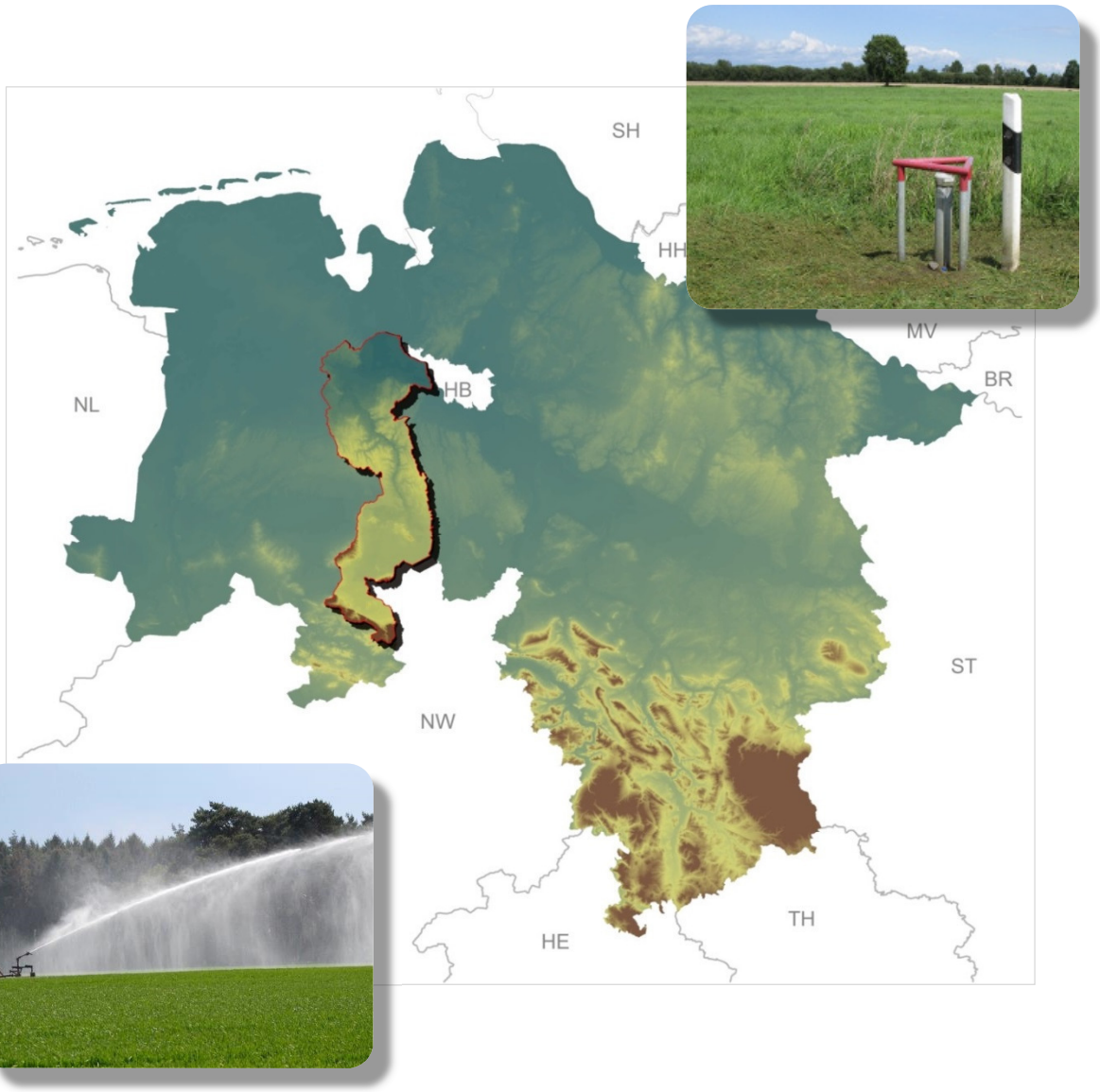
NLWKN

# Grundwasser Band 33

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz




# Regionalbericht für das Einzugsgebiet Hunte

# Darstellung der Grundwassersituation

Niedersachsen

Grundwasser Band 33




Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

# Regionalbericht für das Einzugsgebiet Hunte

## Darstellung der Grundwassersituation



Niedersachsen

Herausgeber:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Der vorliegende Bericht wurde erarbeitet durch:
Annette Kayser (NLWKN Cloppenburg) für den NLWKN Brake-Oldenburg

Mit Unterstützung durch:
Dr. Dorothea Berger (NLWKN Sulingen)
Dr. Christian Federolf (NLWKN Norden, Direktion)
Georg Kühling (NLWKN Cloppenburg)
Dr. Hermann Sievers (NLWKN Brake-Oldenburg)
Ralf te Gempt (NLWKN Meppen)
Marcel Troger (NLWKN Brake-Oldenburg)
Dr. Gunter Wriedt (NLWKN Cloppenburg)

Koordinierung Grundwasserbericht Niedersachsen:
Christel Karfusehr (NLWKN Cloppenburg)

Bildnachweis:
Sabine Druhmann, NLWKN Cloppenburg (Abb. 61)
Dr. Christian Federolf, NLWKN Direktion (Abb. 39)
Peter Göhrs, NLWKN Cloppenburg (Deckblatt o. r.)
Annette Kayser, NLWKN Cloppenburg (Deckblatt Abb. u. l., Abb. 10, 11, 14, 20, 44, 57, 65, 66)
OOWV (Abb. 56)
Frank Scholz, NLWKN Sulingen (Abb. 53, 54)
Bernd Stienken, NLWKN Cloppenburg (Abb. 62, 63, 64)
Marcel Troger, NLWKN Brake-Oldenburg (Abb. 16, 28, 29, 43)
Michael Willems, NLWKN Cloppenburg (Abb. 13, 15, 21)

1. Auflage: Dezember 2017, 300 Stück
Schutzgebühr: 5,00 € + Versand
Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Drüdingstr. 25
49661 Cloppenburg
Online verfügbar unter: www.nlwkn.niedersachsen.de → Service → Veröffentlichungen/Webshop

# Inhaltsverzeichnis

**Abkürzungsverzeichnis**

**Vorwort**

**1 Einleitung 1**

**2 Gewässerkundliche Rahmenbedingungen 4**

2.1 Klima 4

2.2 Entwicklungsgeschichte und geologischer Überblick 9

2.3 Morphologischer und naturräumlicher Überblick 11

2.4 Grundwasser 22

2.5 Hydrogeologischer Überblick 24

2.6 Unterteilung des Gebietes nach der EG- WRRL 26

2.7 Grundwasserneubildung 28

2.8 Grundwasserversalzung 31

**3 Agrarwirtschaftliche Rahmenbedingungen 33**

3.1 Landwirtschaftliche Strukturen 34

3.2 Biogas und Flächennutzung 44

**4 Grundwasserschutz 52**

4.1 Landesweiter Grundwasserschutz gemäß EG-WRRL 52

4.1.1 Zustandsbewertung nach EG-WRRL 53

4.1.2 Bewirtschaftungsmaßnahmen 58

4.2 Trinkwasserschutz 62

**5 Grundwasserbewirtschaftung 71**

5.1 Grundwassermenge 71

5.2 Trinkwasserversorgung 75

**6 Grundwasserüberwachung 80**

6.1 Messnetz 81

**7 Grundwasserstandsentwicklung 84**

7.1 Grundwasserganglinien 85

7.2 Analyse der Grundwasserstandsentwicklung 86

7.3 Aus- und Bewertungsmethodik 86

7.4 Grundwasserstandbeobachtung – Ergebnisse der Datenauswertung 88

7.4.1 Grundwasserstandsentwicklung über 20 Jahre 88

7.4.2 Grundwasserstandsentwicklung über 30 Jahre 91

**8 Auswertung Grundwasserbeschaffenheit 95**
8.1 Schwellen- und Grenzwerte in der Grundwasserüberwachung 96
8.2 pH-Wert 97
8.3 Wasserhärte 100
8.4 Stickstoffhaltige Parameter 102
8.4.1 Stickstoffkreislauf 102
8.4.2 Nitrat 104
8.4.3 Ammonium 108
8.4.4 Nitrit 110
8.5 Sulfat 112
8.6 Chlorid 116
8.7 Kalium 119
8.8 Eisen 122
8.9 Aluminium 125
8.10 Schwermetalle 128
8.10.1 Cadmium 129
8.10.2 Nickel 131
8.11 Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten 135
8.11.1 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und relevante Metaboliten 136
8.11.2 Nicht relevante Metaboliten 139

**9 Zusammenfassung 143**

**Literatur 145**

**Anhang 149**

# Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Erläuterung |
|---|---|
| °dH | Grad deutscher Härte |
| ADI-Wert | duldbare tägliche Aufnahme |
| AL | Nachhaltige Produktionsverfahren auf Ackerland (NiB-AUM) |
| Al | Aluminium |
| ATKIS_DLM | Amtliches topografisches-kartografisches Informationssystem – digitales Landschaftsmodell |
| BG | Bestimmungsgrenze |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie |
| BV | Betriebliche Verpflichtungen |
| CCM | CornCobmix |
| Cd | Cadmium |
| $Cl^-$ | Chlorid |
| DLM | Digitales Landschaftsmodell |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| (EG-)WRRL | Europäische Wasserrahmenrichtlinie |
| EU | Europäische Union |
| EUA | Europäische Umweltagentur |
| FB | Förderbrunnen |
| FBX | Stillgelegter Förderbrunnen |
| Fe | Eisen |
| FV | Freiwillige Vereinbarungen |
| FZ Jülich | Forschungszentrum Jülich |
| GE | Gesamtentnahme |
| GLD | Gewässerkundlicher Landesdienst |
| GOF | Grundwasseroberfläche |
| GOK | Geländeoberkante |
| GROWA | Modell Großflächiger Wasserhaushalt |
| GrwV | Grundwasserverordnung |
| GÜN | Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen |
| GV | Großvieheinheit |
| GWK | Grundwasserkörper |
| GWM | Grundwassermessstelle |
| InVeKos | Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem (System von Verordnungen zur Durchsetzung einer einheitlichen EU-Agrarpolitik) |
| K | Kalium |
| kW | Kilowatt |

