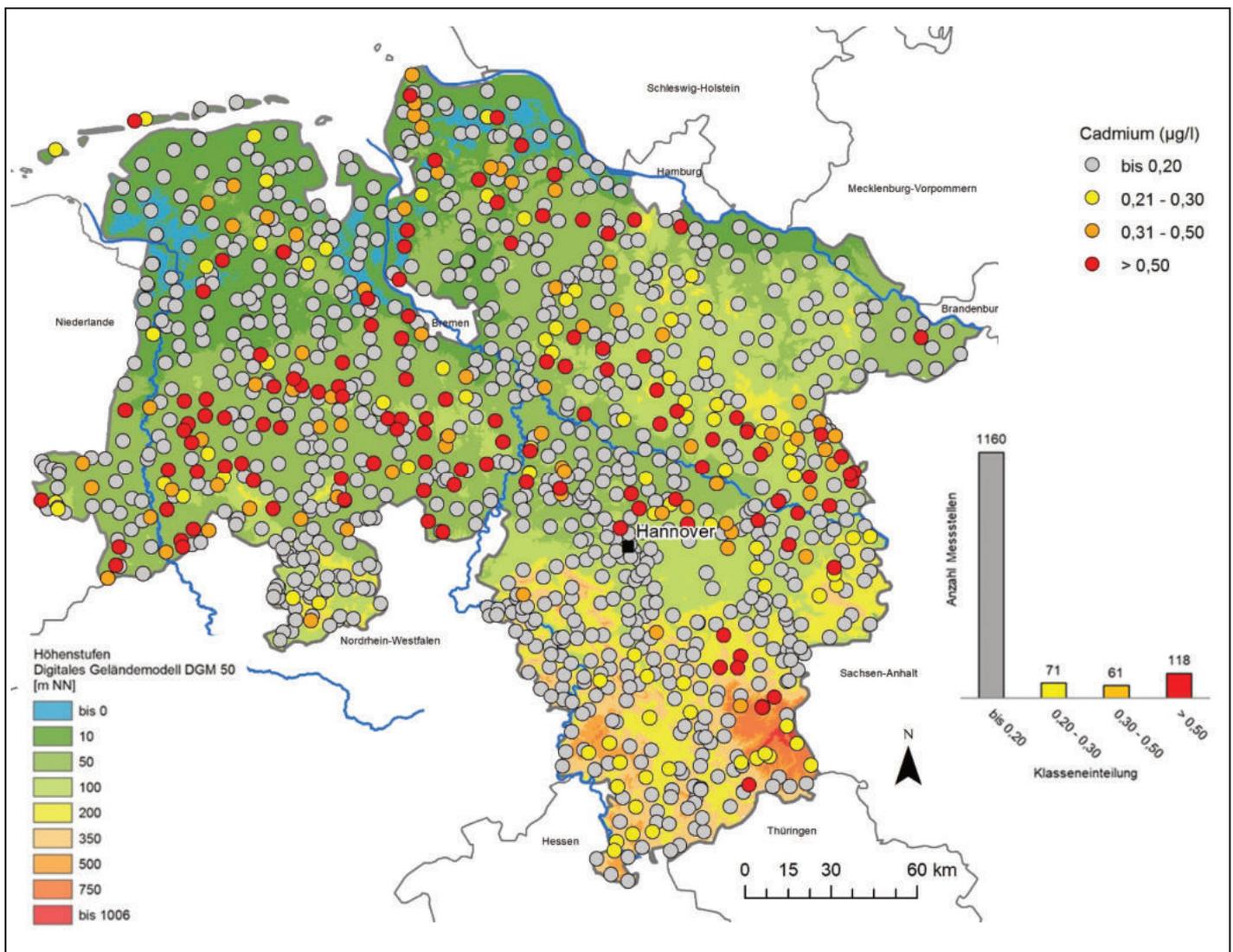


Abbildung 5: Cadmiumgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

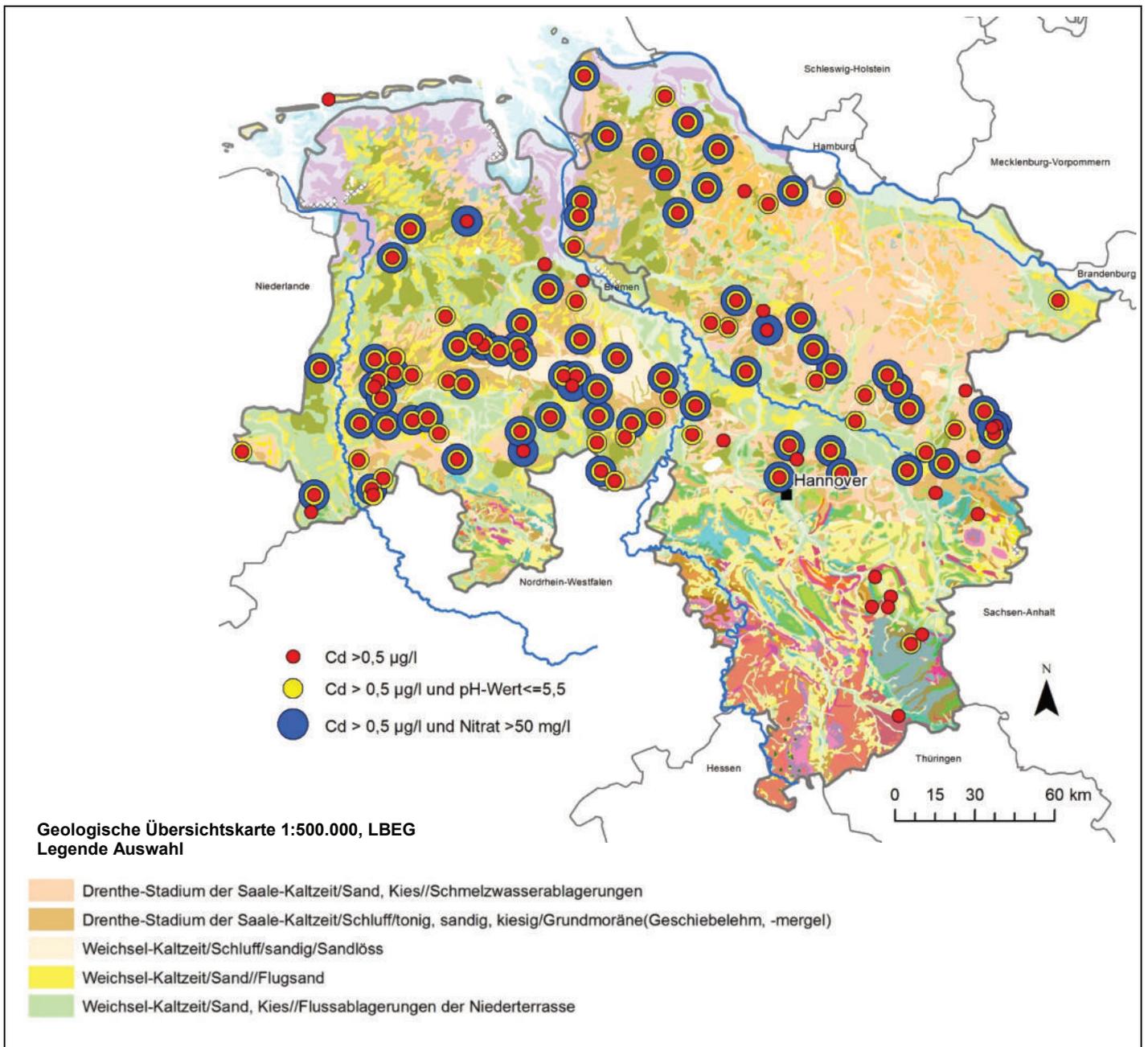


Abbildung 6: Cadmiumgehalte über 0,5 µg/l treten im Grundwasser vor allem in der Geest auf.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Cadmium wurden die Daten von 1.410 Grundwassermessstellen ausgewertet (Datenbestand 2021, Abbildung 5).

Die Cadmiumgehalte treten im Grundwasser in einer Spanne von Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (<0,02 µg/l) bis zu einem Maximalwert von 3,5 µg/l auf. Der Schwellenwert nach Grundwasserverordnung wird von 118 Messstellen (8%) überschritten (Abbildung 1). Zwei Messstellen weisen dabei einen Cadmiumgehalt oberhalb des Grenzwertes nach der Trinkwasserverordnung von 3 µg/l auf. Die meisten Messstellen mit hohen Cadmiumgehalten

befinden sich in Bereichen, die durch Versauerung und hohe Nitratkonzentrationen geprägt sind (Abbildung 6, Kubier et al. 2021). 53 % der Messstellen mit Cadmium-Gehalten >0,5 µg/l weisen niedrige pH-Werte von pH 5,5 und kleiner an und Nitratgehalte über 50 mg/l. 80% der Messstellen mit erhöhten Cadmiumgehalten zeigen pH-Werte von pH 5,5 oder unterhalb an. 58% weisen Nitratgehalte > 50 mg/l auf. Kubier (2019) sieht hauptsächlich die anthropogen induzierte Cd-Freisetzung als Ursache für erhöhte Cadmiumgehalten im Grundwasser Niedersachsens an.

Erhöhte Cadmiumgehalten sind vor allem unter Geschiebelehm in den Geestregionen anzutreffen. Im Bergland treten erhöhte Cadmiumgehalten im Harz und im nördlichen Harzvorland auf.

Chlorid

Bedeutung für die Umwelt

Chlorid (Cl^-) kommt hauptsächlich in Salzlagerstätten als Steinsalz (NaCl), als Kaliumchlorid (KCl) und als Magnesiumchlorid (MgCl_2) in den Abraumsalzen der Steinsalzlager vor. Grundwasser weist normalerweise Chloridgehalte bis etwa 20 mg/l auf. Im Umfeld von Versalzungsstrukturen und in einzelnen geologischen Formationen, z.B. dem Muschelkalk, sind jedoch deutlich höhere Chloridgehalte anzutreffen (NLWKN 2001). Chloride sind gut wasserlöslich, sodass sie leicht ausgewaschen und ins Grundwasser transportiert werden können. Letztendlich erfolgt eine Anreicherung in Flüssen und im Meer. Im Meerwasser liegt die mittlere Chloridkonzentration bei 18 g/l.

Stark erhöhte Chloridgehalte im Grundwasser können auf punktuelle Abwassereinleitungen, Belastungen aus Deponien,

Streusalzeinflüsse und den Einsatz von Düngemitteln (Kölle 2010) hinweisen. Die Übernutzung von Grundwasser kann indirekt zum Einströmen salzhaltiger Wässer, im Küstenbereich zum Eindringen von Meerwasser, führen (BMU 2008). Auch wasserbauliche Maßnahmen (Flussbegradigungen und Vertiefungen) und Veränderungen des Meeresspiegels können ein Vordringen von Salzwasser ins Grundwasser bewirken (Meerwasserintrusion).

Ab einer Konzentration von 200 mg/l verleiht Chlorid dem Trinkwasser einen unerwünschten salzigen Beigeschmack (NLWK 2001). Während Chlorid in geringen Mengen einen wesentlichen Einfluss auf die Aufrechterhaltung des Nervensystems und der Wasserversorgung des menschlichen Körpers hat, kann eine hohe Chloridaufnahme zu Bluthochdruck führen.

Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung und der Schwellenwert nach der Grundwasserverordnung (2010) betragen jeweils 250 mg/l Chlorid.

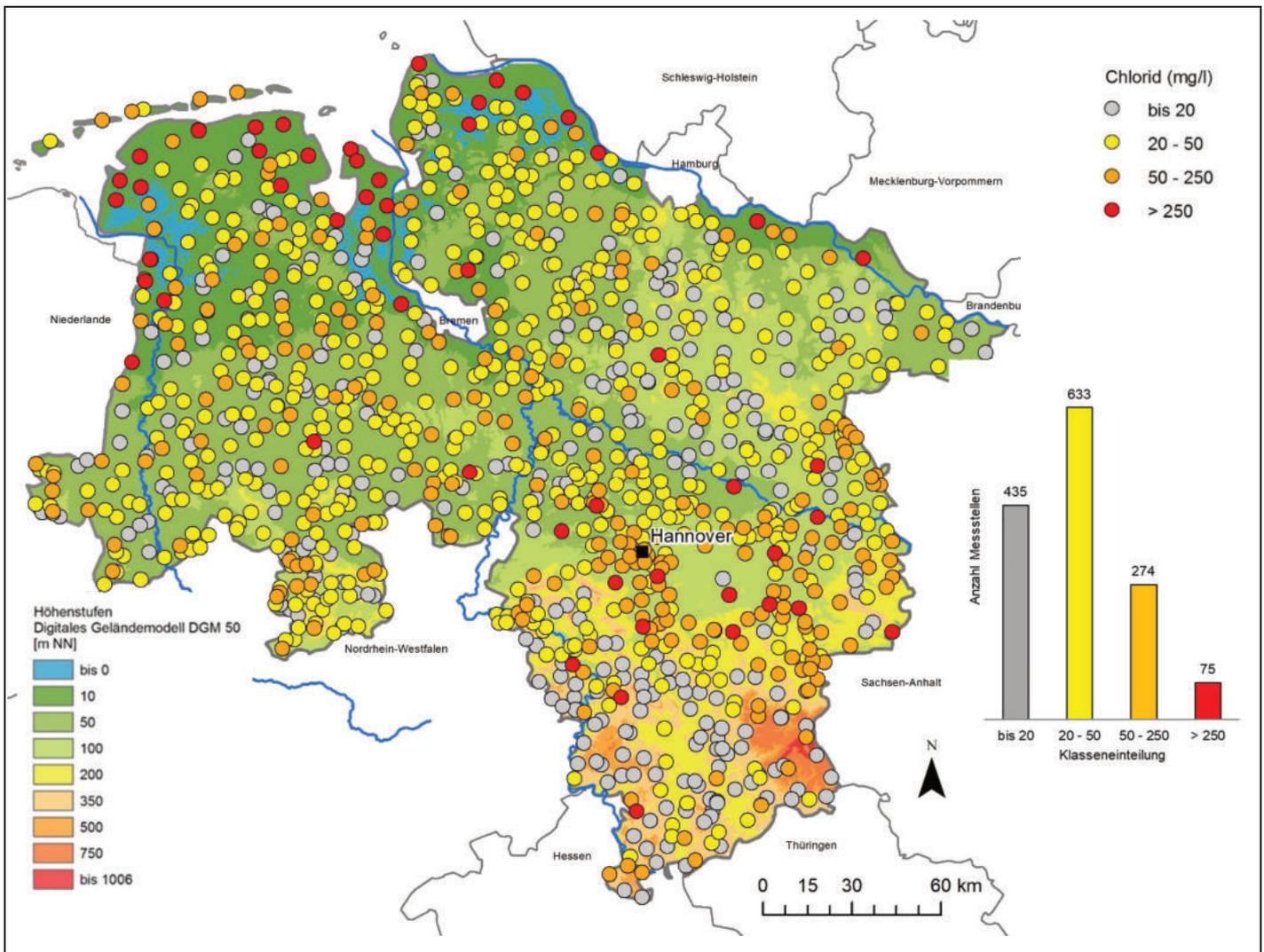


Abbildung 7: Chloridgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

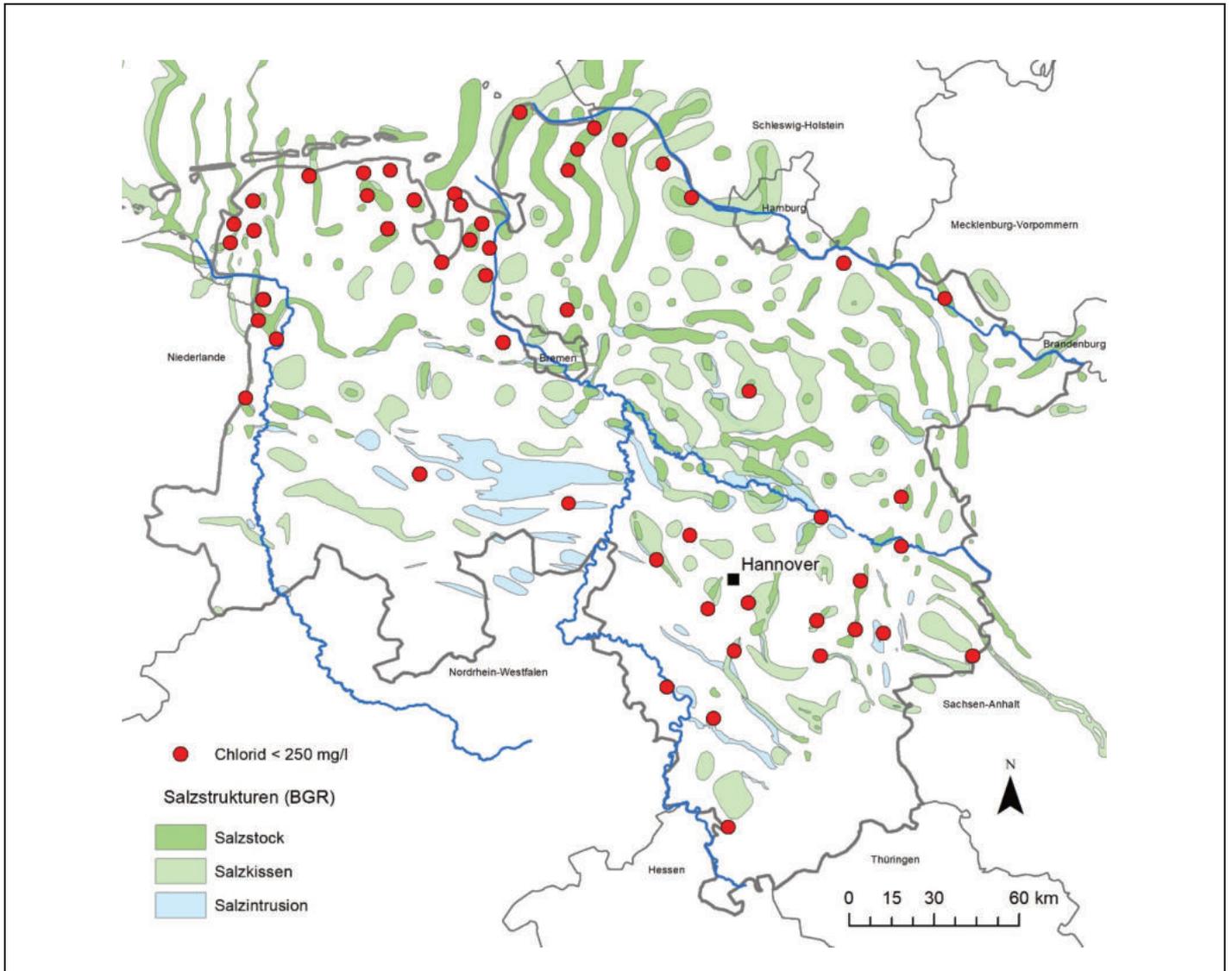


Abbildung 8: Grundwassermessstellen mit hohen Chloridgehalten (>250 mg/l) befinden sich häufig im Umfeld von Versalzungsstrukturen (Datenbestand 2021).

Beschaffenheit des Grundwassers

Ein Drittel der 1.417 ausgewerteten Messstellen (Datenbestand 2021) weisen geringe Chlorid-Konzentrationen bis 20 mg/l auf (Abbildung 1). Eine Versalzung des Grundwassers (> 250 mg/l Chlorid) wird an 5% der Messstellen festgestellt. Ohne Berücksichtigung der versalzten Messstellen weisen die Messstellen insgesamt einen mittleren Chloridgehalt von 38 mg/l auf. Chlorid belastete Messstellen sind überwiegend im Bereich der Küstenversalzung, der Nordseeküste und den Mündungsbereichen von Ems, Weser und Elbe anzutreffen (Abbildung 8). Chloridgehalte über 1.000 mg/l sind in diesen Bereichen keine Seltenheit. Fünf Messstellen weisen Spitzenwerte von über 10 g/l Chlorid auf.

Die Inseln selbst zeigen aufgrund der auf dem Meerwasser aufschwimmenden Süßwasserlinsen keine Versalzung der Messstellen. Weitere Informationen zur Küstenversalzung können dem Regionalen Parameterblatt „Natriumchlorid (Salz) im Grundwasser Ostfrieslands“ (NLWKN 2017) entnommen werden.

Im Festgestein stehen die hohen Chloridwerte in Zusammenhang mit den im Umfeld bestehenden Salzstrukturen (Abbildung 8). Auffällig ist die Häufung von Messstellen mit erhöhten Chloridgehalten von 50 bis 250 mg/l im Bereich um Hannover (Abbildung 7). Hier kann ein Zusammenhang mit chloridhaltigen Tonsteinen im Untergrund hergestellt werden.

Eisen

Bedeutung für die Umwelt

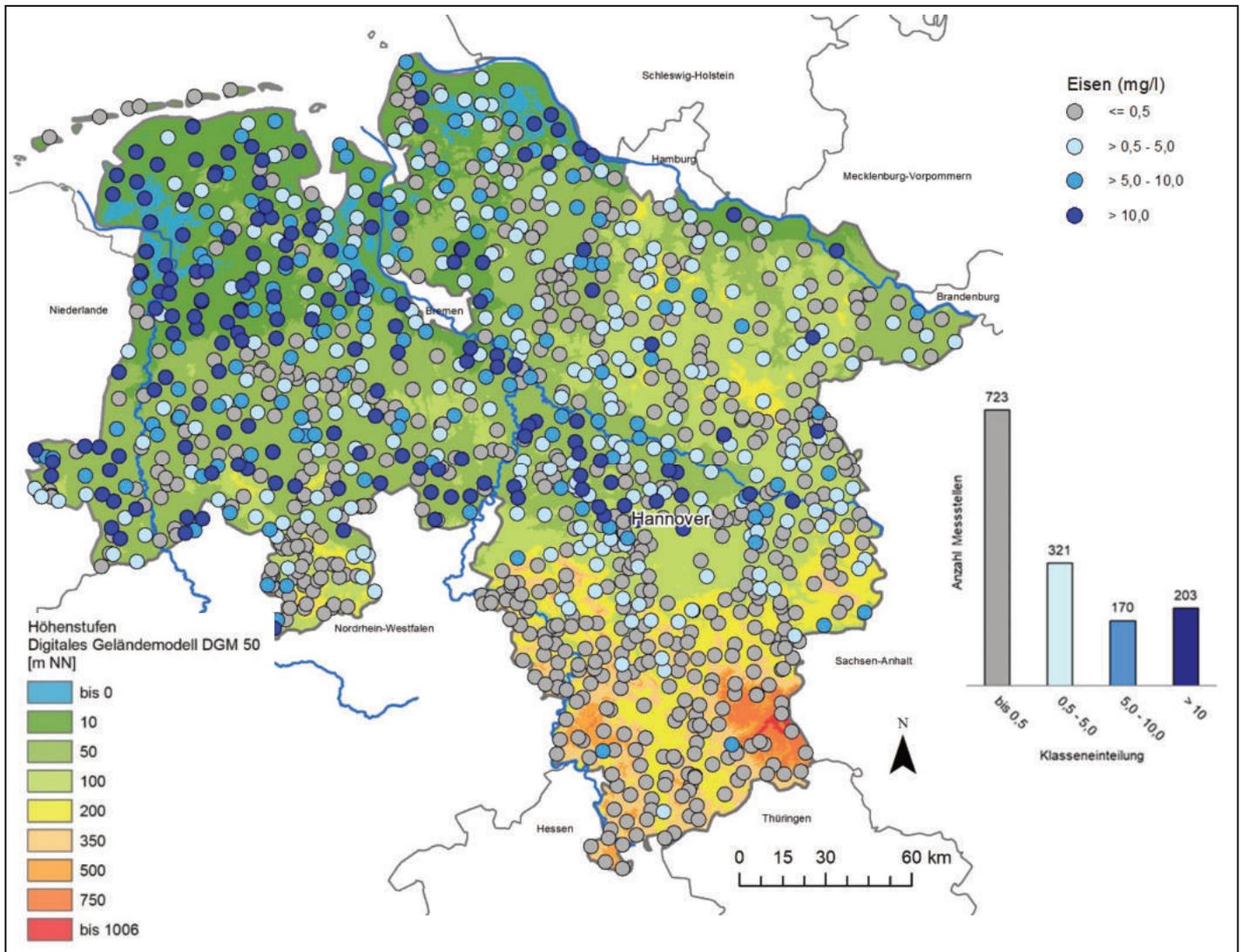
Eisen (Fe) kommt in Eisensulfiden, Eisenoxiden und Eisenhydroxiden in fast allen Böden und Gesteinen vor.

Im sauerstoffhaltigen Grundwasser liegt Eisen weitgehend in schwerlöslichen Verbindungen als dreiwertiges Eisen (Fe (III)) vor. Im sauerstofffreien Grundwasser kann eine bedeutende Freisetzung von löslichem zweiwertigen Eisen (Fe(II)) über die Oxidation von Eisensulfiden (Pyrit) durch Nitrat erfolgen (autotrophe Denitrifikation) (Kölle 2010). Auch die Reduktion von Eisen(III)-Verbindungen und die Oxidation von Eisensulfiden durch Luftsauerstoff (zum Beispiel durch Grundwasserabsenkung im Braunkohle-tagebau) können zu Eisen (II)-Freisetzung führen (Kölle 2010).

Bei pH-Werten unter fünf erhöht sich die Löslichkeit dreiwertiger Eisenverbindungen, so dass auch Eisen(III) in nennenswerten Konzentrationen im Grundwasser vorliegen kann (Kölle 2010).

Erhöhte Eisengehalte finden sich auch in oberflächen-nahen Grundwässern mit erhöhten Gehalten an organischer Substanz (Huminstoffe), in denen Eisen in löslichen Komplexen gebunden vorkommt. Im sauerstoffarmen oder -freien Wasser gelöste farblose Eisenverbindungen werden durch Luftsauerstoff leicht wieder zum schwerlöslichen Eisen-III-Hydroxid oxidiert, was zu einer rötlich braunen Färbung des Wassers sowie zur Ausfällung der Eisenhydroxide (Verockerung) führen kann (NLWK 2001).

Die Trinkwasserverordnung setzt einen Grenzwert von 0,2 mg/l Eisen fest. Die Grundwasserverordnung 2010 benennt keinen Schwellenwert für Eisen.



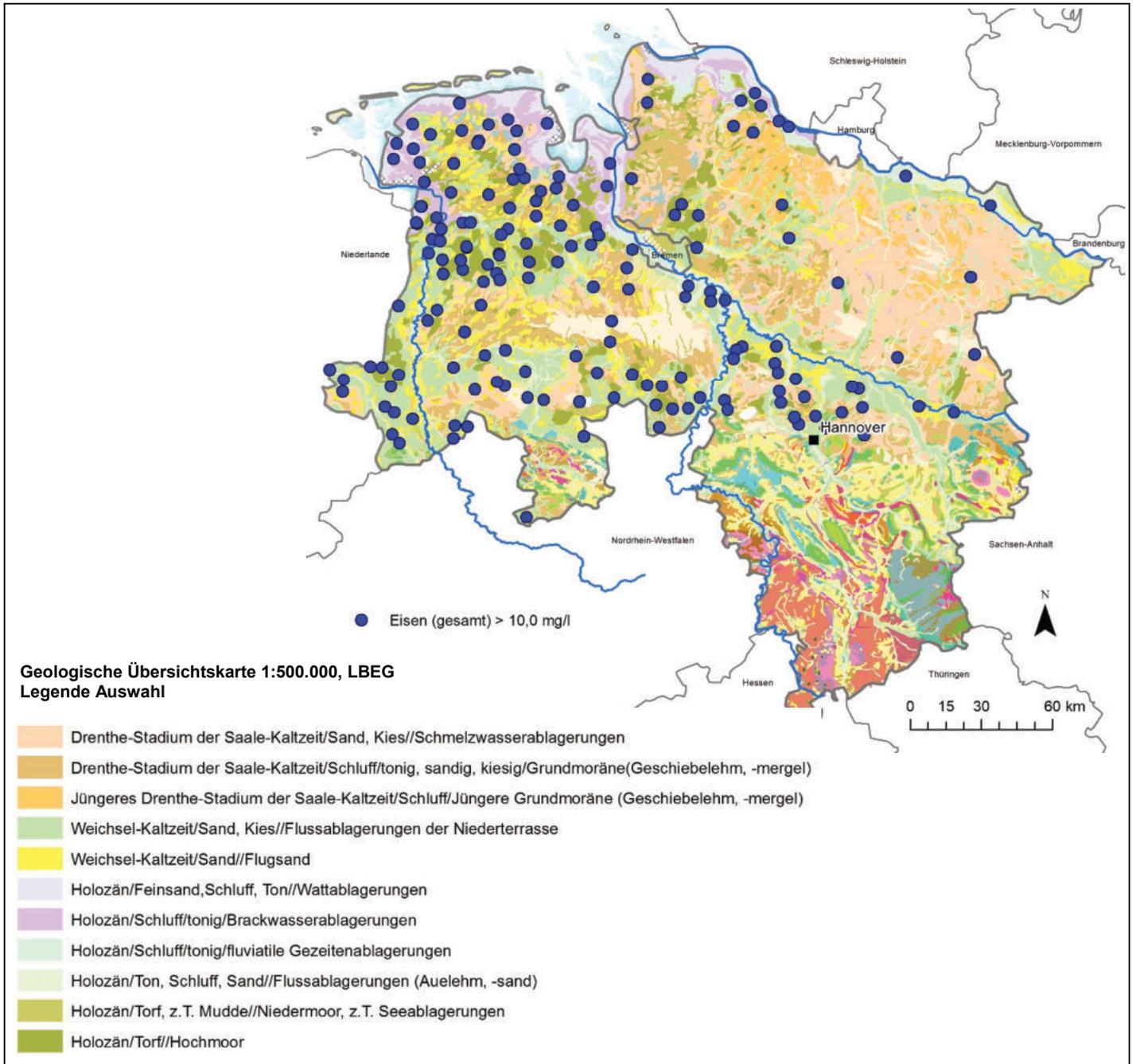


Abbildung 10: Erhöhte Eisengehalte über 10 mg/l (Datenbestand 2021) treten im Grundwasser vor allem in den Niederungen unter reduzierenden Bedingungen auf.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Eisen stehen Untersuchungsergebnisse von 1.417 Messstellen (Datenbestand 2021, Abbildung 9) zur Verfügung. Eisengehalte treten 2021 in einer weiten Spanne von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze bis zu einem Maximalwert von 200 mg/l auf. 203 Messstellen (14%) weisen deutlich erhöhte Eisengehalte von über 10 mg/l auf.

Stark eisenhaltiges Grundwasser wird überwiegend in Bereichen der quartären Küstenablagerungen, in Tal-sandgebieten und Mooren nachgewiesen (Abbildung 10). In den sauerstoffarmen bis sauerstofffreien Grundwasserleitern, die teilweise hohe Gehalte an organischer Substanz aufweisen, liegt Eisen als Eisensulfid vor. Durch Oxidations- und Reduktionsprozesse kann zweiwertiges Eisen verstärkt in Lösung gehen.