| | |
|---|---|
| LAWA | Länderarbeitsgemeinschaft Wasser |
| LBEG | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie |
| LDB | Landesdatenbank |
| LF | Landwirtschaftlich genutzte Fläche |
| LHKW | Leicht flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe |
| LK | Landkreis |
| LKS | Lieschkolbensilage |
| LSKN | Landesamt für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen, bis 31.12.2013 |
| LSN | Landesamt für Statistik Niedersachsen, Nachfolge von LSKN |
| MU | Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz |
| $N_2$ | Molekularer Stickstoff |
| NawaRo-Anlagen | Biogasanlagen mit Grundsubstanz aus Nachwachsenden Rohstoffen |
| $NH_4$ | Ammonium |
| Ni | Nickel |
| NiB-AUM | Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaßnahmen |
| NN | Normal Null |
| $NO_2^-$ | Nitrit |
| $NO_3^-$ | Nitrat |
| nrM | Nicht relevante Metaboliten |
| NWG | Niedersächsisches Wassergesetz |
| OgewV | Oberflächengewässerverordnung |
| OOWV | Oldenburg-Ostfriesischer Wasserverband |
| PP | Prioritätenprogramm |
| PSM | Pflanzenschutzmittel |
| SchuVO | Schutzgebietsverordnung |
| SLA | Servicezentrum für Landentwicklung und Agrarförderung |
| $SO_4^{2-}$ | Sulfat |
| TrinkwV | Trinkwasserverordnung |
| TWGG | Trinkwassergewinnungsgebiete |
| UBA | Umweltbundesamt |
| UWB | Untere Wasserbehörde |
| VF | Vorfeldmessstelle |
| WBE | WasserBuch- und WasserEntnahmeprogramm Niedersachsen (elektronisches Wasserbuch) |
| WHG | Wasserhaushaltsgesetz |
| WHO | Weltgesundheitsorganisation |
| WMRG | Wasch- und Reinigungsmittelgesetz |
| WSG | festgesetztes Wasserschutzgebiet |
| WVU | Wasserversorgungsunternehmen |

# Vorwort

Wasser ist unbestritten das wichtigste Lebensmittel und darüber hinaus Grundlage allen pflanzlichen, tierischen und menschlichen Lebens. Wasser und insbesondere Trinkwasser bedarf daher des besonderen Schutzes (NLWKN 2012).

Im Einzugsbereich der Hunte wird Trinkwasser zu 100 % aus dem Grundwasser gewonnen. Hieraus leitet sich die Bedeutung eines umfassenden Grundwasserschutzes im Hinblick auf die heutige wie auch die zukünftige Wasserversorgung ab.

Die Kenntnis der Grundwasserbeschaffenheit und -menge sowie ihrer Veränderungen ist eine wichtige Voraussetzung für zielgerichtetes wasserwirtschaftliches Handeln. Ein allgemeines Ziel des Grundwasserschutzes ist es, das Grundwasser in weitgehend natürlicher Beschaffenheit für zukünftige Generationen zu bewahren. Deshalb muss das Grundwasser flächendeckend geschützt werden. Der Erhalt oder die Wiederherstellung der ursprünglichen geogenen Grundwasserbeschaffenheit wird angestrebt, da einmal verunreinigtes Grundwasser meist nur mit großem Aufwand für den menschlichen Gebrauch aufbereitet werden kann (NLWKN 2012). Gesetze und Vorschriften können unser Wasser - speziell das Grundwasser - nicht in dem Maße vor menschlichen Einflüssen bewahren, wie es notwendig ist. Daher ist eine Ergänzung durch darüberhinausgehende Grundwasserschutzmaßnahmen notwendig. Durch diese Maßnahmen sollen Schadstoffeinträge verhindert oder zumindest minimiert werden, so dass Belastungen gar nicht erst entstehen können. Unverzichtbares Prinzip des Gewässerschutzes ist und bleibt daher die „Vorsorge".

Geogen bedingt ist das Grundwasser im Bereich der Hunte eisenhaltig. Regional sind Messstellen durch Ablaugungsvorgänge aus Salzstöcken versalzt oder befinden sich im Bereich der Küstenversalzung. Grundwasser muss infolgedessen für die menschliche Verwendung aufbereitet werden. Das Grundwasser ist zudem zahlreichen anthropogenen Einwirkungen ausgesetzt, sodass zunehmend Verunreinigungen durch Schad- und Nährstoffe festgestellt werden können. Dabei können Grundwasserbelastungen durch Nitrat, Schwermetalle und Pflanzenschutzmittel herausgestellt werden. Von besonderer Bedeutung im Einzugsgebiet der Hunte ist die Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Durch eine intensive Landbewirtschaftung und nicht pflanzenbedarfsgerechte Düngung kann es zu einer Verlagerung von Nitrat in das Grundwasser kommen. Hinsichtlich der Pflanzenschutzmittelanwendungen können, bedingt durch Anwendungshäufigkeit und die Höhe der Aufwandmenge, vor allem Belastungen des Grundwassers durch Herbizide auftreten. Abbauprodukte von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen werden zunehmend im Grundwasser nachgewiesen. Viele dieser Metaboliten weisen zwar keine pestizide Auswirkung auf, es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass durch Umwandlungsprozesse oder Kumulation toxikologisch relevante Stoffe entstehen.
Im Sinne des vorbeugenden Grundwasserschutzes betreibt der Gewässerkundliche Landesdienst des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft-, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) zur Überwachung der Güte- und Mengensituation des Grundwassers ein Landesgrundwassermessnetz. Dieses Messnetz ist die Voraussetzung für die Wahrnehmung der Aufgaben des Gewässerkundlichen Landesdienstes gem. § 29 des Niedersächsischen Wassergesetzes. Mit Hilfe der aus den unterschiedlichen Messprogrammen gewonnenen Daten sowie ergänzender Informationen aus Messstellen des Landesmessstellenpools, der Landesmessstellen und Messstellen Dritter umfasst, ist eine flächenhafte Beschreibung der Grundwassergüte und -menge gut möglich (NLWKN 2012). Unter Messstellen Dritter sind u.a. Rohwasser- und Vorfeldmessstellen gefasst, die von den öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen betrieben werden.

Der Regionalbericht wendet sich sowohl an die breite Öffentlichkeit, die sich einen Überblick über die regionale Grundwassersituation verschaffen möchte, als auch an Fachleute, die insbesondere durch die speziellen Auswertungen angesprochen werden sollen.

# 1 Einleitung

Der Regionalbericht Hunte ist Teil des modular aufgebauten Grundwasserberichtes Niedersachsen (Abb. 1). Der landesweite Grundwasserbericht zur Güte- und Mengensituation kann im Internet auf den Seiten des niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) eingesehen werden.

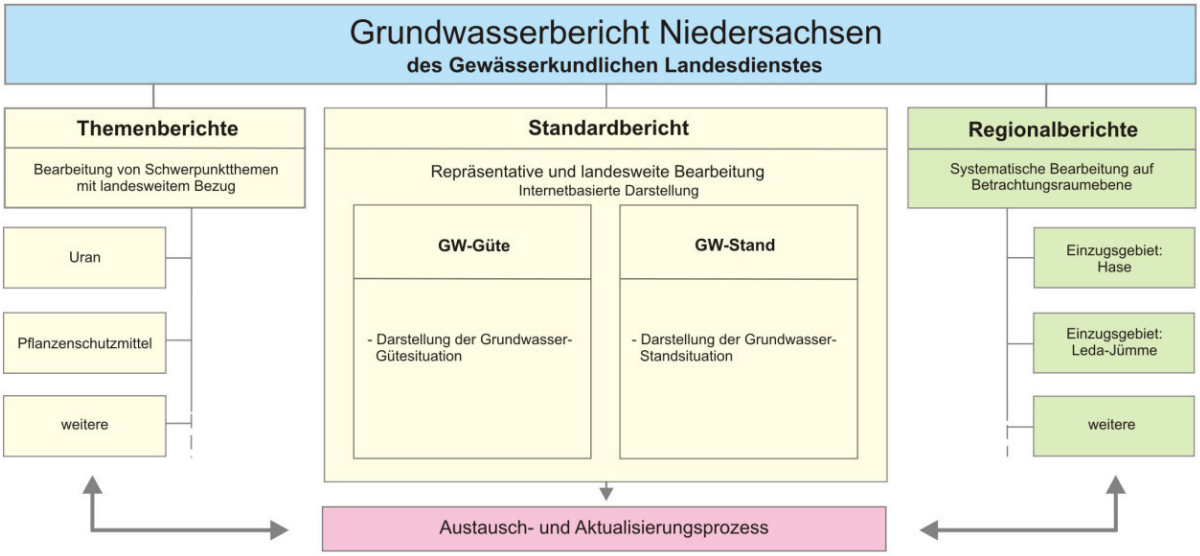



Abb. 1: Konzeptdarstellung des modular aufgebauten Grundwasserberichtes (NLWKN 2012).

Der vorliegende Bericht stellt eine umfassende Darstellung des gewässerkundlichen Kenntnisstandes der Grundwassergüte und -menge im Bereich des Einzugsgebietes der Hunte dar und umfasst den Bereich von den Quellflüssen bis zur Einmündung in die Weser. Neben der Darstellung der quantitativen und qualitativen Untersuchungsergebnisse werden weitere gewässerkundlich relevante Informationen und Erkenntnisse im Hinblick auf das Grundwasser zusammengetragen.

Betrachtet werden im Regionalbericht Hunte das Einzugsgebiet der Hunte sowie im nordöstlichen Bereich auch ein Teilbereich des Einzugsgebietes Unterweser. Das Gebiet wird durch insgesamt vier Grundwasserkörper beschrieben, die weitgehend von den Oberflächengewässer-Einzugsgebieten abgeleitet sind. Bei der Abgrenzung der Grundwasserkörper wurde davon ausgegangen, dass die Wasserscheiden der oberirdischen Gewässer auch die unterirdischen Wasserscheiden widerspiegeln. Örtliche Abweichungen wie hier im Bereich der Unterweser resultieren aus abweichenden hydrogeologischen Verhältnissen (NLfB et al. 2004).