Kalium

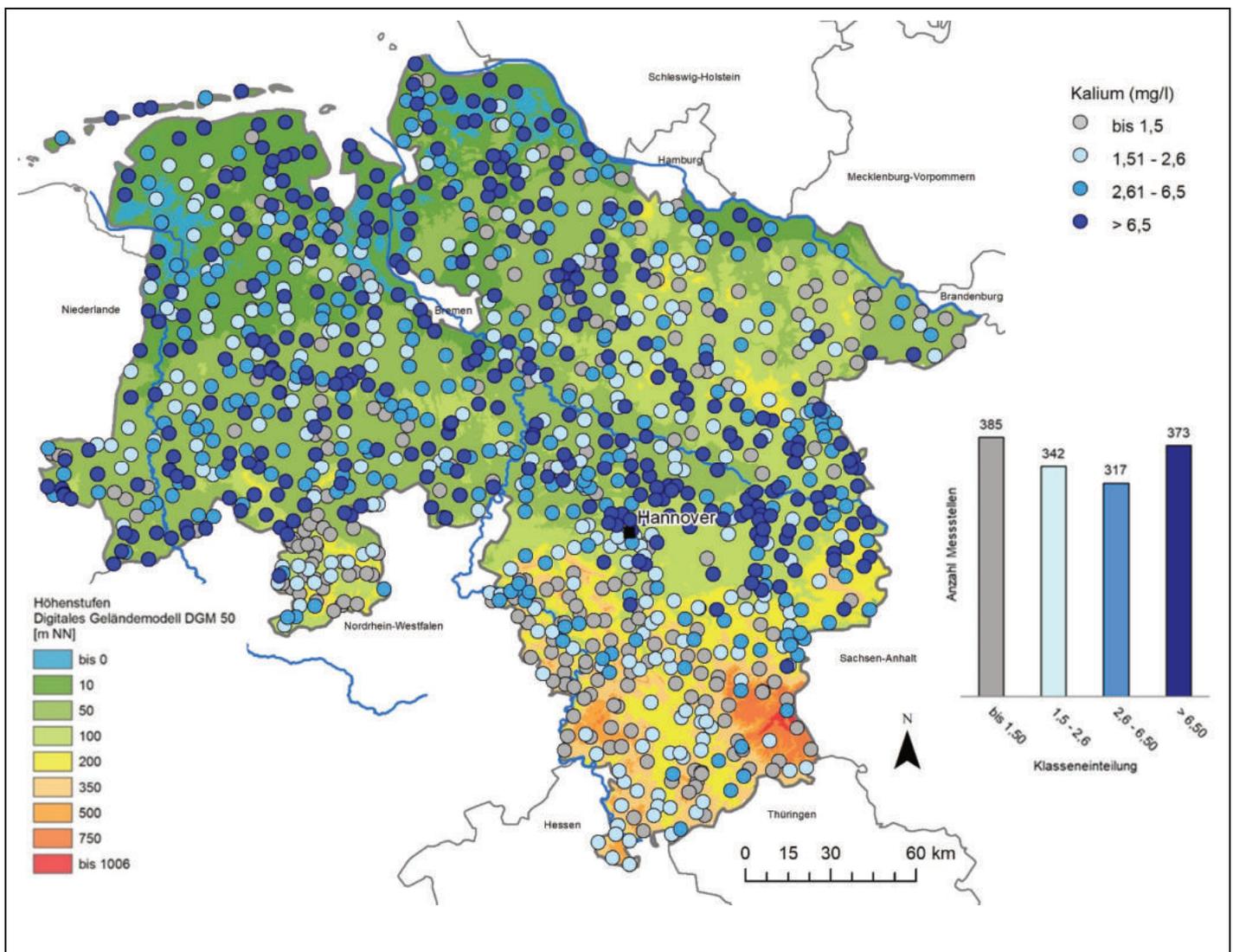
Bedeutung für die Umwelt

Das Alkalimetall Kalium (K) ist ein essentieller Nährstoff für Mensch, Tier und Pflanze. Geogene Quellen für Kalium sind die Minerale Kalifeldspat, Glimmer und Kalisilikate sowie Kalisalzlager. Kalium wird bei der Verwitterung der Gesteine und auch bei der Mineralisation organischer Substanz freigesetzt. Als Düngemittel sind Kaliumchlorid und Kaliumsulfat von großer Bedeutung.

Kaliumsalze sind leicht löslich. Im Gegensatz zum chemisch sehr ähnlichen Natrium wird Kalium jedoch in Tonmineralen fixiert oder in Mineralneubildungen eingebaut. Fehlt diese Art

von Bindung, wie in sandigen Sedimenten, kann Kalium leicht ins Grundwasser ausgewaschen werden. Nach Kölle (2010) kann die Auswaschung auf Sandböden bis zu 50 kg/ha Kalium betragen. Ist der Kaliumgehalt des Grundwassers höher als der Natriumgehalt, weist dies auf besondere geochemische Verhältnisse oder fäkale Verunreinigungen hin. Typische Kaliumkonzentrationen im Grund- und Trinkwasser liegen im Bereich bis 12 mg/l.

Es bestehen keine gesundheitlichen Risiken durch erhöhte Kaliumgehalte. Auf eine Regelung in der TrinkwV wird daher verzichtet. Es besteht jedoch eine Untersuchungspflicht in Abhängigkeit von der Wasserförderung (Kölle 2010). Frühere Fassungen der TrinkwV sahen einen Grenzwert von 12 mg/l K vor, wobei geogen bedingte Überschreitungen bis 50 mg/l außer Betracht gelassen wurden.



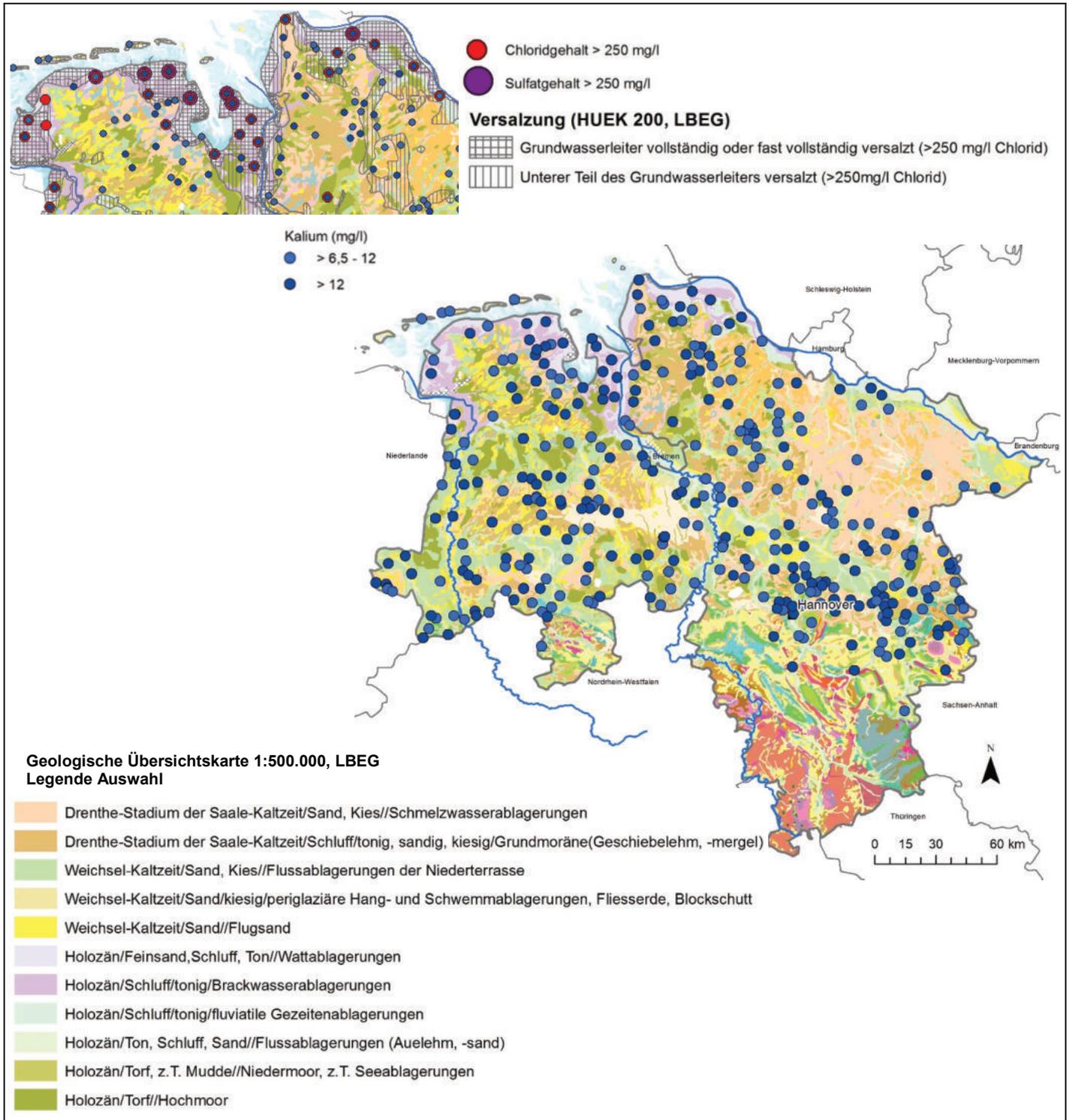


Abbildung 12: Kaliumgehalte über 12 mg/l im Grundwasser treten häufig untern quartären Sedimenten mit geringem Tonanteil auf.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Kalium wurden Ergebnisse von 1.417 Messstellen (Datenbestand 2021, Abbildung 11) ausgewertet.

Kaliumgehalte treten in einer weiten Spanne von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze bis zu einem Maximalwert von 330 mg/l auf. Insbesondere im Bereich der Küstenversalzung sind sehr hohe Kaliumgehalte von

nachzuweisen. Sie sind häufig verbunden mit ebenfalls hohen Chlorid- und Sulfatgehalten (Abbildung 12). Meerwasser selbst enthält zum Vergleich 390 mg/l Kalium (Kölle 2010). Erhöhte Kaliumgehalte über 12 mg/l (193 Messstellen) werden daneben in sandigen und kiesigen Schichten der Geestbereiche nachgewiesen (Abbildung 12). Die Festgesteinsbereiche im südlichen Landesteil weisen aufgrund der Fixierung in Tonmineralen hingegen geringe Kaliumgehalte auf (Abbildung 11 und Abbildung 12).

Magnesium

Bedeutung für die Umwelt

Magnesium (Mg) gehört zu den Erdalkalimetallen. Die Gesamthärte des Wassers wird als Summe der Erdalkalimetalle definiert, neben Calcium ist Magnesium der Hauptvertreter dieser Gruppe.

Für Pflanzen und Lebewesen ist Magnesium ein essentielles Element. Magnesium kommt gebirgsbildend als Karbonat in Dolomit (Calcium-Magnesium-Karbonat), als Bestandteil von

Silikaten und Tonmineralen sowie als Sulfat oder Chlorid in Salzlagerstätten vor (Kölle 2010). Meerwasser enthält 1,3 g/l Magnesium (Kölle 2010).

Die Magnesiumgehalte im Grundwasser werden durch Lösungsprozesse, Ionenaustausch- und Neutralisationsreaktionen bestimmt (Kölle 2010). Direkte anthropogene Einträge stammen vor allem aus der Verwendung magnesiumhaltiger Düngemittel, in Oberflächengewässern auch aus Abwasser insbesondere der Kali-Industrie.

In der Trinkwasserverordnung ist kein Grenzwert für Magnesium festgelegt. Es besteht jedoch eine Untersuchungspflicht für Wasserversorger.

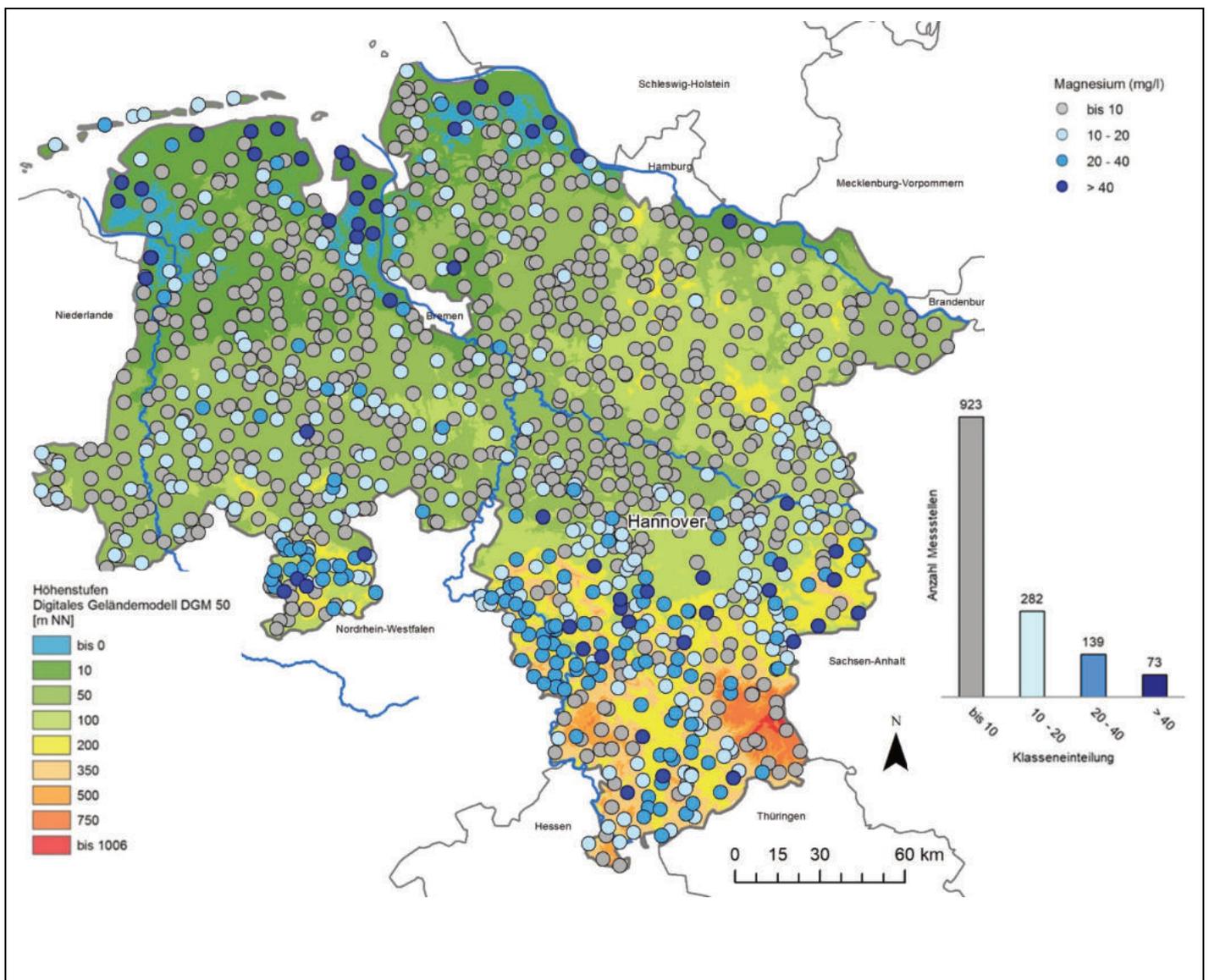


Abbildung 13: Magnesiumgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

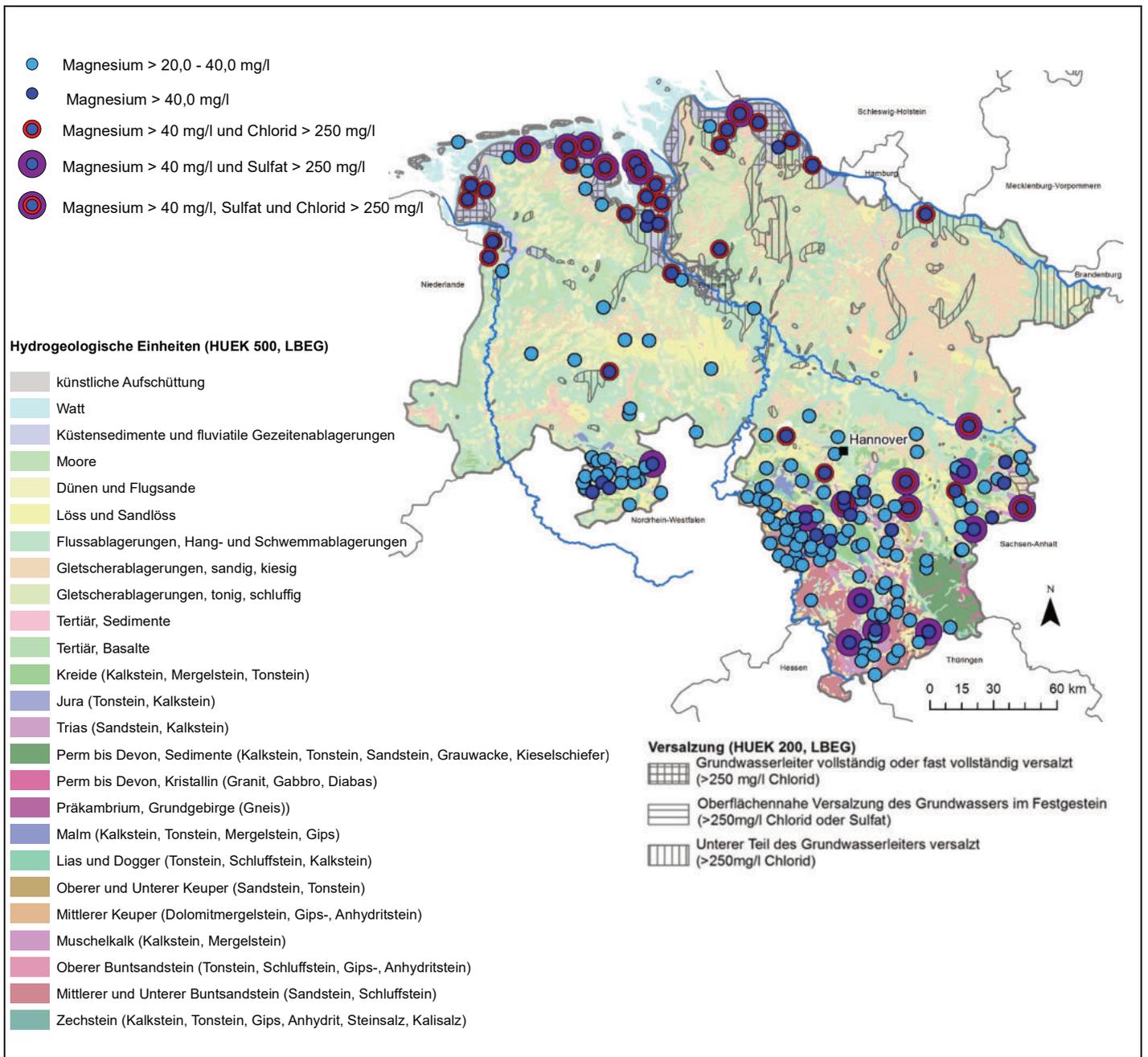


Abbildung 14: Im Festgesteinsbereich ist das Magnesiumkonzentrationsniveau im Grundwasser höher als im Lockergestein.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Magnesium erfolgte eine Auswertung von 1.417 Grundwassermessstellen (Daten 2021, Abbildung 13). 65% der Messstellen weisen niedrige Magnesiumgehalte bis 10 mg/l auf. Auffällig sind die hohen Gehalte im Bereich der Küstenversalzung (Abbildung 14). Alle 22 Messstellen mit Magnesiumkonzentrationen über 100 mg/l sind in diesem Bereich verortet. Bei sieben Messstellen konnten Magnesiumkonzentrationen über 500 mg/l nachgewiesen werden. Eine Messstelle weist eine Magnesiumkonzentration von 1.200 mg/l auf. Meerwasser enthält im Vergleich dazu 1,3 g/l Mg. Die hohen Konzentrationen gehen hier mit hohen

Chlorid- und Sulfatgehalten einher. Abgesehen von den Bereichen mit Küstenversalzung weisen die Messstellen der Lockergesteinsgebiete größtenteils niedrige Magnesiumgehalte bis 20 mg/l auf. Im Festgesteinsbereich ist das Konzentrationsniveau höher. 32% der Messstellen im Bergland können der Klassengröße 20 bis 40 mg/l Mg zugeordnet werden (Abbildung 13 und Abbildung 14). Insbesondere in den Grundwasserleitern aus Muschelkalk können erhöhte Magnesiumgehalte auftreten (Kunkel et al. 2002). In Bereichen mit Versalzung des Grundwasserleiters durch aufsteigendes Tiefenwasser treten auch hier erhöhte Magnesiumgehalte in Verbindung mit Chlorid- bzw. Sulfatbelastungen auf.

Nickel

Bedeutung für die Umwelt

Nickel (Ni) zählt zu den seltenen Schwermetallen und tritt oft gemeinsam mit Eisen und Cobalt auf. Eine Mobilisierung erfolgt durch Oxidation nickelhaltiger Sulfide. Ausgefällte Sulfide können durch Nitrat erneut mobilisiert werden, sodass hohe Nickelkonzentrationen im Wasser entstehen können (Kölle 2010). Vor allem in reduzierten Grundwasserleitern ist mit erhöhten Nickelgehalten zu rechnen (Kölle 2010). Bei pH-

Werten unter pH 6 nehmen im Boden die Gehalte an wasserlöslichen und austauschbaren Nickel zu, sodass die Verlagerbarkeit mit dem Sickerwasser deutlich steigt (Blume et al. 2010).

Nickel ist essentiell für den menschlichen Körper und weist nur eine geringe Toxizität auf, kann jedoch bei oraler Einnahme und bei Hautkontakt Allergien auslösen (Kölle 2010). Um das Nickel-Allergierisiko zu minimieren, sieht die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 20 µg/l vor. Hierbei ist berücksichtigt, dass sich die Konzentration im Verteilungsnetz der Wasserversorgung erhöhen kann. In der Grundwasserverordnung ist kein Schwellenwert festgelegt.

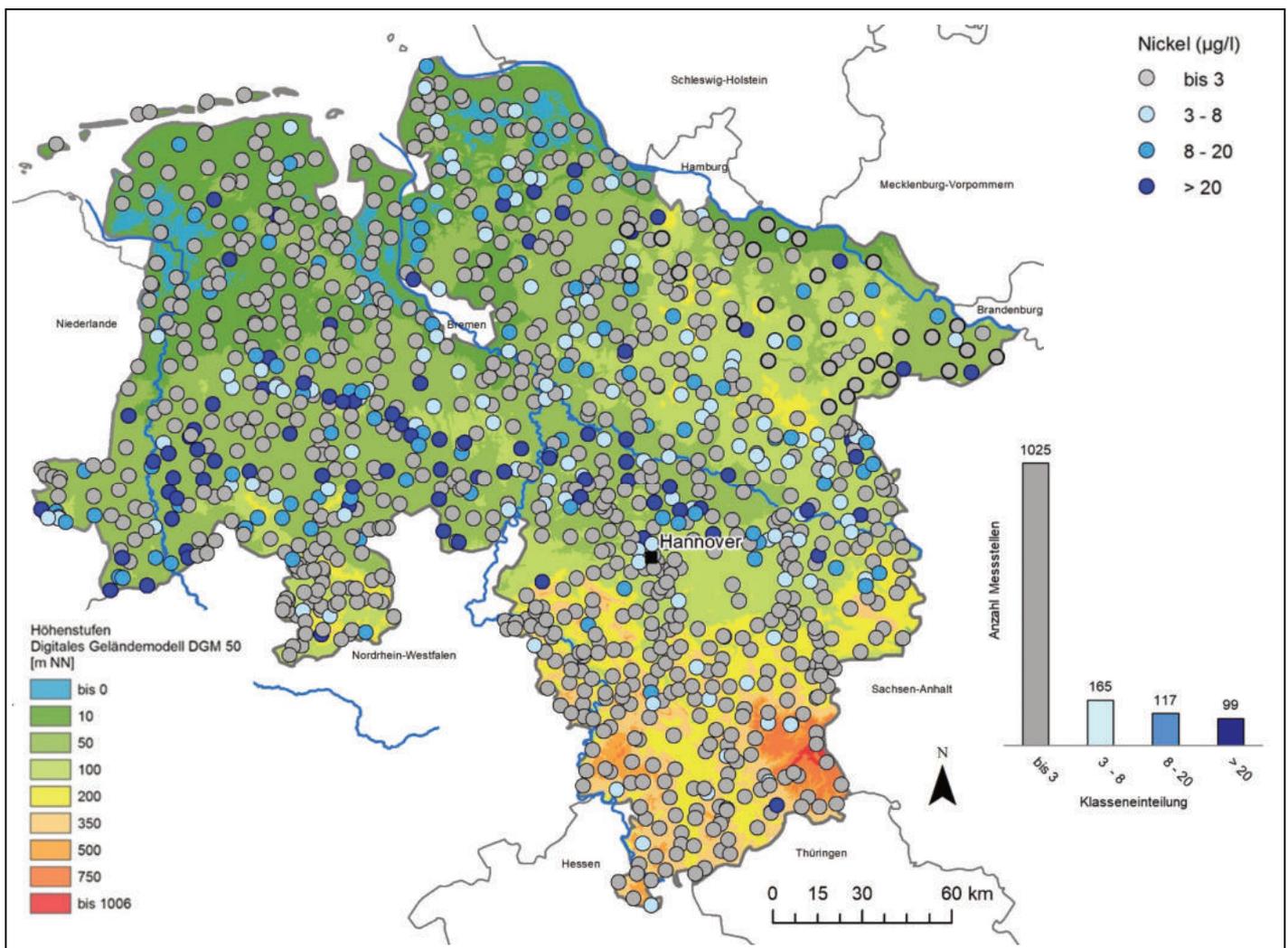
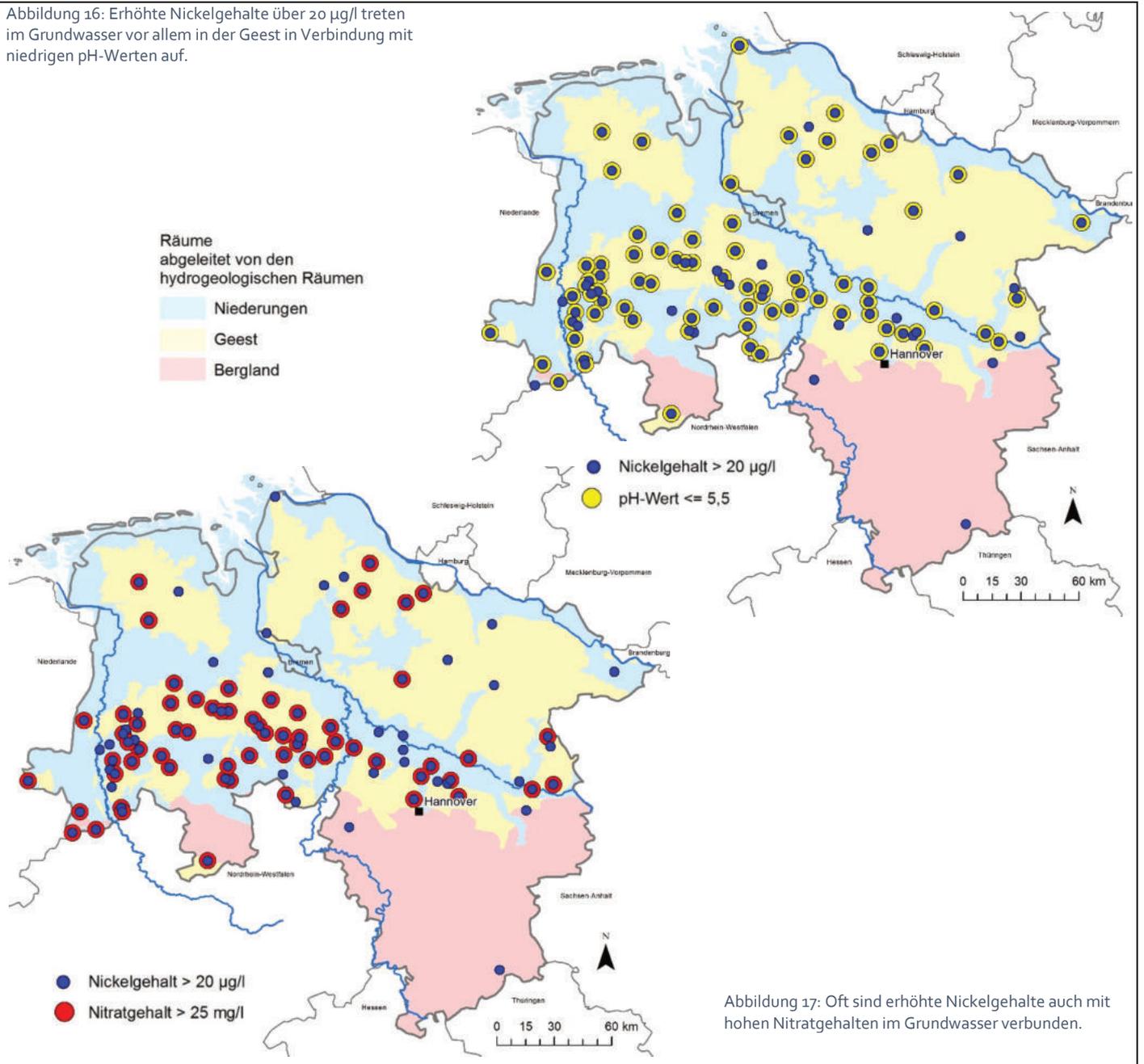


Abbildung 15: Nickelgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

Abbildung 16: Erhöhte Nickelgehalte über 20 µg/l treten im Grundwasser vor allem in der Geest in Verbindung mit niedrigen pH-Werten auf.



Beschaffenheit des Grundwassers

In Bezug auf Nickel wurden Analyseergebnisse von 1.406 Messstellen ausgewertet (Datenbestand 2021, Abbildung 15). Die Nickelgehalte der untersuchten Grundwassermessstellen liegen bei Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze (< 0,2 µg/l) bis zu einem Maximalwert von 260 µg/l. 73% der Messstellen weisen geringe Gehalte bis 3 µg/l auf (Abbildung 1). Erhöhte Nickelgehalte über 20 µg/l sind oft (81%) mit einem sauren Grundwassermilieu (pH-Wert bis 5,5) verbunden (Abbildung 16). Neun Messstellen weisen Nickelgehalte über 100 µg/l auf.

Insbesondere in der Geest treten erhöhte Nickelgehalte in nitrathaltigen Messstellen auf (Abbildung 17). In zwei der neun Messstellen mit Nickelgehalten über 100 µg/l werden auch Nitratgehalte über 50 mg/l detektiert. Ein Eintrag von Nitrat in das Grundwasser kann zur Nickelmobilisierung aus Sulfiden und Erzen führen (Pyritoxidation). Bei der Denitrifikation können Nickelgehalte bis 1.000 µg/l im Grundwasser erreicht werden (Kölle 2010). Im Bergland treten nur punktuell erhöhte Nickelgehalte auf (Abbildung 15).

Nitrat

Bedeutung für die Umwelt

Landwirtschaftlich genutzten Flächen wird Nitrat (NO_3^-) entweder direkt als mineralischer Dünger zugeführt oder es stammt aus der Zufuhr von ammoniumhaltigen Düngern und Wirtschaftsdüngern. Aus der Düngung resultiert ca. 90% der dem Boden zugeführten Stickstofffracht. Weitere 10% werden über den atmosphärischen Eintrag von Ammoniak aus der Viehhaltung sowie aus der Emission von Stickoxiden aus Kraftwerken, Industrieanlagen und Kraftfahrzeugen (NLWK 2001) eingebracht. Nitrat ist leichtlöslich und kann über das Sickerwasser aus dem Boden ausgewaschen werden und so in das Grundwasser gelangen.

Ein unbeeinflusstes Grundwasser weist in der Regel Nitratgehalte bis 10 mg/l auf. Die langjährige, intensive Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft führt zu einer höheren Belastung des Sickerwassers und letztlich zu einem

Anstieg der Nitratgehalte im Grundwasser. In intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen können Konzentrationen im Grundwasser deutlich über 50 mg/l auftreten. Nitrat trägt neben Phosphat zur Eutrophierung von Oberflächengewässern sowie der Küstengewässer und Meere bei. Im sauerstofffreien Grundwasser kann Nitrat bei Anwesenheit von organischen Kohlenstoffverbindungen und/oder reduzierten Schwefel-Eisen-Verbindungen (Pyrit) unter Beteiligung von Mikroorganismen zu Lachgas oder atmosphärischem Stickstoff abgebaut werden (Denitrifikation). Sauerstofffreie Grundwässer sind daher häufig nitratfrei (Kunkel et al. 2002).

Nitrat an sich hat keine toxikologisch relevante Wirkung, kann jedoch im Verdauungstrakt zu Nitrit umgewandelt werden. Nitrit bildet mit Aminen aus eiweißhaltigen Lebensmitteln krebserregende Nitrosamine. Bei Säuglingen kann Nitrit zur Bildung von Methämoglobinämie (Blausucht) führen.

Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung und der Schwellenwert nach Grundwasserverordnung (2010) betragen jeweils 50 mg/l Nitrat.