Die Grundwasserkörper im Bereich der Hunte umfassen eine Gesamtfläche von 2.701 km². Mit einer Flächengröße von 2.635 km² (97,6 %) befinden sich die Hauptanteile in Niedersachsen und nur ein kleiner Teil wird von Nordrhein-Westfalen (65,9 km², 2,5 %) angeschnitten. Die vorliegende Auswertung berücksichtigt ausschließlich den niedersächsischen Anteil der Grundwasserkörper. Im Bericht wird das Auswertungsgebiet als Einzugsgebiet Hunte bezeichnet.

Das Einzugsgebiet der Hunte liegt im westlichen Niedersachsen und erstreckt sich über die Dienstbezirke der Betriebsstellen Brake-Oldenburg, Cloppenburg und Sulingen des NLWKN.

Das Gebiet umfasst Teilbereiche der Landkreise Ammerland, Wesermarsch, Oldenburg, Cloppenburg, Vechta, Diepholz und Osnabrück sowie die kreisfreie Stadt Oldenburg und einen kleinen Teil der Stadt Delmenhorst (Abb. 2).

Der nördliche und der mittlere Bereich des Hunte-Einzugsgebietes bestehen aus Lockergesteinssedimenten.

Naturräumlich ist dieses Gebiet weitgehend der Ems-Hunte-Geest zuzuordnen, wobei im nördlichen Bereich auch die Ostfriesisch-Oldenburgische Geest sowie die Region „Watten und Marschen“ angeschnitten wird. Im Bereich Delmenhorst wird zudem ein kleiner Teilbereich des Weser-Aller-Flachlandes berührt. Der südliche Bereich des Einzugsgebietes besteht aus Festgestein und wird morphologisch dem Osnabrücker Hügelland zugeordnet.

Die im Folgenden vorgestellten Daten zur Grundwassergüte und zum Grundwasserstand stützen sich auf Untersuchungen der landeseigenen Messstellen des NLWKN. Diese Daten werden seit 1988 durch den NLWKN zur Qualitätssicherung der Grundwasservorkommen mit Hilfe des Gewässerüberwachungssystems Niedersachsen (GÜN) erhoben.

In Ergänzung zu den Grundwassermessstellen des Gewässerüberwachungssystems beinhaltet dieser Bericht Daten aus weiteren Messprogrammen des NLWKN, z.B. der Wasserrahmenrichtlinie, sowie Zusatzinformationen aus dem Landesmessstellenpool. Der Landesessstellenpool enthält sowohl Landesmessstellen als auch Messstellen Dritter wie Rohwasser- und Vorfeldmessstellen der öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen (WVU). Die WVU sind laut Runderlass (MU 2013 a) dazu verpflichtet, entsprechende Gütedaten an den Gewässerkundlichen Landesdienst zu übermitteln. Die WVU haben dem NLWKN über ihre gesetzliche Verpflichtung hinaus dankenswerter Weise für diesen Bericht weitere Daten zur Verfügung gestellt, so dass im vorliegenden Regionalbericht erstmalig eine umfassende Darstellung aller verfügbaren Güte- und Standsdaten im Einzugsgebiet der Hunte ermöglicht wird.

Zur Auswertung der Grundwassermengenverhältnisse werden Daten des elektronischen Wasserbuches (WBE), die über die Landesdatenbank (LDB) verfügbar sind, herangezogen.

Ziel dieses Berichtes ist es,

- die stoffliche Belastungssituation im Einzugsbereich der Hunte und ihre Entwicklung im Zeitraum 2005 bis einschließlich 2014 darzustellen. Ein Schwerpunkt liegt in der Darstellung der Nitratbelastung.
- die Entwicklung der Grundwasserstände bis 2014 über einen Zeitraum von 20 und 30 Jahre darzulegen.
- die aktuelle Grundwasserentnahmesituation zu erläutern.

Als Hintergrundinformation werden neben der Vorstellung der gewässerkundlichen Rahmenbedingungen auch weiterführende Informationen zum Gebiet gegeben. Landwirtschaftliche Anbauverhältnisse und die Viehdichte im Bearbeitungsgebiet werden ebenso betrachtet wie die Situation der öffentlichen Trinkwasserversorgung in den Wasserschutz- und Trinkwassergewinnungsgebieten. Des Weiteren erfolgt die Vorstellung der Maßnahmen zum Trinkwasserschutz innerhalb der Wasserschutz- und Trinkwassergewinnungsgebiete (WSG und TWGG) sowie im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie auf Ebene der Zielkulisse „Nitratreduktion“.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt je nach thematischen Aspekten auf der Ebene von Grundwasserkörpern, hydrogeologischen Teilräumen oder auf Landkreis- bzw. Gemeindeebene.

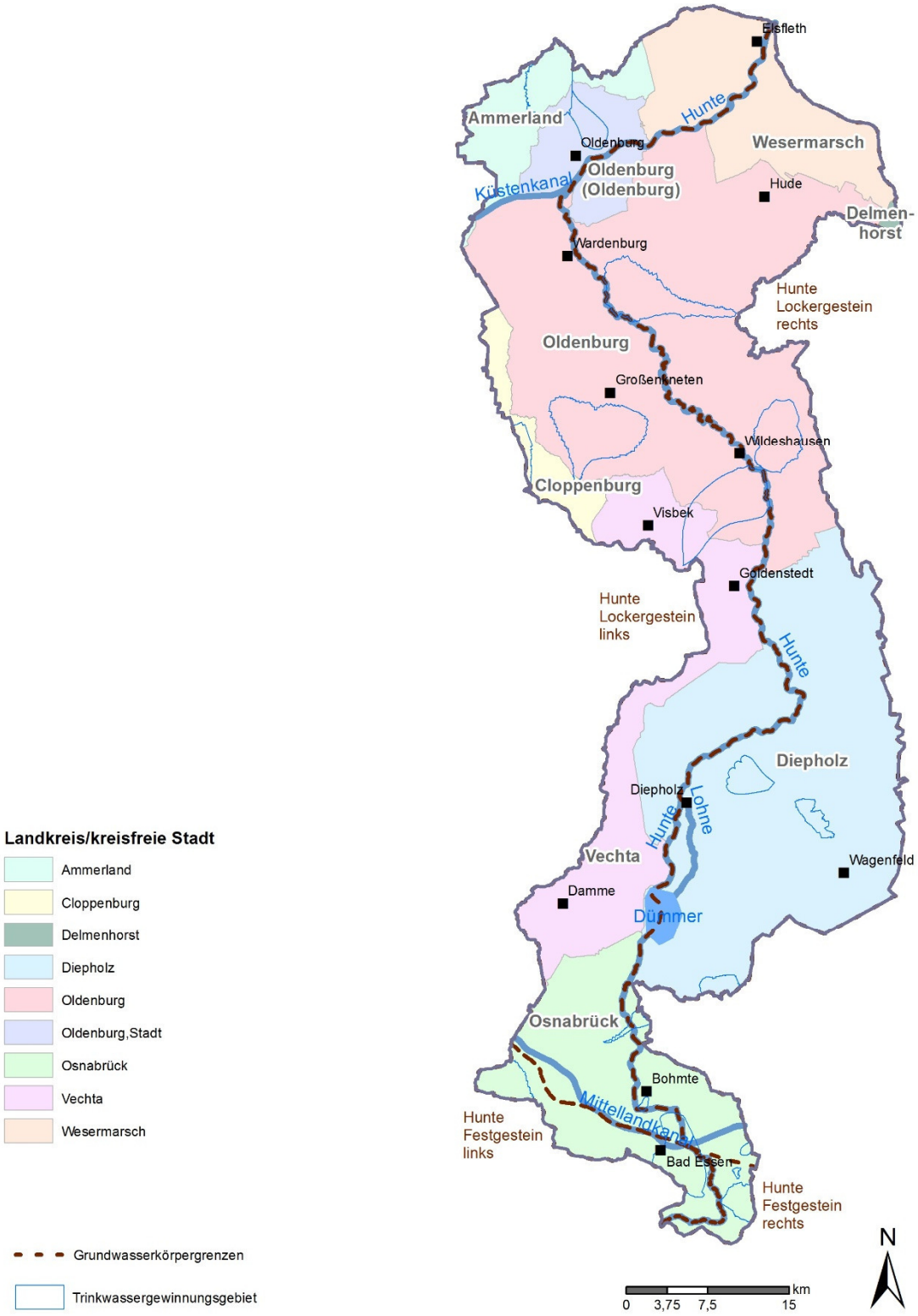



Abb. 2: Landkreise innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes.

# 2 Gewässerkundliche Rahmenbedingungen

Geprägt wird das Einzugsgebiet durch die Hunte. Das Gewässernetz ist wenig ausgebildet, große Nebengewässer fehlen hier gänzlich (MU 1990). Das Hunte-Einzugsgebiet wird im Norden und im mittleren Bereich wesentlich durch Lockergestein geprägt. Lediglich im Süden steht mit dem Wiehengebirge Festgestein an. Durch die schmale und langgestreckte Ausdehnung des Einzugsgebietes vom Wiehengebirge bis zur Wesermarsch ist das Hunte-Gebiet hydrologisch sehr vielgestaltig (Kap. 2.3, siehe auch Abb. 9).

## 2.1 Klima

Nach Auswertung der langjährigen Klima-Kenndaten des Deutschen Wetterdienstes für den Zeitraum 1981 bis 2010 kann die mittlere Niederschlagshöhe im Einzugsgebiet der Hunte mit 771 mm/a angegeben werden.
Die Lufttemperatur beträgt im Mittel 9,4 °C, die Verdunstungsrate 570 mm/a.

Die klimatische Wasserbilanz wird mit 202 mm/a für das gesamte Hunte-Einzugsgebiet angegeben. Als Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung folgt sie der Verteilung der Niederschlagsmengen. Die Wasserbilanz weist mit Werten von 71 - 384 mm/a eine große Spannbreite im Einzugsgebiet auf.
Sie liegt in den Geestgebieten durchschnittlich bei 278 mm/a, wobei Werte zwischen 93 mm/a bis 338 mm/a auftreten. In den Niederungen beträgt die Wasserbilanz durchschnittlich 181 mm/a. Dabei ist die Wasserbilanz in der Diepholzer Moorniederung mit 159 mm/a deutlich niedriger als in der Hunte-Leda-Moorniederung (231 mm/a). Die Unterwesermarsch weist eine Wasserbilanz von 206 mm/a auf.
Das Bergland zeichnet sich durch eine hohe Wasserbilanz von 250 mm/a aus. Das Osnabrücker Bergland weist ein erhöhtes Niederschlagsaufkommen auf (825 mm/a).

Die Wasserbilanz dient als Orientierungswert für die Grundwasserneubildung. In den Niederungsbereichen ist aufgrund der hohen Grundwasserstände von einer höheren realen Verdunstung auszugehen als in den Geestbereichen. Dadurch dürfte der Unterschied in der Grundwasserneubildung zwischen Geest- und Niederung stärker ausfallen als aus der Wasserbilanz allein ersichtlich.
In den folgenden Abbildungen (Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5 und Abb. 6) sind die langjährigen Mittelwerte (1981 bis 2010) der Klimakenndaten Temperatur, Niederschlag, Verdunstung und Wasserbilanz des Deutschen Wetterdienstes dargestellt.

Anhand der langjährigen Wetterkenndaten der Wetterstation Diepholz werden die Trendentwicklungen der Klimakenndaten exemplarisch für das Einzugsgebiet Hunte dargestellt (Abb. 7). Die einzelnen Jahressummen bzw. Jahresmittelwerte sind dabei als gleitender Durchschnitt über einen Zeitraum von fünf Jahren berechnet worden. Deutlich ist ein stetiger Anstieg der Temperatur erkennbar. Auch die Verdunstung zeigt tendenziell einen Anstieg. Niederschlagssummen nehmen dagegen in den letzten zehn Jahren ab. Die klimatische Wasserbilanz folgt weitestgehend dem Niederschlagsverlauf, sodass auch hier für die letzten Jahre ein fallender Trend sichtbar wird.

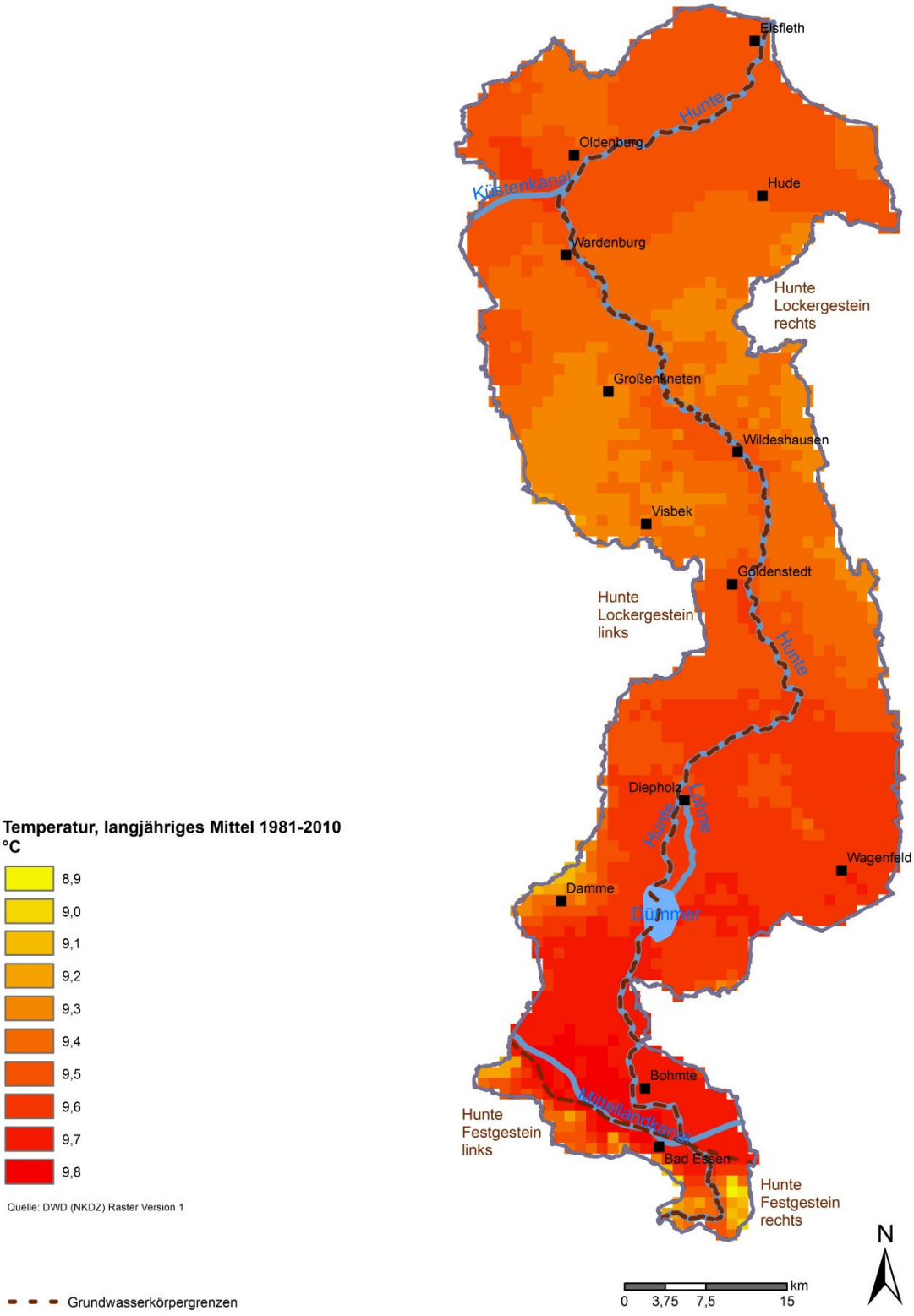



Abb. 3: Temperaturverteilung im Einzugsgebiet der Hunte.

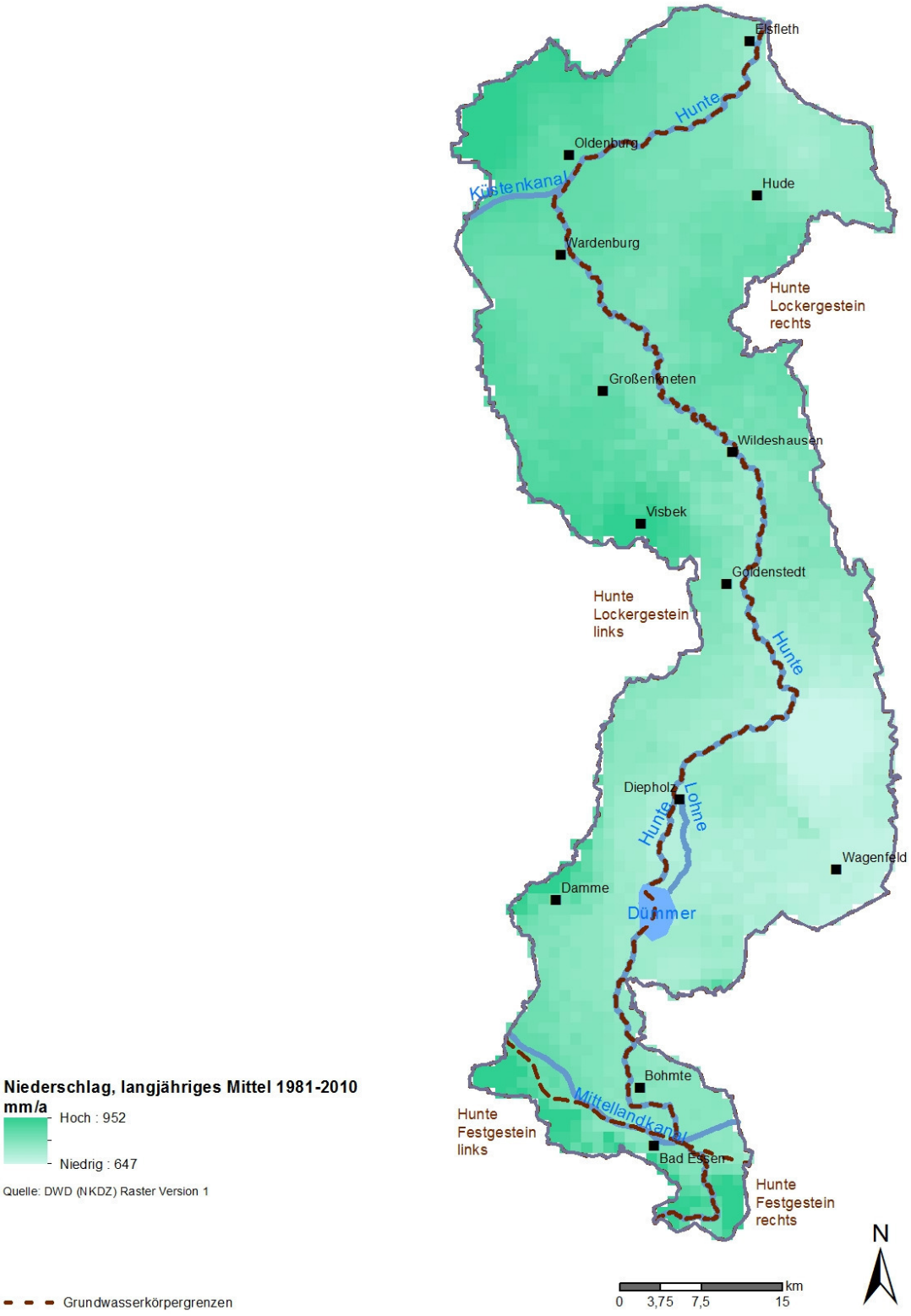



Abb. 4: Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet der Hunte.