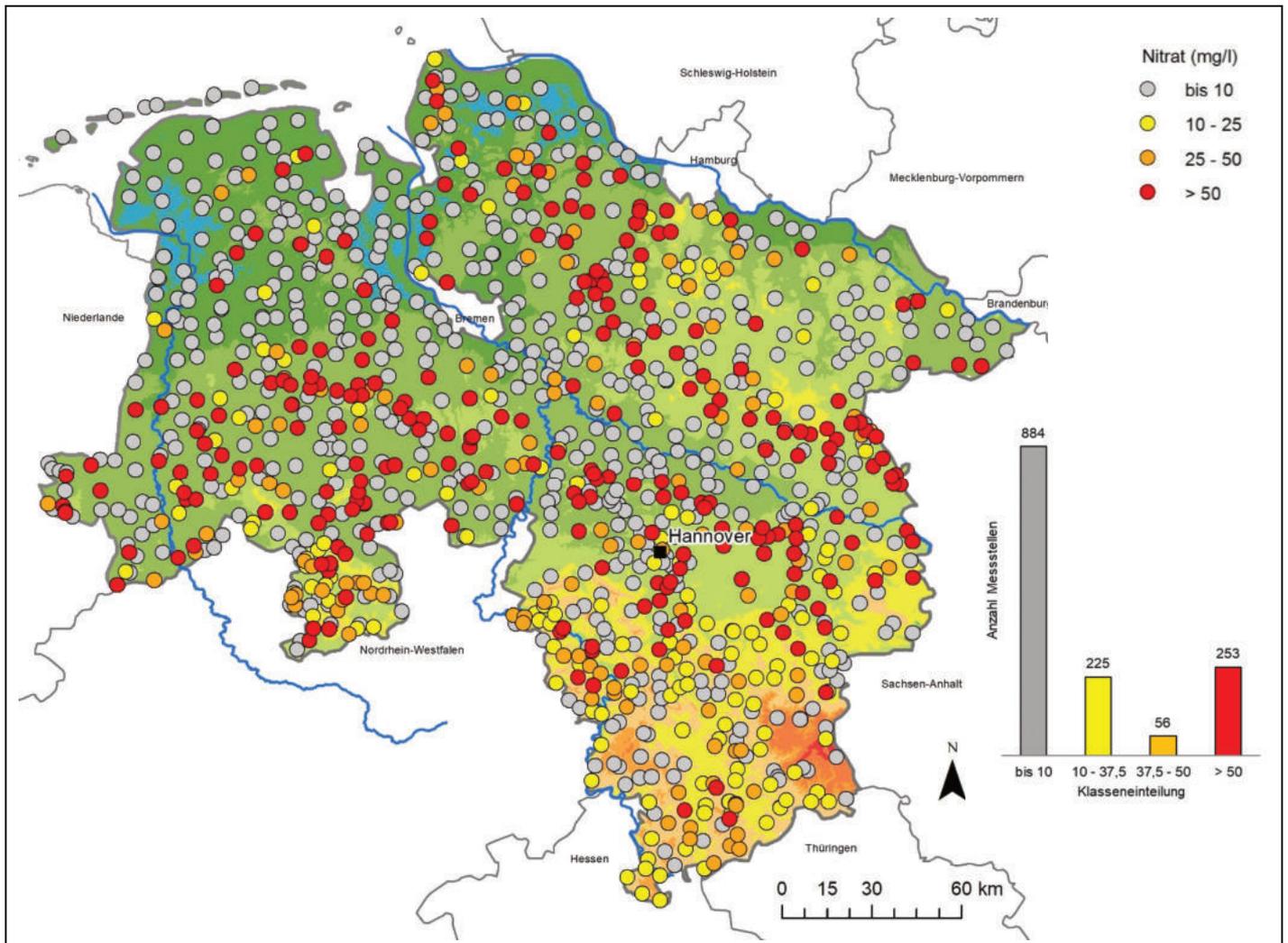


Abbildung 18: Nitratgehalte im Grundwasser (Datenlage 2021).

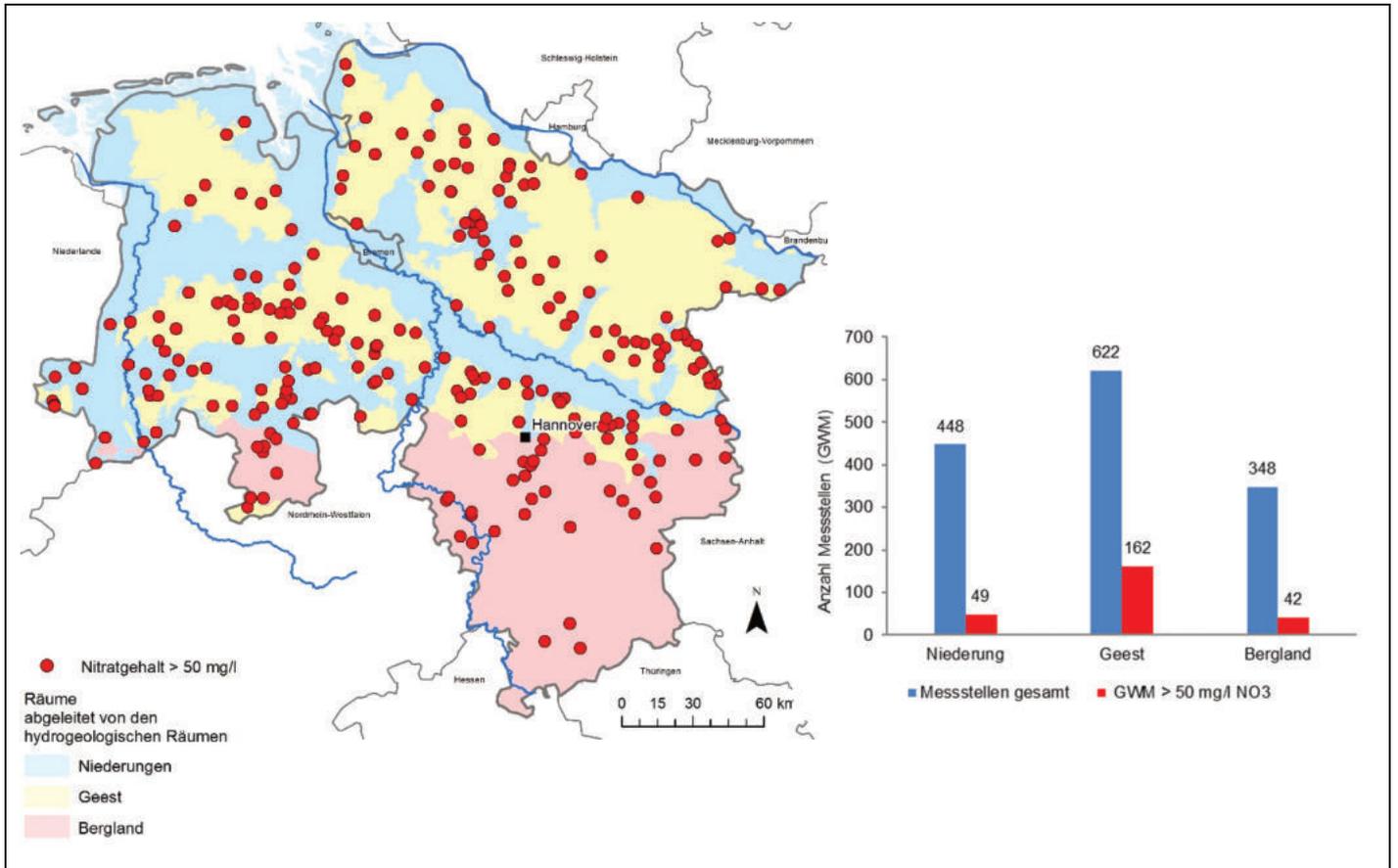


Abbildung 19: Erhöhte Nitratgehalte (Datenbestand 2021) über 50 mg/l im Grundwasser treten häufig in den Geestgebieten auf. In den Niederungen, Marschen und Mooren kommt es hingegen zum natürlichen Nitratabbau (Denitrifikation).

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Nitrat standen Untersuchungsergebnisse von 1.418 Messstellen (Datenbestand 2021, Abbildung 18) zur Verfügung, wobei auch Messwerte aus gering belasteten unteren Grundwasserstockwerken berücksichtigt worden sind. In 18% aller Messstellen werden Belastungen über dem Grenzwert von 50 mg/l Nitrat nachgewiesen. Im Gegensatz dazu ist für die Berichterstattung an die Europäische Umweltagentur nur der obere Grundwasserleiter zu betrachten. Von den hierfür ausgewählten 167 repräsentativen niedersächsischen Messstellen (EUA-Messnetz) überschreiten 28% den Grenzwert. Für die Berichterstattung zur Nitratrichtlinie (91/676/EWG) sind hiervon die 103 Messstellen mit landwirtschaftlich geprägtem Anstrombereich maßgeblich, wobei 36% der Messstellen

Grenzwertüberschreitungen aufweisen. Überschreitungen werden überwiegend im Bereich der Geest detektiert (Abbildung 19). Rund 62% der Messstellen weisen mit bis zu 10 mg/l Nitratgehalte im Bereich des unbeeinflussten Grundwassers auf. In den Niederungsgebieten, Mooren und Marschen sind die Messstellen aufgrund vollständiger Denitrifikation weitestgehend nitratfrei.

Im Süden des Landes besteht der Untergrund aus Festgestein. Viele Messstellen sind in diesem Bereich der Nitratklasse 10 bis 25 mg/l zuzuordnen. Im Bergland finden nur im geringen Maße Denitrifikationsvorgänge statt. Deckschichten sind nicht flächenhaft verbreitet. Die Spannweite der Nitratgehalte ist landesweit mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze bis zu einem Extremwert von 330 mg/l sehr groß.

Nitrit

Bedeutung für die Umwelt

Nitrit (NO_2^-) tritt als Zwischenprodukt bei der mikrobiellen Umwandlung von Ammonium (Nitrifikation) und Nitrat (Denitrifikation) auf. Bei der Nitrifikation wird Ammonium durch Luftsauerstoff in Nitrat umgewandelt. Diese Reaktion ist an aerobe, sauerstoffhaltige Bedingungen geknüpft. Bei der Denitrifikation wird Nitrat unter anaeroben, sauerstofffreien Bedingungen zu gasförmigen Stickstoff reduziert. Beide Reaktionen laufen unter Beteiligung von Bakterien in mehreren Schritten ab. Nitrit entsteht bei beiden Reaktionen nur kurzfristig als Zwischenprodukt. Sofern die Reaktionen vollständig abgeschlossen sind, enthält Grundwasser kein Nitrit.

Nitrit bildet mit Aminen aus eiweißhaltigen Lebensmitteln krebserregende Nitrosamine. Bei Säuglingen kann Nitrit zur Bildung von Methämoglobinämie (Blausucht) führen. In Wasserwerksfiltern kann unter nitrifizierenden Bedingungen Nitrit gebildet werden (Kölle 2010). Auch durch die Wasserförderung selbst kann es in flachen Grundwasserleitern zu einer erhöhten Nitritkonzentration kommen, da durch die verkürzte Reaktionszeit Redoxreaktionen nicht vollständig abgeschlossen werden können (Kölle 2010).

Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung beträgt 0,5 mg/l. Bei Abgabe des Trinkwassers ab Wasserwerk darf der Wert von 0,1 mg/l Nitrit nicht überschritten werden. Die Grundwasserverordnung sieht ebenfalls einen Schwellenwert von 0,5 mg/l vor.

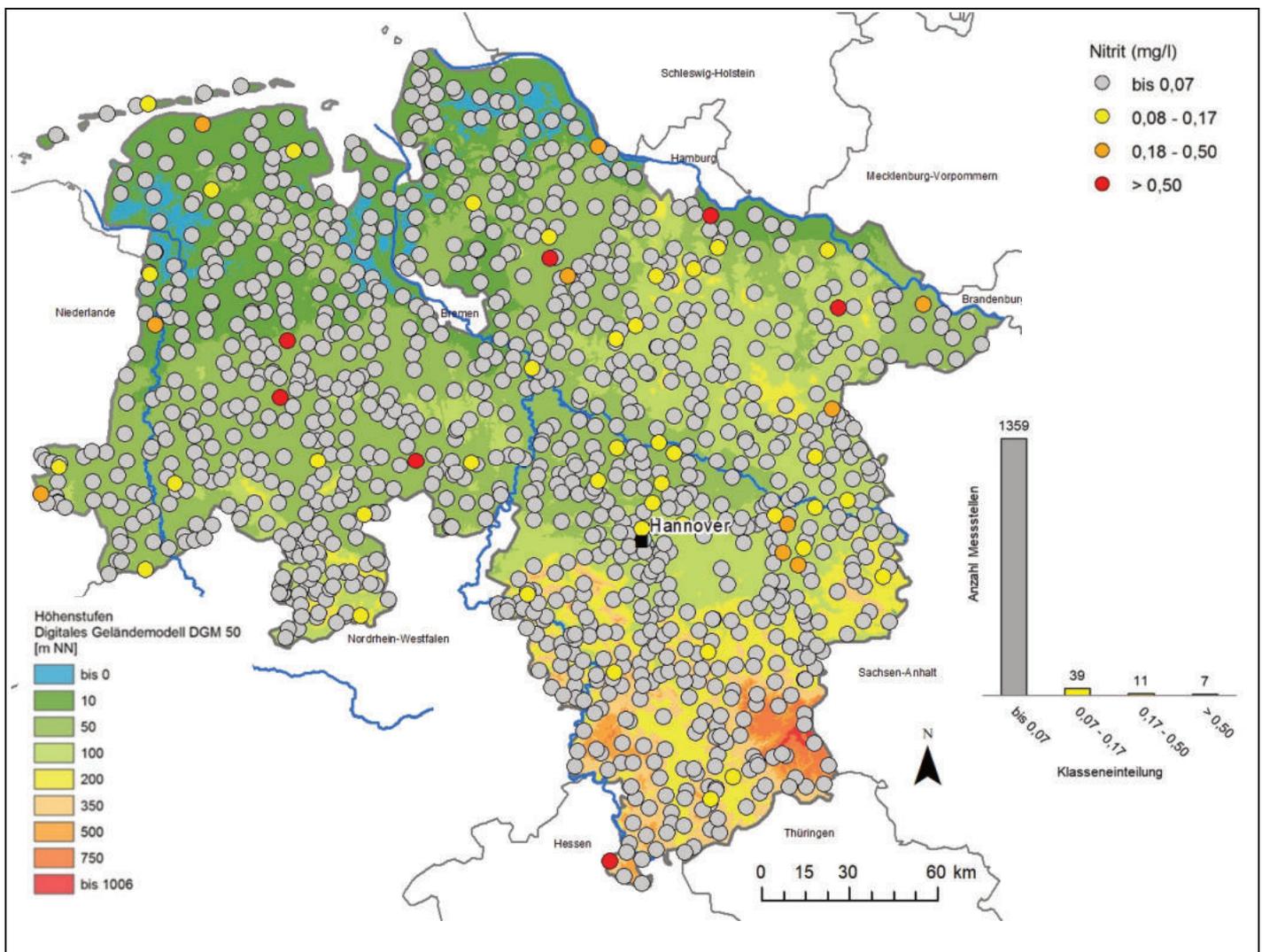


Abbildung 20: Nitritgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

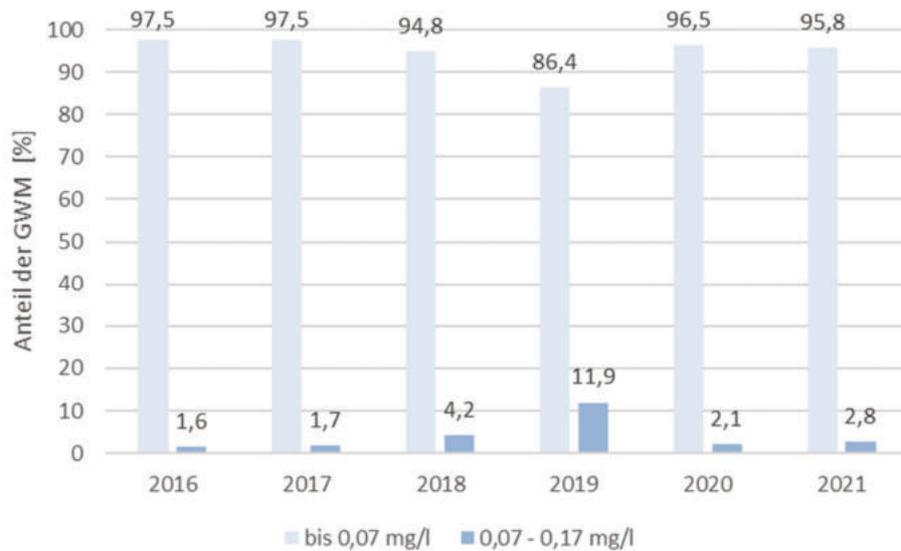


Abbildung 21: Entwicklung der Nitritgehalte im Grundwasser von 2016 bis 2021 in den Klassen bis 0,07 und > 0,07 – 0,17 mg/l Nitrit.