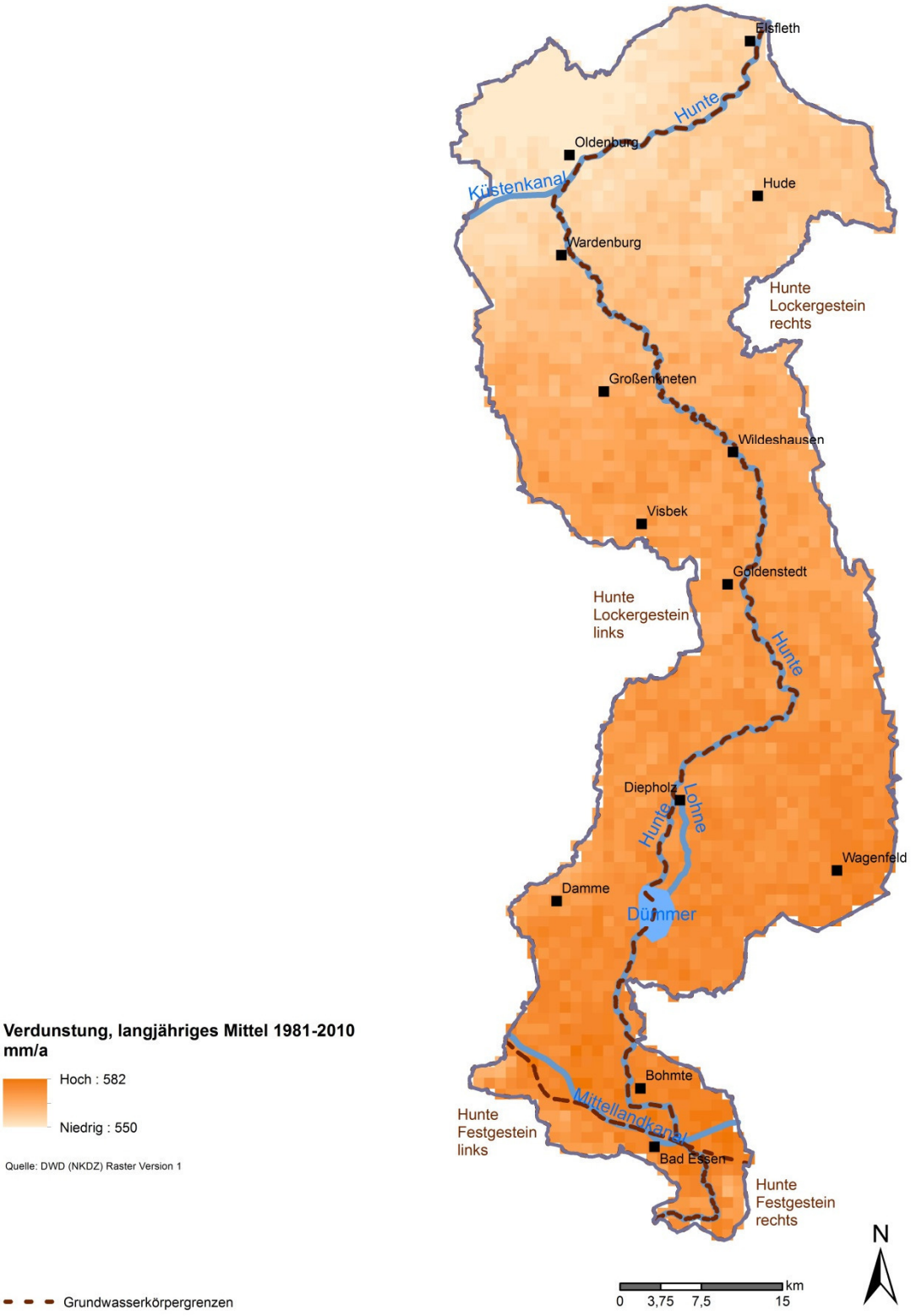



Abb. 5: Verdunstung im Einzugsgebiet der Hunte.

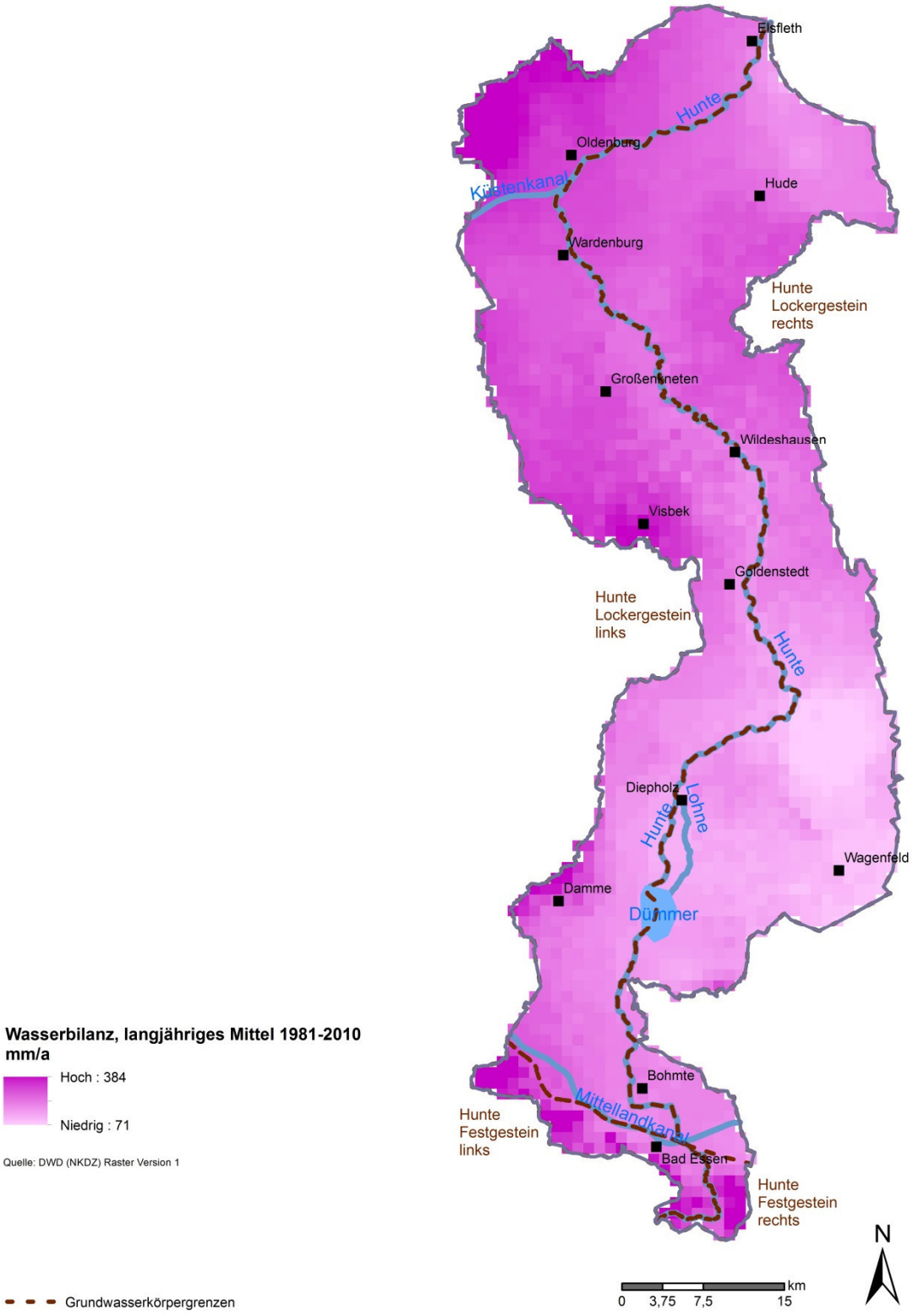



Abb. 6: Klimatische Wasserbilanz im Einzugsgebiet der Hunte.

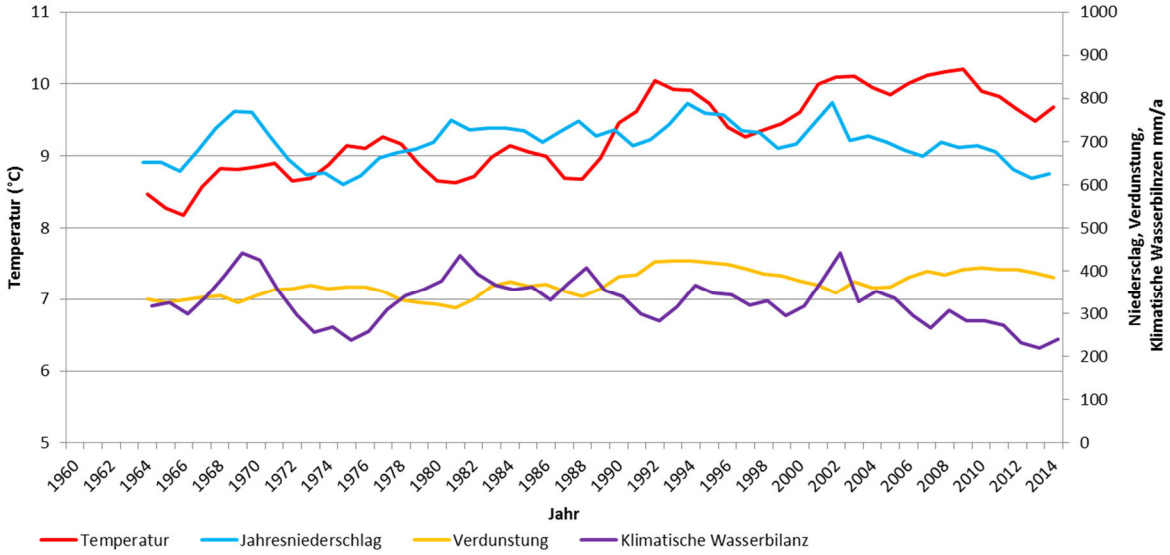



Abb. 7: Klima-Kennwerte (DWD) der Wetterstation Diepholz, dargestellt als gleitender Durchschnitt über einen Zeitraum von fünf Jahren.

## 2.2 Entwicklungsgeschichte und geologischer Überblick

Das Einzugsgebiet der Hunte ist durch die quartären Eiszeiten überprägt. Das Quartär besteht aus zwei in ihrer Wirkung und Zeitdauer sehr unterschiedlichen Einheiten, dem Pleistozän und dem Holozän als jüngsten Zeitabschnitt. Das Pleistozän bildet die Zeit der großen von Skandinavien durch die Ostseesenke vordringenden Inlandvereisungen ab. In diese Zeit gehören die „lockeren Ablagerungen“ wie Kiese, Sande und Tone, aus denen die Geest aufgebaut ist. Holozän bezeichnet den Zeitraum der Nacheiszeit bis zur Jetztzeit. Hier entstanden die Moore und Marschen (Reineck 1994).
Von den drei großen Vereisungen Norddeutschlands (Elster, Saale und Weichsel) haben nur die Elster- und die Saalevereisung den Betrachtungsraum erreicht und geologisch sowie morphologisch geprägt.

Die Elster-Vereisung hinterließ beim Rückzug des Eises vor rund 690 000 Jahren den Lauenburger Ton. Der Komplex der Lauenburger Schichten besteht aus Ton, Schluff und Feinsand und wurde in weiträumigen Gletscherstaubecken und Schmelzwasserrinnen abgelagert, die durch das abfließende Gletscherwasser entstanden sind (Streif 1990).

Der Lauenburger Ton kommt am Nordrand der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest an die Oberfläche, wurde vom saaleeiszeitlichen Inlandeis überfahren, mit dessen Grundmoräne durchknetet und ist dann über einen langen Zeitraum verwittert. Durch all diese Vorgänge ist er zu einem hochwertigen Rohstoff geworden, der zur Herstellung der Oldenburgisch-Ostfriesischen Klinker abgebaut wird. Im Untergrund ist der Lauenburger Ton als wasserstauende Schicht von großer Bedeutung. Der darunterliegende Grundwasserleiter ist bei durchgängiger Verbreitung des Lauenburger Tones daher gut geschützt (Ad-Hoc-Arbeitsgemeinschaft Hydrogeologie 2016).

Die Dammer Berge und die Kellenberge entstanden im Drenthe-Stadium der Saale-Eiszeit durch die stauchende Wirkung des Inlandeises (Liedtke 1983). Die vom Schmelzwasser des Gletschereies abgesetzten Sande und Kiese wurden gestaucht, verfaltet und verschuppt (MU 1990). Nach Liedtke (1983) entstand der Dümmer vermutlich im Spätglazial, dem letzten Zeitabschnitt der Weichsel-Eiszeit, durch Sand-Abtragung aus den lange vegetationslosen Dammer Bergen und Einschüttung dieser Sande in das Huntetal bei Diepholz.

Die Ausdehnung der so entstandenen Senke wurde zusätzlich durch Thermokarst gefördert (Küster 2013). Als Thermokarst werden Prozesse bezeichnet, die mit dem Auftauen von eisreichen Dauerfrost (Permafrost)-Böden zusammenhängen. In der Umgebung des Dümmers kommen schluffige, kalkige und sandige Ablagerungen vor (MU 1990).

Nach der Saaleeiszeit blieb das niedersächsische Küstengebiet und damit auch das Betrachtungsgebiet über lange Zeiträume eisfrei. Der weitgehend vegetationsfreie Boden stand unter dem Einfluss des Periglazial und war der Verwitterung unter Frostwirkung und Erosion ausgesetzt. Durch die abbauenden und einebnenden Kräfte des periglazialen Klimas entstand die sog. Altmoränenlandschaft des Gebietes. Grundmoränenböden verloren ihren Lehmgehalt. Ausgedehnte Flächen wurden vom Wind ausgeweht. Andere Gebiete wurden durch Flugsanddecken überlagert (Michaelsen 2011). Insbesondere im mittleren Teil des Hunte-Gebietes um Goldenstedt sind Überwehungen mit Lößlehm weit verbreitet (MU 1990).

Der Meeresspiegelanstieg setzte mit dem Abschmelzen des Inlandeises im Spätglazial der Weichsel-Eiszeit ein.
Im Holozän, etwa um 5500 v. Chr., erreicht die Nordsee den heutigen Küstenbereich. Die west- und ostfriesischen Inseln wurden aufgespült und aufgeweht, Watten und Marschen entstanden.

Durch fortschreitenden Meeresspiegelanstieg entstanden durch Aufschlickung vor den Geesthochflächen bis in die Flussmündungen hinein Seemarschen bzw. Flussmarschen (Michaelsen 2011). Durch den Wechsel von Meeresspiegelanstieg (Transgression) und Absenken des Meeresspiegels (Regression) kam es zu einer Wechsellagerungen von maritimen und terrestrischen Sedimenten (Abb. 8). Der Nordostbereich des Hunte-Gebietes ist durch die Unterweser-Marsch geprägt. Im Übergangsbereich zur Geest haben sich Randmoore ausgebildet wie beispielsweise das Neuenhuntorfermoor. Durch die deutliche Klimaerwärmung und den durch die Gletscher bedingten abschmelzenden Meeresspiegelanstieg kam es zu einem maritimen Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit und hoher Niederschlagsmenge.
Mit der Wiedererwärmung kehrte die Vegetation zurück und die Waldentwicklung nahm zu. Große Niedermoorflächen entstanden durch eine fortschreitende Vernässung in den Niederungen.

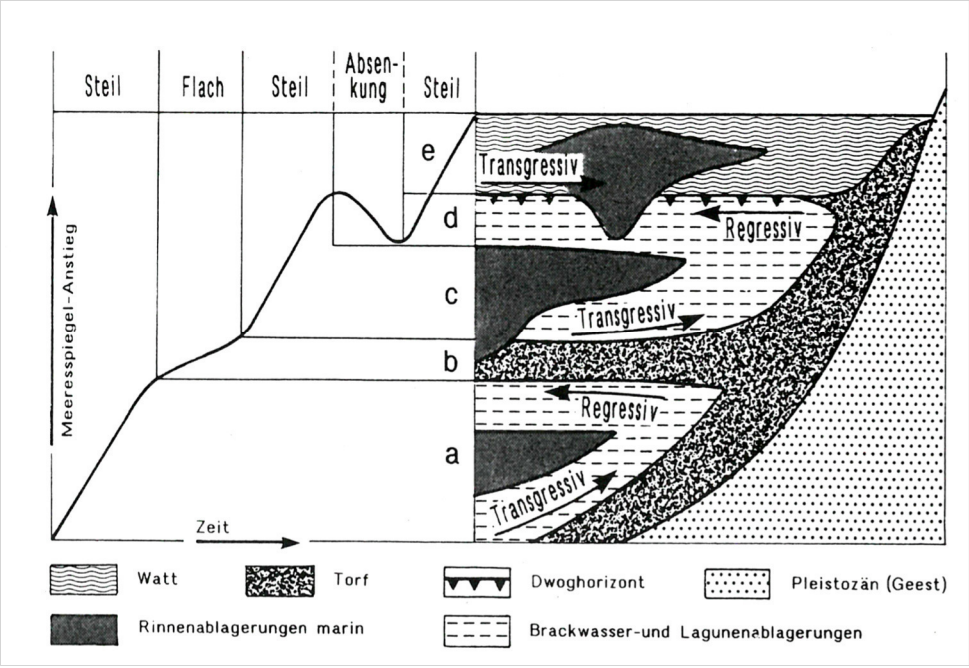



Abb. 8: Geologie und Sedimentation der Marschen (Reineck 1994).

Durch ein zunehmend maritimes Klima entstanden regenwassergespeiste Hochmoore auf den Niedermooren oder auch auf den Sandflächen der Geest.
Im Hunte-Gebiet entstanden vor allem in der Diepholzer Moorniederung große Hochmoore wie das Große Moor bei Vechta und das Diepholzer Moor.
Der südliche Rand des Hunte-Gebietes wird durch die charakteristischen Gesteine des Mesozoikums, der Trias-Zeit und des Jura, bestimmt. Die Höhen des Wiehengebirges werden durch Sandsteine, Kalksteine sowie Tonstein gebildet (MU 1990).
Das Wiehengebirge entstand durch die saxonische Bruchschollentektonik, wobei langgezogene Gräben und Horste durch Hebungen der Erdkruste und dadurch verursachte Störungen gebildet wurden (Temlitz 1995). Die Gesteine des Jura entstanden vor 170 bis 140 Mio. Jahren vor unserer Zeit aus Ablagerungen auf dem Meeresgrund. Es überwiegt ein harter Sandstein. In der Unterkreide setzten sich Meeresablagerungen großer Mächtigkeit im südlichen niedersächsischen Becken ab. Diese Schichten wurden in der Oberkreide eingeengt und zu einer langgestreckten in Nordwest-Südost verlaufenden Aufwölbung, der Nordwestfälisch-Lippischen Schwelle, angehoben. Das Wiehengebirge liegt am Nordrand dieser Schwelle und wird durch die Gesteine des Mesozoikums charakterisiert. Das südliche Vorland des Wiehengebirges besteht aus Schichten der Trias, das Wiehengebirge selbst aus Gesteinen des Jura. Durch Verwitterung verblieb das Wiehengebirge aufgrund der harten Oberjura-Kalke als Landstufe bestehen. Im Norden schließen sich Oberjura- und Unterkreidegesteine an. Die Schichten des Wiehengebirges fallen zum Norddeutschen Tiefland deutlich ein (Temlitz 1995). Die Hänge des Wiehengebirges sind teilweise mit mächtigen Schichten Lößlehm überdeckt (MU 1990).
Südwestlich vom Dümmer wird der aus Kalk- und Mergelgestein (MU 1990) bestehende Stemweder Berg durch das Einzugsgebiet angeschnitten.
Insgesamt hatten die Eiszeiten des Quartärs aufgrund der starken erodierenden Kräfte einen wesentlichen Einfluss auf das heutige morphologische Erscheinungsbild des Hunte-Einzugsgebietes.