Abbildung 22: Entwicklung der Nitritgehalte in ausgewählten Grundwassermessstellen.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Nitrit wurden 1.416 Messstellen (Daten 2021, Abbildung 20) ausgewertet. Sieben Messstellen überschreiten aktuell den Grenz- bzw. Schwellenwert von 0,5 mg/l Nitrit. Waren in den Trockenjahren 2018 und insbesondere 2019 verstärkt Messstellen mit Nitritgehalten der Klasse bis 0,17 mg/l zu verzeichnen, sind in den Jahren 2020 und 2021 wieder deutlich weniger Messstellen dieser Klasse zuzuordnen (Abbildung 21). Einige Messstellen weisen langjährig Nitritgehalte über den Schwellenwert auf oder

schwanken um diesen Wert (Wittingen im Landkreis Gifhorn, Abbildung 22). Die Messstelle Bruettendorf im Landkreis Rotenburg (Wümme) zeigt in den letzten fünf Jahren erhöhte Nitritgehalte. In den meisten Fällen handelt es sich bei den erhöhten Werten in 2021 jedoch um einmalige Ausreißerwerte. Im normalen Nitrifikationsablauf tritt Nitrit nur kurzfristig auf. Wenn die kontinuierliche Nitrifikation gestört ist, kann dies erhöhte Nitritgehalte zur Folge haben, da das Zwischenprodukt Nitrit längerfristig stabil auftritt. Die Ursachen für die hohen Nitritgehalte der oben genannten Messstellen sind bisher nicht bekannt.

Phosphat

Bedeutung für die Umwelt

Phosphor tritt in der Umwelt vorwiegend als ortho-Phosphat (PO_4^{3-}), dem Anion der Phosphorsäure auf. Phosphor ist Bestandteil von Aminosäuren, sodass die Zersetzung der organischen Substanz eine wesentliche Phosphatquelle für das Grundwassersystem darstellt. Daneben ist Phosphat in den Mineralen Apatit und Phosphorit enthalten. Magmatite und Tonsteine enthalten relativ viel Phosphat. Phosphatminerale bilden den Rohstoff für Phosphatdünger. Neben Abwasser stellt die Phosphatdüngung die maßgebliche anthropogene Belastungsquelle für das Grundwasser dar. Hohe P-Bilanzüberschüsse in der Landwirtschaft führen zu einem verstärkten Austrag mit dem

Sickerwasser und zur Anreicherung im Grundwasser (VDLUFA 2015, Verloop et al. 2010). Phosphate werden u.a. an Metalloxiden und -hydroxiden sorbiert. Unter reduzierenden Bedingungen kommt es zur Auflösung der Metallverbindungen, sodass Phosphate verstärkt in Lösung gehen und im Grundwasser angereichert werden.

Phosphat im Trinkwasser kann zu einer schnelleren Verkeimung und verstärkten Vermehrung von Bakterien führen. Phosphatverbindungen werden in der Trinkwasserinstallation als Korrosionsschutz und gegen Kalkablagerungen eingesetzt (Kölle 2010).

Ein Grenzwert nach Trinkwasserverordnung ist nicht benannt. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung für ortho-Phosphat beträgt 0,5 mg/l.

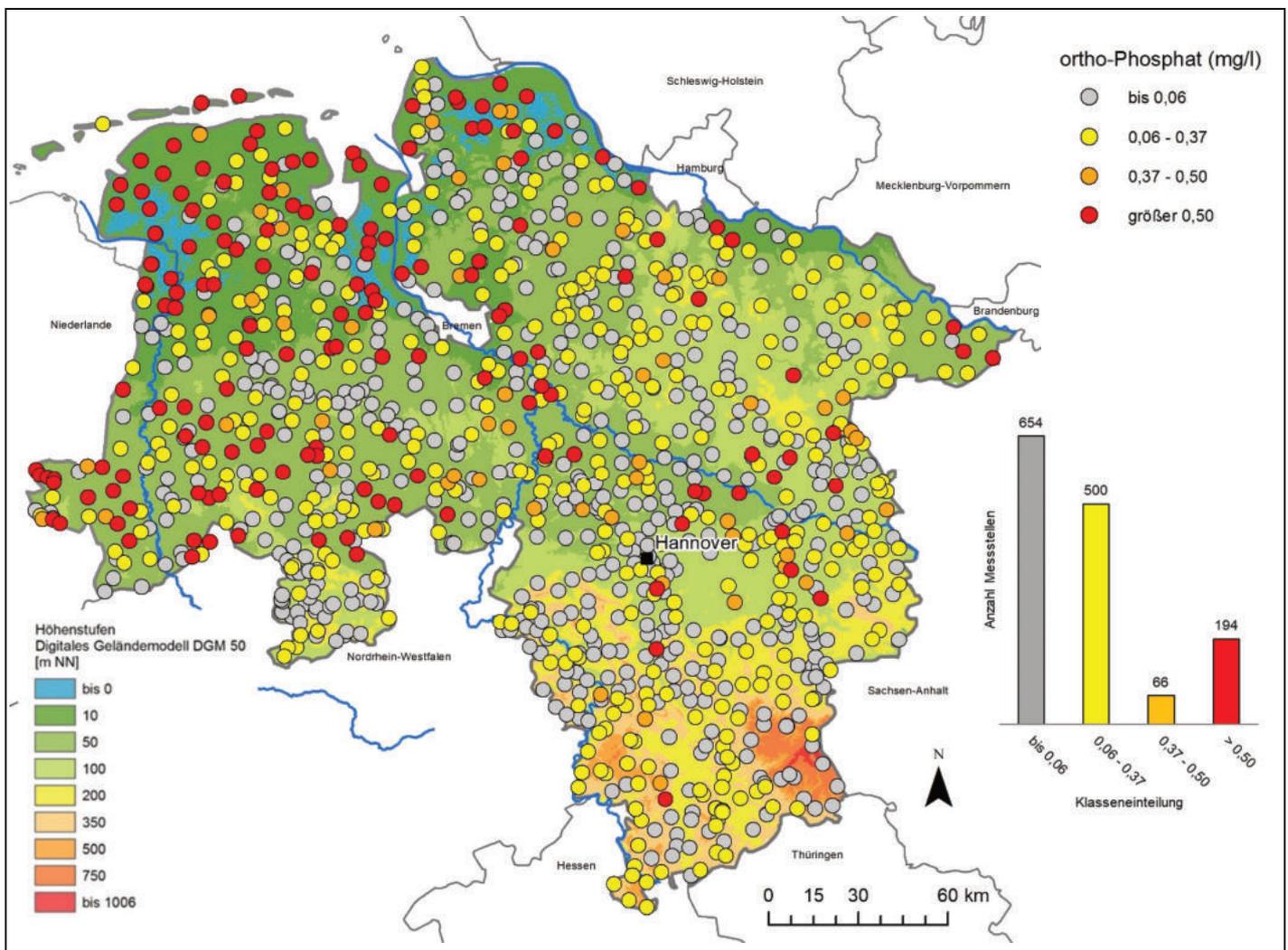


Abbildung 23: Phosphatgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

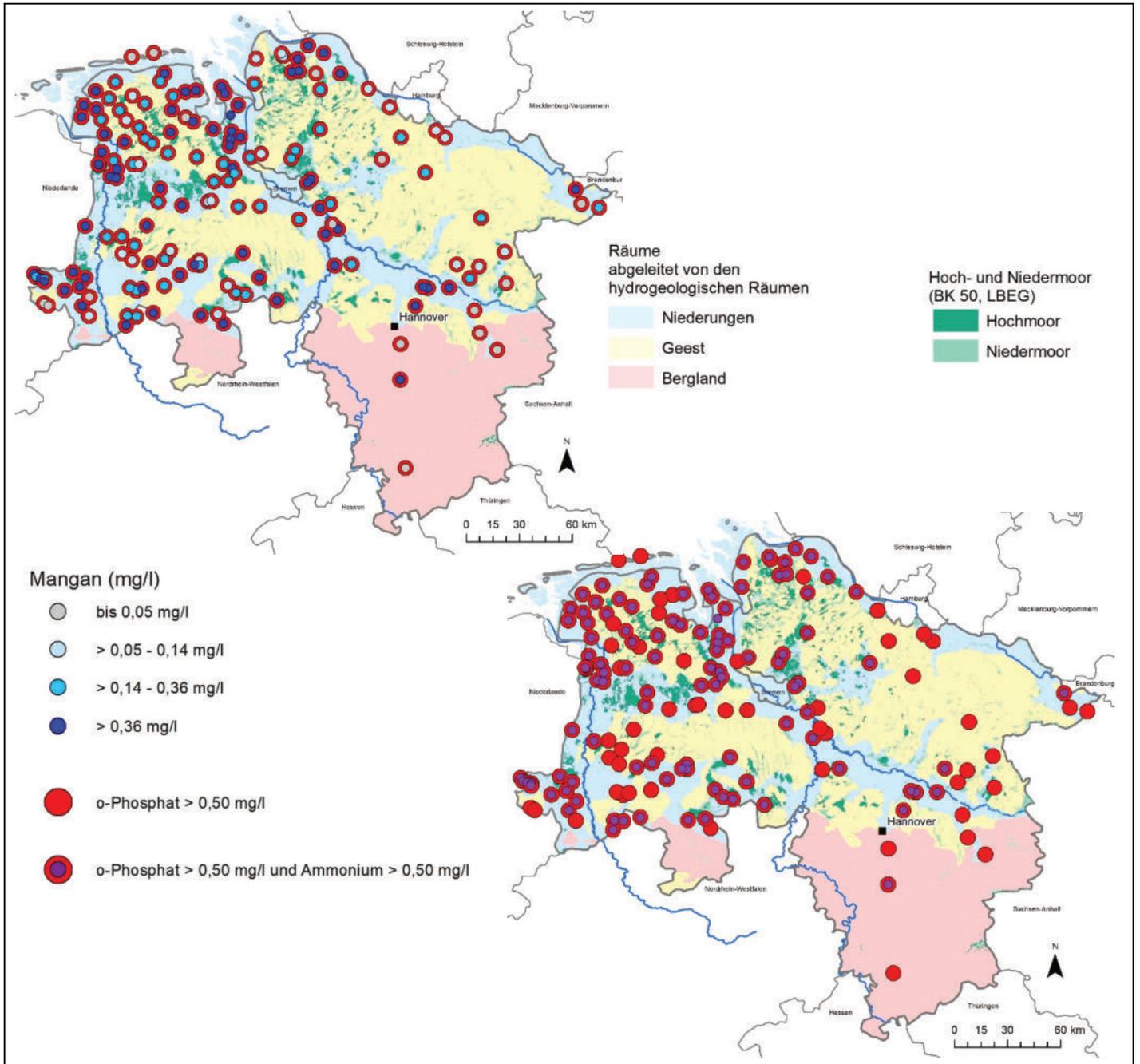


Abbildung 24: Erhöhte Phosphatgehalte über 0,5 mg/l (Datenbestand 2021) im Grundwasser treten häufig unter Böden mit einem hohen Anteil an organischer Substanz wie Marschen, Niederungen und Mooren und unter reduzierenden Bedingungen auf.

Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter ortho-Phosphat standen Daten von 1.414 Messstellen (Datenbestand 2021) zur Verfügung (Abbildung 23). Phosphatgehalte treten in einer weiten Spanne von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze ($< 0,06$ mg/l) bis zu einem Maximalwert von 34 mg/l auf. In 194 Messstellen (14%) wird der Grenzwert von 0,5 mg/l überschritten.

Erhöhte Gehalte (Abbildung 23) werden überwiegend in Bereichen der quartären Küstenablagerungen, Niederungen und Moore nachgewiesen. Insbesondere in den Marschen sind z.T. sehr hohe Phosphat-Gehalte über 5 mg/l nachzuweisen.

Die Mineralisation der organischen Substanz ist eine bedeutende Phosphatquelle. Im reduzierten Grundwasser kann es aufgrund fehlender Sorptionsmöglichkeiten zu einer Anreicherung von Phosphat kommen. Das ebenfalls freigesetzte Mangan und Ammonium bleiben ebenfalls stabil. Von den 194 Messstellen mit erhöhten Phosphatgehalten überschreiten 66% ebenfalls den Schwellenwert für Ammonium von 0,5 mg/l (Abbildung 24). Landesweite Auswertungen ergeben für die Niederungen mit der Messstellentiefe ansteigende Phosphatgehalte (NLWKN 2019) im Grundwasser. Weitergehende Informationen können dem NLWKN Bericht „Phosphat im Grundwasser Niedersachsens“ Wasserrahmenrichtlinie Band 12, entnommen werden.

pH-Wert

Bedeutung für die Umwelt

Der pH-Wert ist ein Maß für den sauren oder alkalischen Charakter einer Lösung. pH-Werte unter 7 zeigen saure, pH-Werte über 7 zeigen basische Verhältnisse an. pH 7 entspricht einer neutralen Lösung. Der pH-Wert ist definiert als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität. Im unbelasteten Grundwasser liegt der pH-Wert zwischen 6 und 8,5 (UBA 2004). Wenn der pH-Wert unter pH 5,6 fällt, dem pH-Wert unbeeinflusster Niederschläge, wird von Versauerung gesprochen (UBA 2004). Verschiedene Salze reagieren mit Hydroxidionen und halten den pH-Wert durch das Abpuffern von Säuren stabil. Eine wichtige Rolle spielt dabei das Karbonat-Kohlensäure-Gleichgewicht. Da ein Säureeintrag zur Auflösung von Karbonaten führt, kann nur ein begrenzter Säureeintrag abgepuffert werden. Der pH-Wert von Grundwasser aus karbonatreichen Gesteinen liegt daher höher als von Grundwasser aus karbonatarmen Gesteinen wie z.B. Sandstein.

Säuren können durch Stickoxide und Schwefelverbindungen über die Luft und den Niederschlag (saurer Regen) in Boden und Grundwasser eingetragen werden. Daneben kann die Oxidation von Pyriten (FeS_2) durch Sauerstoff- oder durch Nitrateintrag eine Versauerung bewirken (Kölle 2010). Stark saure oder alkalische Verhältnisse wirken toxisch auf Organismen. Niedrige pH-Werte führen zu einer gesteigerten Löslichkeit von Schwermetallen. Versauerung kann eine Mobilisierung von Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink bewirken (Alloway & Ayres 1996).

Der pH-Wert wirkt sich auf den Geschmack des Trinkwassers aus. Die Wirksamkeit von Chlorungsmaßnahmen in den Wasserwerken ist abhängig vom pH-Wert des Wassers. Niedrige pH-Werte unter pH 6 im Wasser ermöglichen die Bildung von Kohlensäure aus Bikarbonaten. Dadurch können u.a. Betonteile angegriffen und darin verbaute Metalle korrodiert werden.

Da das Grundwasser nicht korrosiv wirken soll, legt die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert für die Wasserstoffionenkonzentration von größer oder gleich pH 6,5 und kleiner gleich pH 9,5 fest.