## 2.3 Morphologischer und naturräumlicher Überblick

Das Einzugsgebiet der Hunte ist mit einer maximalen Breite von 40 km und einer Länge von ca. 110 km relativ schmal und langgestreckt. Im Norden und mittleren Bereich umfasst das Gebiet große Geestanteile, Moorniederungen und im Nordwesten die z.T. unter dem Meeresspiegel gelegenen Flussmarschen der Weser (Abb. 9). Im Süden wird das Wiehengebirge mit einer Höhe von bis zu 247 m (Großer Kellenberg) angeschnitten.

Die naturräumlichen Gegebenheiten und die grundlegende morphologische Ausprägung eines Großteils des Hunte-Gebietes wurde im Pleistozän angelegt und durch die Vorgänge des Holozän wie der Entwicklung von Mooren und Marschen abgeschlossen. Lediglich der südliche Bereich des Hunte-Gebietes zählt zum Osnabrücker Berg- und Hügelland und ist durch das Mesozoikum geprägt (Kap.2.2).

Im Pleistozän überdeckten die von Norden nach Süden vorstoßenden Inlandeismassen das Betrachtungsgebiet. Die Geschiebe der Elster-Kaltzeit wurden durch Eismassen des Drenthe-Stadiums der Saale-Vereisung überfahren, aufgearbeitet und verlagert. Die eiszeitlichen Ablagerungen im Betrachtungsgebiet setzen sich aus den Vorschüttungssanden des Schmelzwassers der vorrückenden Eismassen sowie aus Geschiebelehm und Decksanden der Grundmoränen der Schmelzwässer des zurückgehenden Inlandeises zusammen und bilden die Geestgebiete. Die südliche Eisrandlage ist anhand des Endmoränenzuges der Dammer Berge (Abb. 10) noch heute im südwestlichen Randbereich des Gebietes erkennbar. Für das nördlich anschließende Gebiet bis zur Küste wurden beim Rückzug des Eises freiwerdende Schmelzwassermassen für die Ausprägung der Morphologie maßgebend.

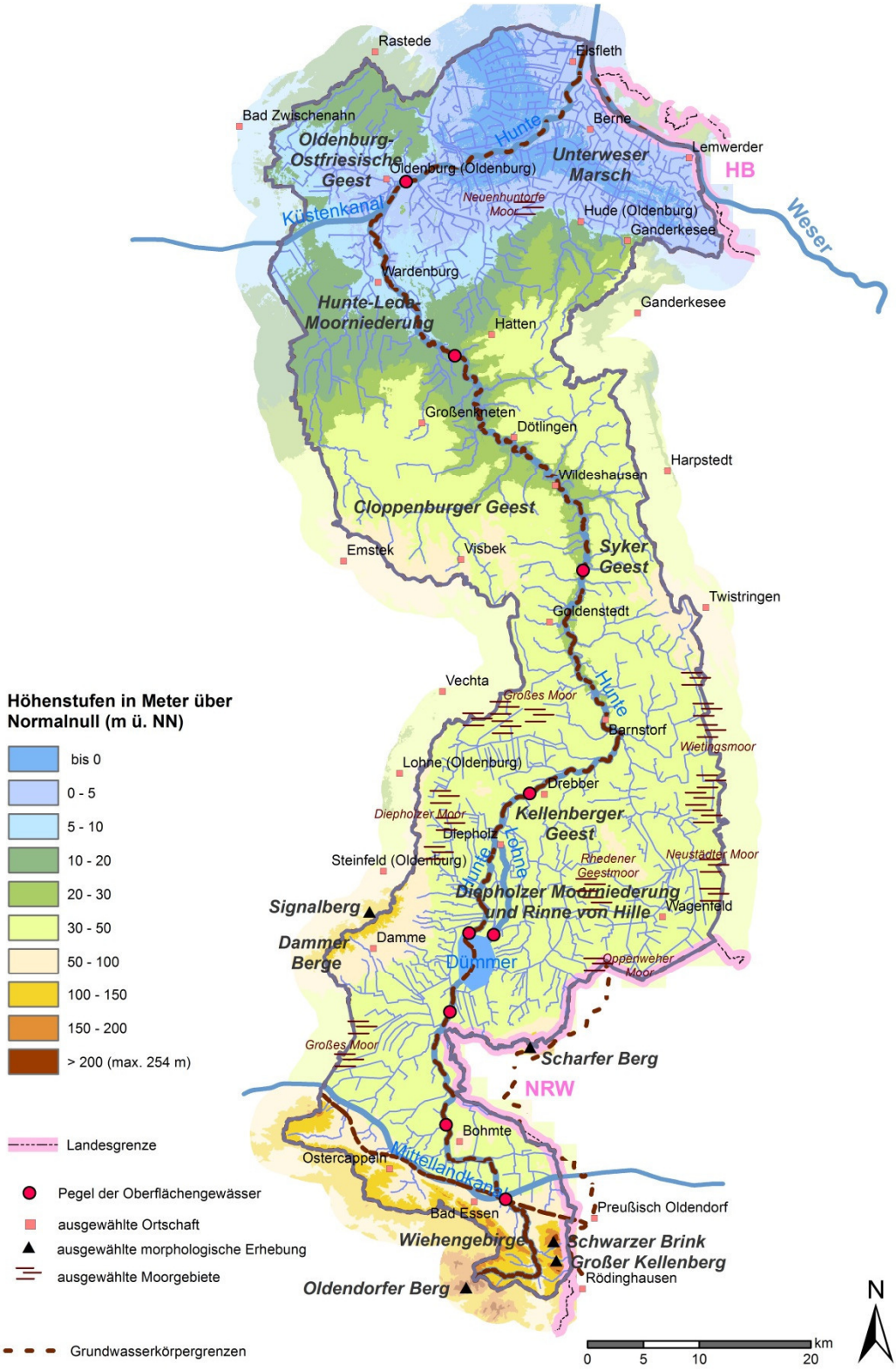



Abb. 9: Morphologisches Relief in Kombination mit dem Gewässernetz des Hunte-Einzugsgebietes.

Die mit dem Rückzug des Eises einhergehenden Vorgänge begannen mit dem weitflächigen Aufreißen von Spaltensystemen durch Schmelzwasserströme. Durch das Abfließen des Schmelzwassers entwickelten sich Entwässerungsrinnen, die in ihrer Richtung auch heute noch das hydrografische Bild der Geesthochflächen bestimmen.

Durch die Zunahme der Schmelzwasser infolge des Zerfalls des Toteises erfolgte eine Eintiefung des Niederungsgebietes im Zentrum des Betrachtungsraumes.
In dieser Zeit entstanden große morphologische Einheiten wie die

- Nordwest-Südost gerichtete nordoldenburgisch-ostfriesische Geesthochfläche (Längsachse von Oldenburg zur Stadt Norden)
- Ost-West ausgerichtete Hunte-Leda-Jümme-Niederung
- Hümmling-Cloppenburger-Syker Geesthochfläche

Der Meeresspiegelanstieg im Holozän führte zunächst zur Vernässung des Küstengebietes und damit einhergehend zur Vermoorung großer Gebietsteile. Der fortschreitende Meeresspiegelanstieg führte zur Ablagerung von bis zu 20 m mächtigem Schlick vor den Geesthochflächen bis in die Flussmündungen hinein (Michaelsen 2011). Moor- und Marschablagerungen sind eng miteinander verzahnt. Im Randbereich zur Geest entwickelten sich Moore wie das Neuenhuntorfermoor.

Die Besiedelung und Kultivierung der Moore und Niederungsgebiete erfolgt durch Entwässerung über Kanäle und Gräben und den Torfabbau. Durch anschließenden Tiefumbruch bzw. Sandmischkultur wird eine landwirtschaftliche Nutzung als Grünland und teilweise als Ackerland möglich (MU 1990).

Den Südrand des Hunte-Einzugsgebietes bildet das westliche Wiehengebirge (Abb. 11). Neben dem Hauptkamm werden auch die Nebenhöhenzüge wie der Kalkrieser Berg im Südwesten und die Egge im Südosten vom Einzugsgebiet angeschnitten. Die Höhenzüge werden durch Nadelwald dominiert. Die Täler sind weitgehend waldfrei.

Geprägt wird das Einzugsgebiet durch die Hunte selbst mit dem Quellgebiet im Osnabrücker Hügelland nördlich von Melle (Abb. 12). Größere Nebengewässer sind nicht vorhanden (MU 1990). Südöstlich von Bad Essen durchfließt die Hunte den Kamm des Wiehengebirges und tritt dann in die Norddeutsche Tiefebene ein. In der Diepholzer Moorniederung fließt die Hunte durch den Dümmer. Bei Barnstorf mündet rechtsseitig die Wagenfelder Aue in die Hunte. Die Geest bei Goldenstedt und Wildeshausen durchquert die Hunte in nördlicher Richtung. Linksseitig mündet hier die Visbeker Aue als typisches Geestgewässer in die Hunte. Die daran anschließenden Niederungen werden in nordwestlicher Richtung durchflossen. Bei Oldenburg fließt die Lethe der Hunte zu. Die Hunte ändert ihre Fließrichtung nach Nordosten und fließt parallel zum Küstenkanal der Weser zu.



Abb. 10: Blick von Osten auf die Dammer Berge.



Abb. 11: Blick vom südlichen Vorland auf das Wiehengebirge.