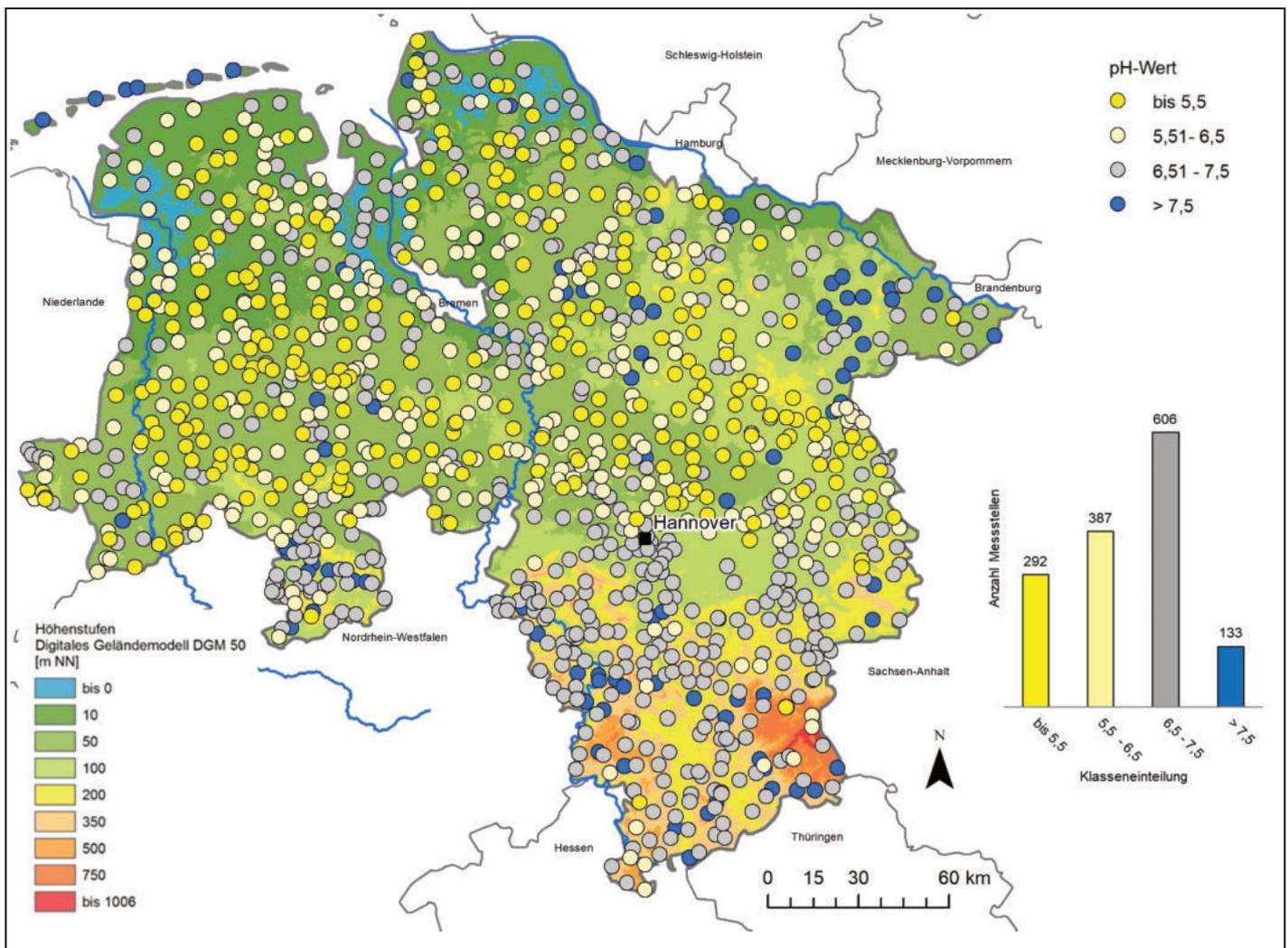


Abbildung 25: pH-Werte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

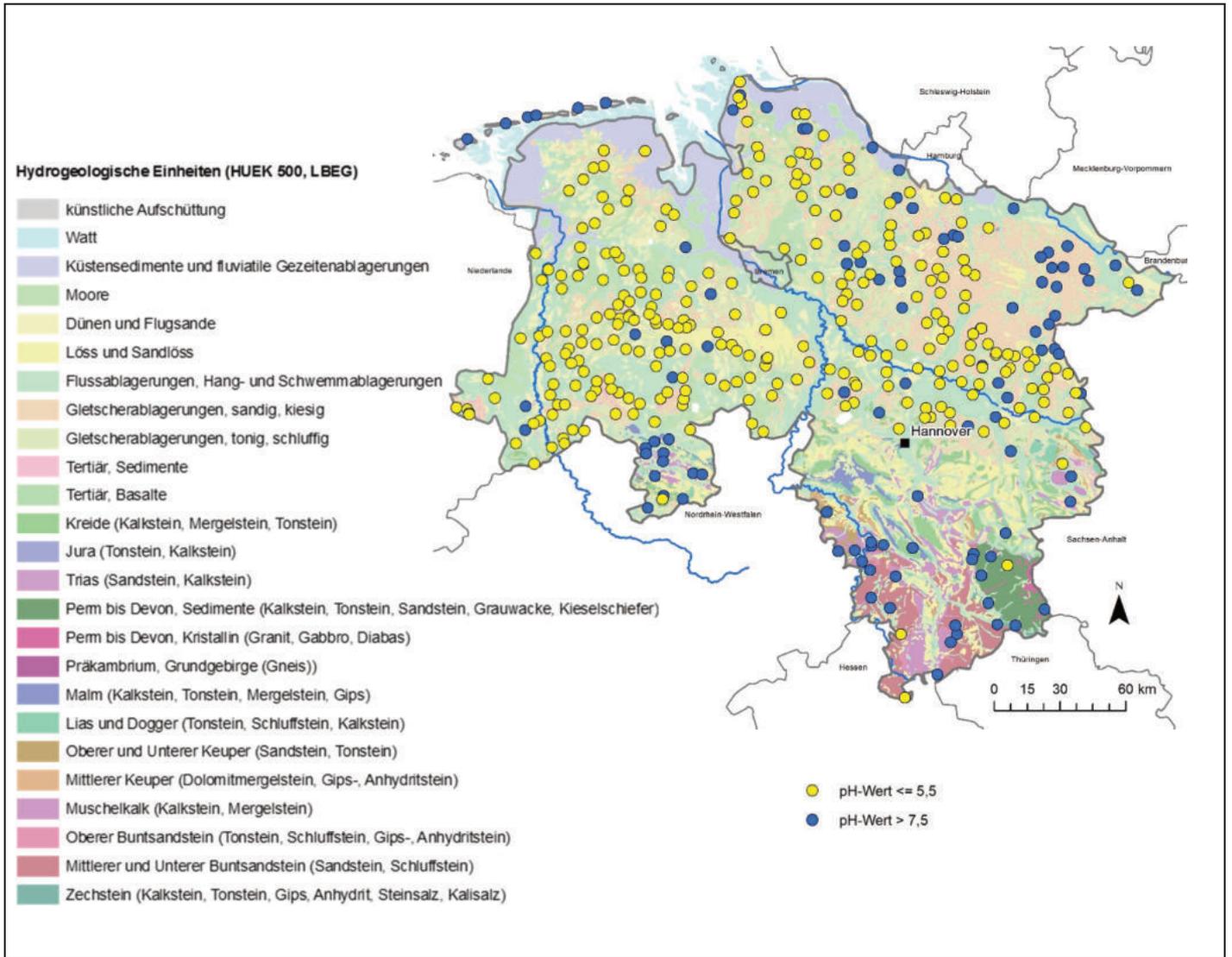


Abbildung 26: pH-Werte bis 5,5 treten im Grundwasser karbonatärmer Lockergesteine und unter Mooren auf. Im Bergland ist das Grundwasser zum größten Teil alkalisch.

Beschaffenheit des Grundwassers

Hinsichtlich des pH-Wertes konnten 1.417 Grundwassermessstellen (Datenbestand 2021, Abbildung 25) ausgewertet werden. 21% der Messstellen weisen pH-Werte bis 5,5 auf. Diese niedrigen Werte treten vorrangig in den Lockergesteinsgebieten mit Mooren auf (Abbildung 26). Im Bergland weist das Grundwasser an Standorten mit kalkhaltigen, karbonatreichen Gesteinen dagegen pH-Werte oberhalb von pH 6,5 auf. Auf den Ostfriesischen Inseln sind hohe pH-Werte über pH 7,5 vorherrschend (Abbildung 25).

Die Grundwasserleiter sind auf den Inseln häufig reich an karbonatischen Muschelschalenbruchstücken, wobei das Calcium-karbonat als Säurepuffer wirkt (Marggraf 2005).

Auffällig sind auch die höheren pH-Werte im Bereich der Lüneburger Heide im Nordosten Niedersachsens (Abbildung 25 und Abbildung 26), die teilweise in den Hamburger oder Lauenburger Tonkomplexen begründet sind. Auch Silikate, Oxide und Hydroxide können Säuren abpuffern (Haberer & Böttcher 1996) und führen zu einem höheren pH-Wert im Grundwasser.

Sauerstoff

Bedeutung für die Umwelt

Sauerstoff (O_2) wird in gelöster Form bei der Grundwasserneubildung über das Sickerwasser in das Grundwasser eingetragen und ist an vielen chemischen und biochemischen Prozessen beteiligt. Der Sauerstoffgehalt kennzeichnet das chemische Milieu des Grundwassers als oxidierend oder reduzierend und ist für die Beurteilung der chemischen Zusammensetzung und der im Grundwasser ablaufenden Prozesse von Bedeutung. Im sauerstoffhaltigen Grundwasser kommt es durch mikrobielle Stoffwechselprozesse zu einer Oxidation von organischen

Substanzen und reduzierter Schwefelverbindungen, wobei Sauerstoff gezehrt wird. Typisch für reduzierende Bedingungen im Grundwasser sind der Nitratabbau (Denitrifikation), erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen sowie das Auftreten von Ammonium. Nach Kunkel et al. (2004) kann ein Grundwasser mit Sauerstoffgehalten unter 1,5 mg/l als reduziert angesehen werden. Bei Sauerstoffgehalten über 4 mg/l kann sicher von einem oxidierenden Milieu ausgegangen werden.

Ein Grenzwert zur Regulierung des Sauerstoffgehaltes bestehen nicht. Vorgaben der Trinkwasserverordnung oder der Grundwasserverordnung für Eisen, Mangan oder Ammonium können jedoch nur erfüllt werden, wenn das Grundwasser entsprechend Sauerstoff enthält (Kölle 2010).

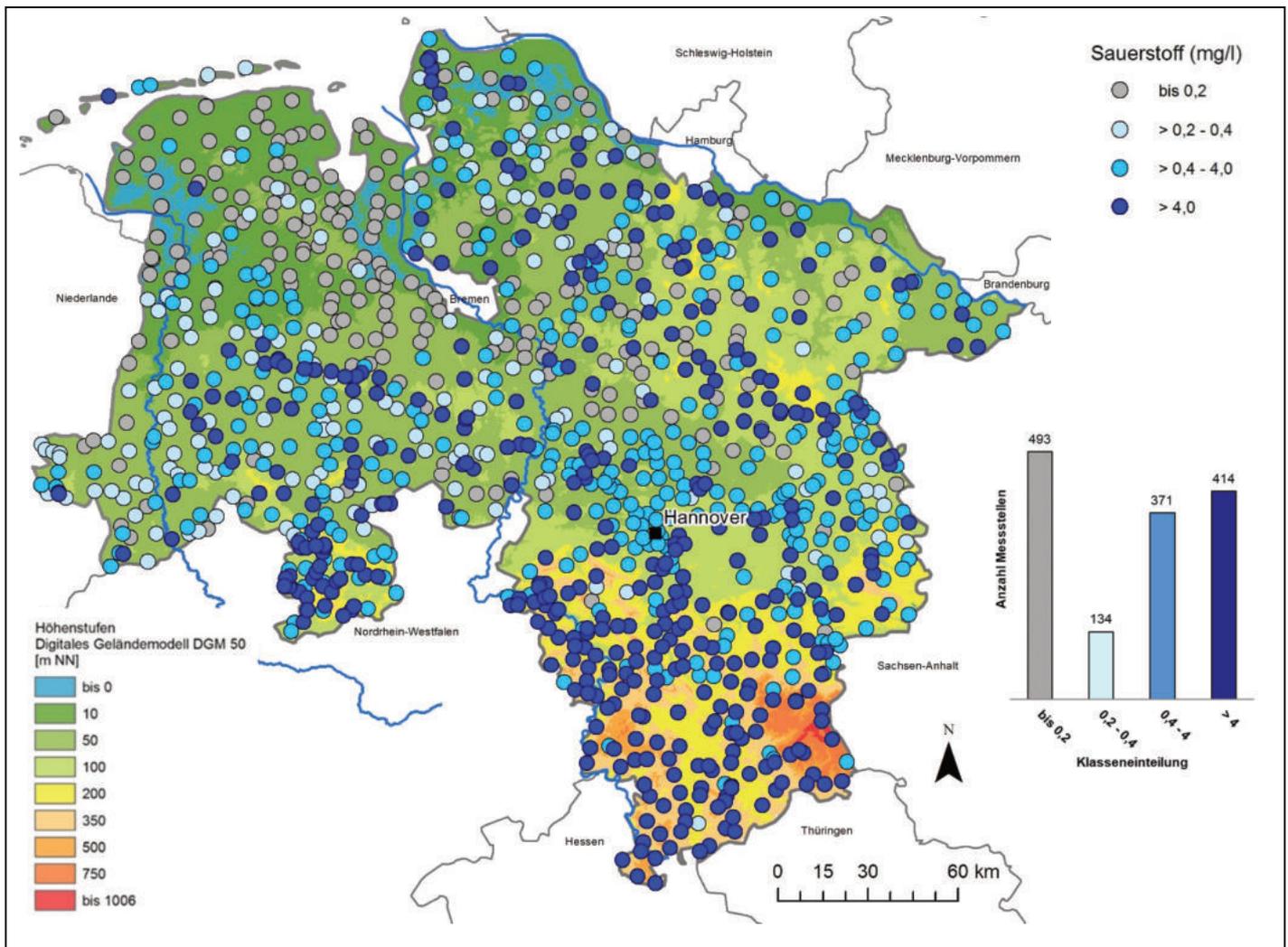
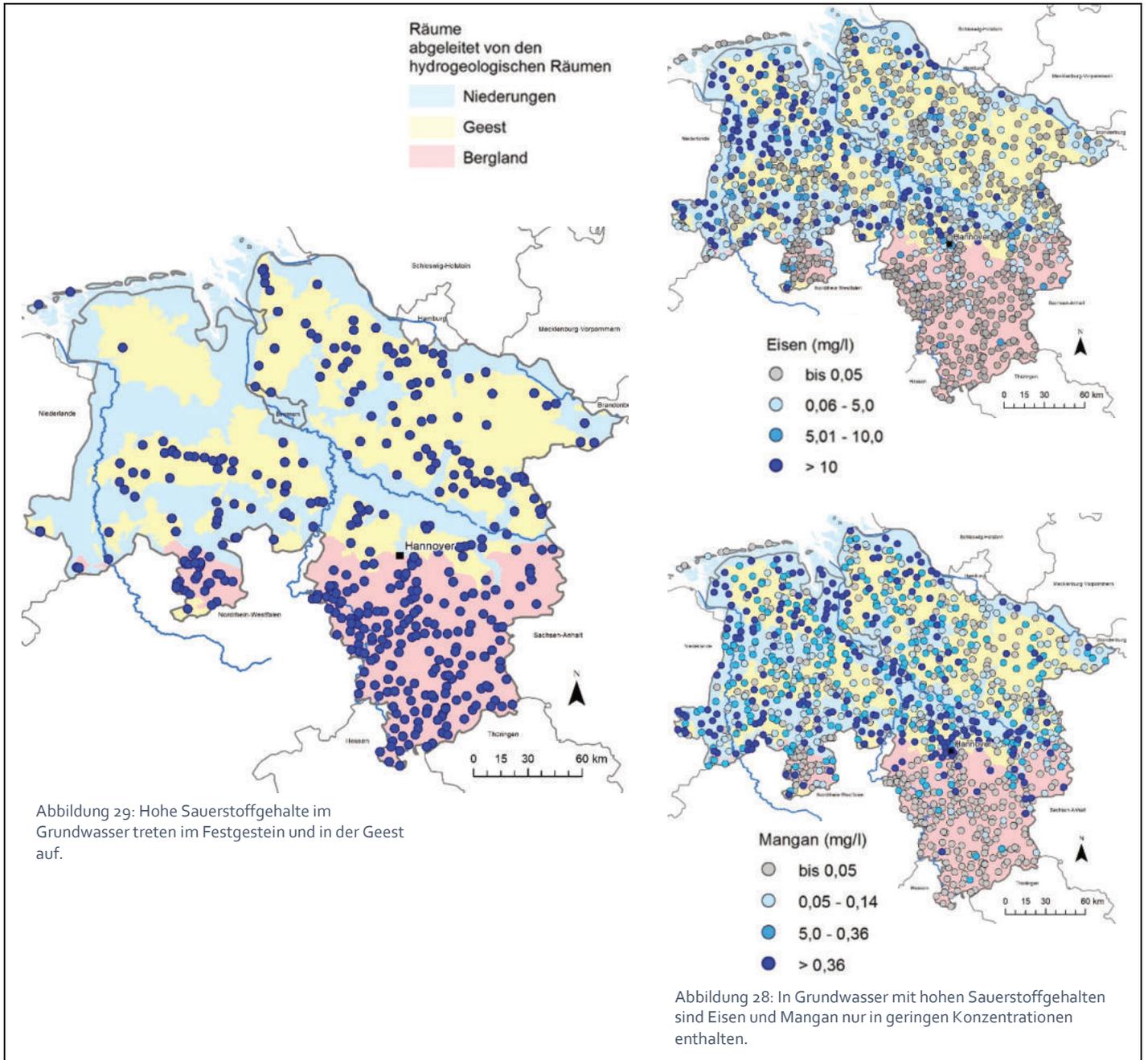


Abbildung 27: Sauerstoffgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).



Beschaffenheit des Grundwassers

Für den Parameter Sauerstoff waren Untersuchungsergebnisse von 1.411 Messstellen (Datenbestand 2021, Abbildung 27) verfügbar. Sauerstoffgehalte treten in einer Spanne von kleiner Bestimmungsgrenze bis zu 14 mg/l auf. Hohe Sauerstoffgehalte über 4 mg/l sind vor allem im Festgestein in Kluft- und Karstgrundwasserleitern aber auch im

Lockergestein in der Geest festzustellen (Abbildung 29). 29% der Messstellen zeigen oxidierende Verhältnisse an. Im sauerstoffreichen Grundwasser sind Eisen und Mangan nur in geringen Konzentrationen enthalten, da die Löslichkeit mit Änderung der Wertigkeitsstufe von zwei- zu dreiwertig stark abnimmt (Abbildung 28).

Sulfat

Bedeutung für die Umwelt

Sulfat (SO_4^{2-}) ist als Bestandteil verschiedener Minerale wie Gips, Anhydrit, Bittersalz, Schwerspat und Glaubersalz weit verbreitet. In Regionen sulfatarmer Gesteine werden im Grundwasser Konzentrationen bis 30 mg/l gemessen, während in Bereichen sulfathaltiger Gesteine Konzentrationen von mehreren 100 mg/l auftreten können. Erhöhte Sulfatkonzentrationen finden sich auch in huminstoffhaltigen Grundwässern bei Kontakt mit Torfen und Mooren (NLWKN 2001) sowie im Einflussbereich von Salzstöcken infolge von Ablaugungsprozessen. Durch mikrobielle Oxidationsreaktionen von Sulfiden (z.B. Pyrit) kann es sowohl unter oxidierenden als auch unter reduzierenden Bedingungen zu einem Konzentrations-

anstieg von Sulfat kommen. Im sauerstoffhaltigen Grundwasser findet diese Pyrit-Oxidation durch Reaktion mit Sauerstoff statt. Im sauerstoffarmen Milieu erfolgt die Oxidation als Denitrifikationsprozess durch den Abbau von Nitrat (Kölle 2010). Anthropogen kann die landwirtschaftliche Düngung mit sulfathaltigen Düngern und die Deposition von Stäuben und Schwefeloxiden zu erhöhten Sulfatgehalten im Grundwasser führen.

Bei der Trinkwassergewinnung machen sich höhere Sulfatgehalte von wenigen 100 mg/l gemeinsam mit Natrium oder Magnesium geschmacklich nachteilig bemerkbar (NLWK 2001). Darüber hinaus wirken höhere Sulfatgehalte abführend (Kölle 2010).

Der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung und der Schwellenwert der Grundwasserverordnung 2010 betragen 250 mg/l.

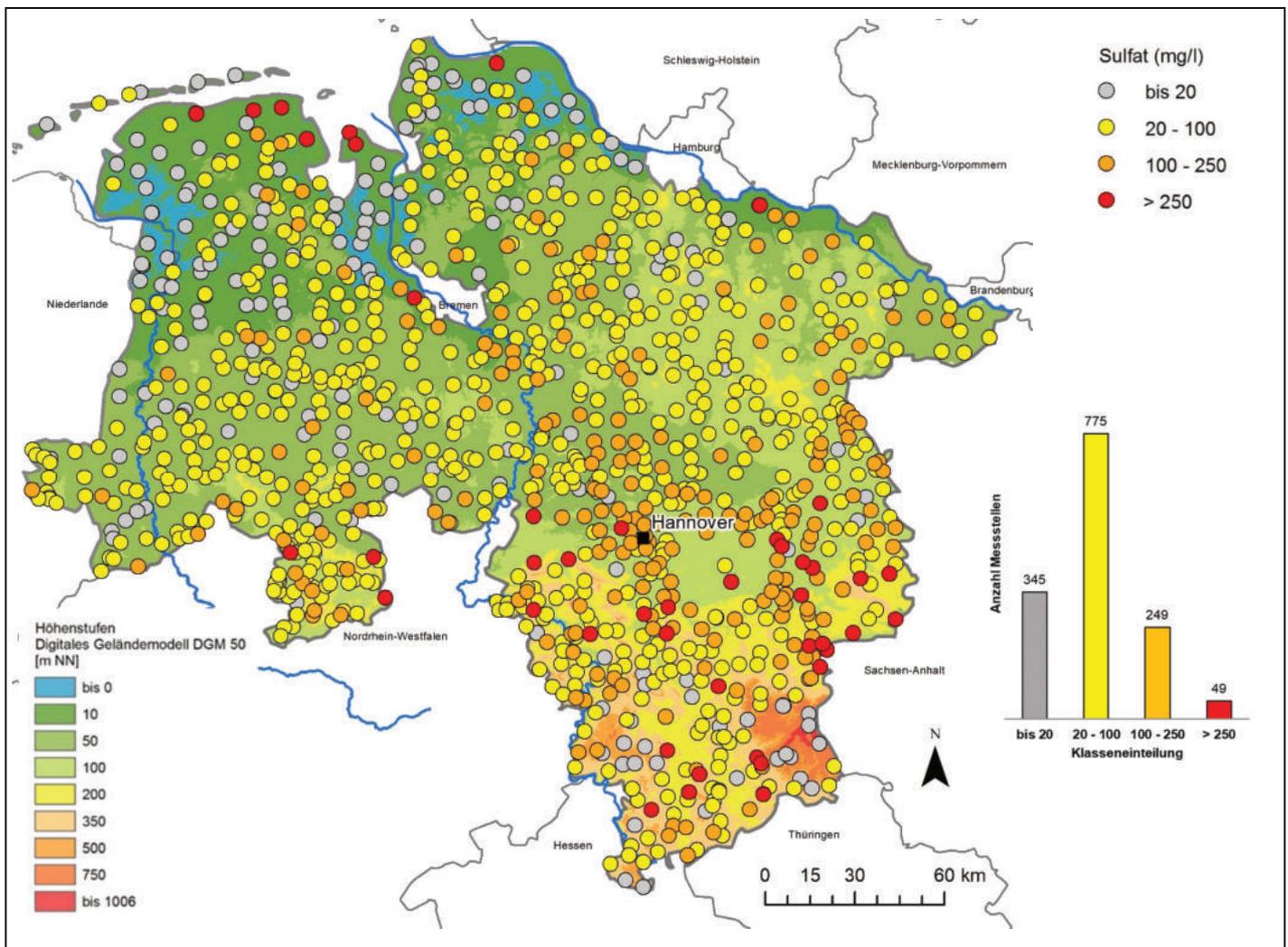


Abbildung 30: Sulfatgehalte im Grundwasser (Datenbestand 2021).

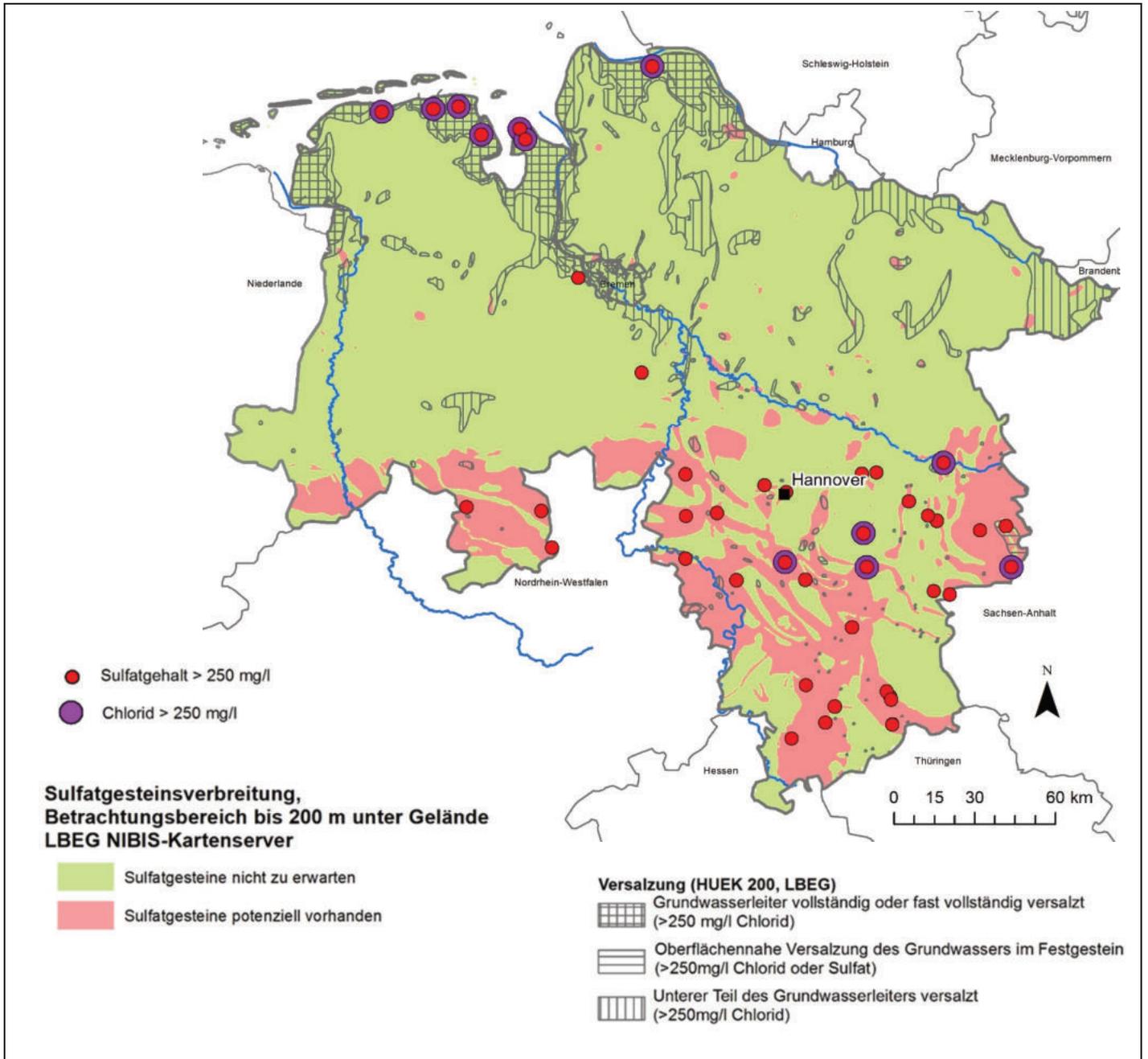


Abbildung 31: Hohe Sulfatgehalte im Grundwasser sind im Bereich der Küstenversalzung und im Festgestein insbesondere im Zusammenhang mit gipshaltigen Gesteinen wie z.B. Oberer Buntsandstein, Mittlerer Keuper nachweisbar.

Beschaffenheit des Grundwassers

Hinsichtlich Sulfat wurden Messwerte von 1.418 Messstellen (Datenbestand 2021, Abbildung 30) ausgewertet.

In Niedersachsen treten Sulfatgehalte in einer Spanne von kleiner Bestimmungsgrenze bis zu 1.600 mg/l Sulfat auf. Schwellenwertüberschreitungen nach der Grundwasserverordnung werden an 3,4% der Messstellen erfasst. Belastungsschwerpunkte sind dabei erkennbar, wie z.B. im

Bereich der Küstenversalzung (Abbildung 31). Im Bereich der Versalzungsstrukturen sind hohe Sulfatkonzentrationen häufig mit hohen Chloridgehalten verbunden. Daneben besteht im südlichen Niedersachsen ein Zusammenhang mit der Verbreitung von Sulfatgesteinen wie beispielsweise Mergel, Mittlerer Keuper oder auch Oberer Buntsandstein (Abbildung 31). Die Häufung von Messstellen mit erhöhten Sulfatgehalten von 100 bis 250 mg/l (Abbildung 30), insbesondere im Bereich Hannover, kann auch in gipshaltige Trümmerschuttböden begründet sein (Pelzer o.J.).

Literatur- und Quellenverzeichnis

Alloway, B.J. & Ayres, D.C.: Schadstoffe in der Umwelt, Heidelberg 1996.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Grundwasser in Deutschland, Berlin, 2008.

Briefert, K.: Umweltchemie, Weinheim 1995.

Blume, H.P., Brümmer, G.W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K. & Wilke, B.M.: Scheffer/Schachtschabel, Lehrbuch der Bodenkunde, Heidelberg 2010.

Haberer, K. & Böttcher, U.: Das Verhalten von Umweltchemikalien in Boden und Grundwasser, Bundesamt für Zivilschutz, Zivilschutz-Forschung Band 23, Bonn 1996.

Kubier, A.: Cadmium im Grundwasser Niedersachsens, Abschlussbericht, Universität Bremen und Kooperationspartner LBEG, Projektförderung NLWKN, Projektlaufzeit 2015 - 2018.

Kubier, A., Budziak, D., de Vries, D., Elbracht, J., Hamer, K. und Pichler, T.: Cadmium im Grundwasser Niedersachsens, GeoBerichte 41, LBEG, 77 S., Hannover 12.10.2021.

Kölle, W.: Wasseranalysen – richtig beurteilt, Weinheim 2010.

Kunkel, R., Hannappel, S., Voigt, H.-J. & Wendland, F.: Die natürliche Grundwasserbeschaffenheit ausgewählter hydrostatischer Einheiten in Deutschland, Jülich, Berlin, Cottbus 2002.

Marggraf, G.: Geogene und anthropogene Einflüsse auf ein isoliertes System (Düneninseln) in Bezug auf die Hydrochemie des Grundwassers, Dissertation, TU Braunschweig 2005.

MNULV-NRW, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Grundwasserbericht Nordrhein-Westfalen, <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/grundwabe2000/Bericht/bericht.htm>, Stand 2013.

NLWK, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz: Grundwassergütebericht 2001, NLWK Schriftenreihe Band 5, Sulingen 2001.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Grundwasserversauerung, Grundwasser Band 7, Hannover 2007.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Regionales Parameterblatt, Natriumchlorid (Salz) im Grundwasser Ostfrieslands, Datenauswertung 2000 bis 2016, Norden 2017.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Phosphat im Grundwasser Niedersachsens, Wasserrahmenrichtlinie Band 12, Norden 2019.

Pelzer, Dr. Guido, Umweltdezernat Hannover: Kommunales Grundwassermonitoring, Hannover, ohne Jahresangabe.

UBA, Umweltbundesamt: Qualität und Quantität von Grundwasser in Europa, Wien 2004.

UBA: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers>, 27.04.2016.

VDLUFa, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten: Positionspapier, Phosphordüngung nach Bodenuntersuchungen – Anpassung der Richtwerte für die Gehaltsklassen ist geboten und notwendig, Speyer 2015. https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Positionspapiere/2015_Phosphorduegung-nach-Bodenuntersuchung.pdf

Verloop, J., Oenema, J., Burgers, S.L.G., Aarts, H.F.M. und van Keulen, H.: P-equilibrium fertilization in an intensive dairy farming system: effect on soil-P status, crop yield and P leaching. Nutrient Cycling in Agroecosystems 87, S. 369 – 382, 2010.

Impressum



Herausgeber

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKN Direktion
Am Sportplatz 23
26506 Norden
Telefon: (04931) 947 – 24
E-Mail: pressestelle@nlwkn.niedersachsen.de
www.nlwkn.niedersachsen.de

Koordination Grundwasserbericht Niedersachsen
Christel Karfusehr, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Autorin

Annette Kayser, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Titelbild

NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Bild Seite 1

NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Gestaltung

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz,
Annette Kayser, NLWKN Betriebsstelle Cloppenburg

Stand

Dezember 2022