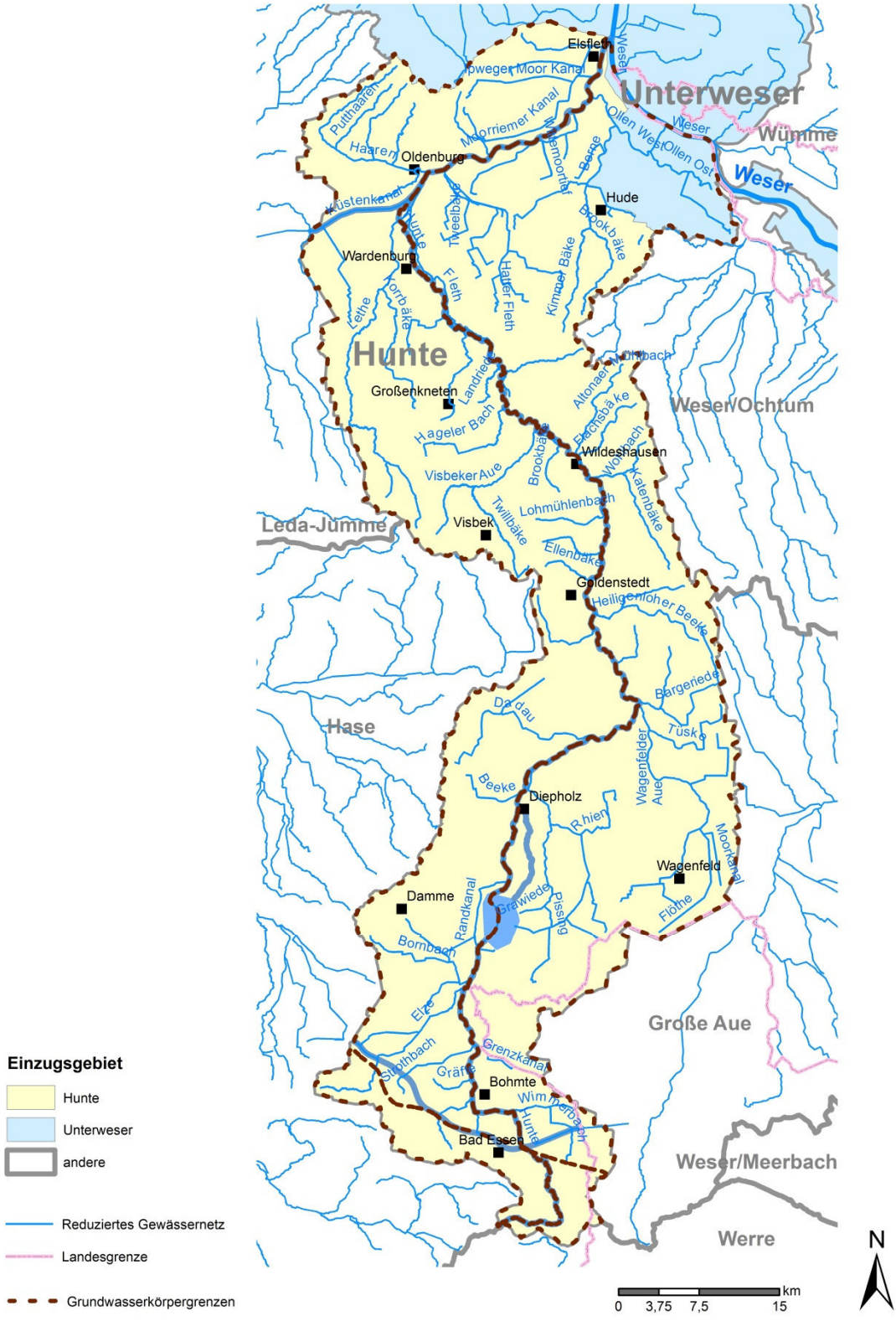



Abb. 12: Gewässernetz (reduzierte Darstellung) im Einzugsgebiet der Hunte.

Ein Verbindungsbauwerk zwischen Küstenkanal und Hunte ermöglicht einen Hochwasserabschlag in den Küstenkanal oder eine Speisung des Küstenkanals in Trockenzeiten. Das Verbindungsbauwerk ermöglicht damit eine Unterbrechung der Hauptwasserscheide zwischen Weser und Ems. Die Hunte fließt durch das Wesermarschland und mündet bei Elsfleth in die Weser ein. Die unten stehenden Fotos (Seite 15, Abb. 13, Abb. 14, Abb. 15, Abb. 16) geben Impressionen aus dem Einzugsgebiet der Hunte wieder.



Abb. 13: Quellbereich der Hunte bei Bad Essen.



Abb. 14: Durchtritt der Hunte durch den Wiehengebirgskamm.

Fünf naturräumliche Regionen (Drachenfels 2010) können im Hunte-Gebiet unterschieden werden (Abb. 17):

- Der nordöstliche Bereich des Hunte-Gebietes, die Wesermarsch, wird innerhalb der naturräumlichen Region „Niedersächsische Nordseeküste und Marschen“ zur Unterregion „Watten und Marschen“ gezählt, die aus Wattenmeer, den Ästuaren der Ems, Weser und Elbe sowie den Marschen besteht.
- Östlich von Hude ragt die nördliche Spitze des Weser-Aller-Flachlandes in das Hunte-Gebiet herein. Dieser Naturraum besteht aus den Moränenlandschaften, die durch die ehemaligen Urstromtäler Aller und Weser sowie den südlich daran anschließenden Tälern von Leine, Fuhse und Oker herausgebildet wurden.
  Nordwestlich schließt sich an die Wesermarsch die Ostfriesisch-Oldenburgische Geest an, die durch Grundmoränen und größtenteils kultivierte Moore geprägt ist.
- Den flächenmäßig größten Anteil des Hunte-Gebietes nimmt die Region „Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung“ ein.



Abb. 15: Dümmerniederung.



Abb. 16: Die eingedeichte Hunte bei Oldenburg.

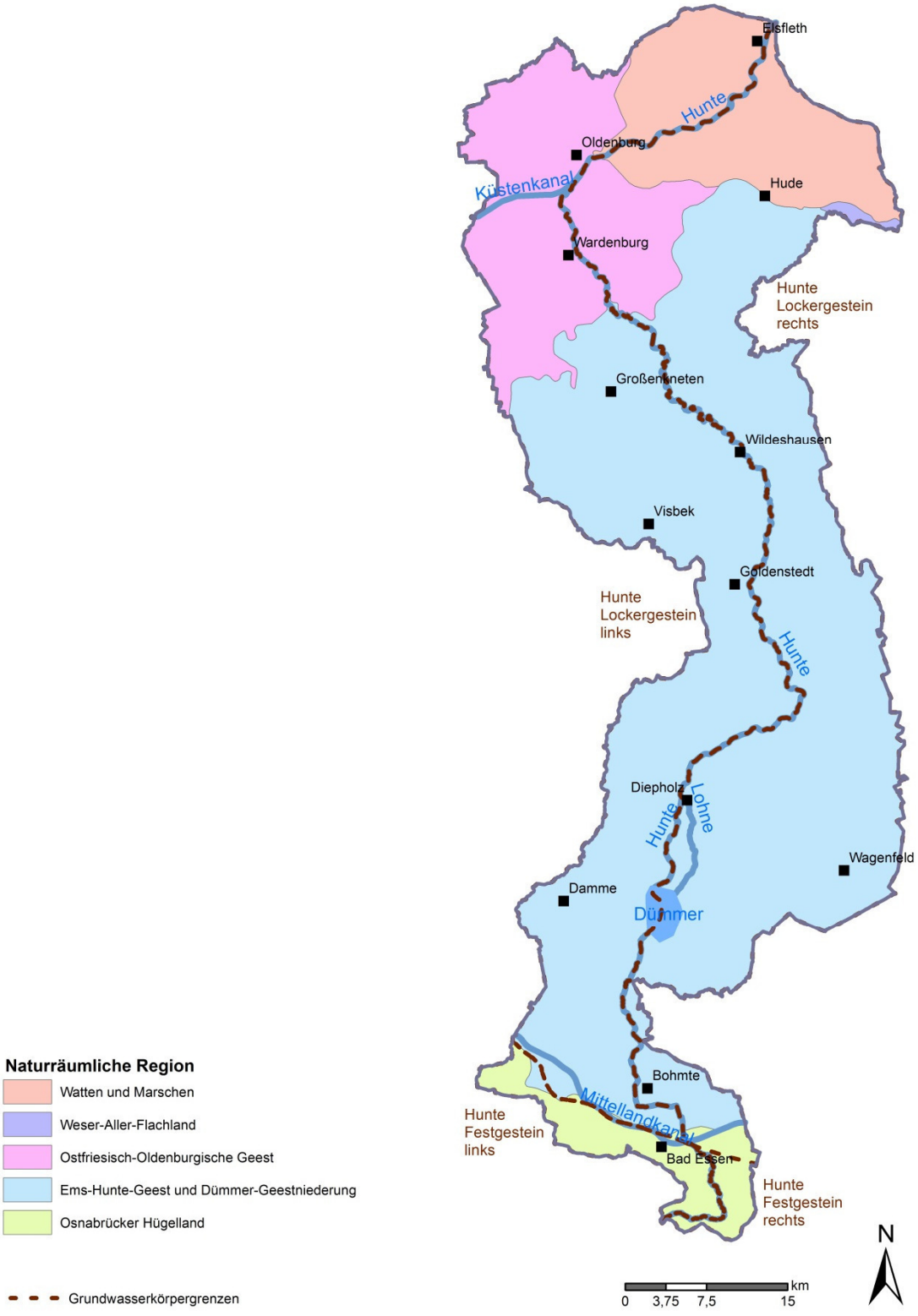



Abb. 17: Das Hunte-Einzugsgebiet schneidet fünf naturräumliche Regionen an.

- Während die Ems-Hunte-Geest durch Grundmoränenplatten geprägt wird, ist die Dümmer-Geestniederung im Süden in Talsandflächen, großflächige Moore und Grund- und Endmoränen gegliedert.
- Den südlichen Rand des Huntegebietes bildet die Unterregion „Osnabrücker Hügelland“ mit dem Wiehengebirge als Teil der Region „Weser und Weser-Leinebergland“.

Das Hunte-Einzugsgebiet wird durch eine Vielzahl von Landschaften untergliedert.
Eine interaktive Karte zur Thematik und die einzelnen Landschaftssteckbriefe können dem Portal des Bundesamtes für Naturschutz eingesehen werden (http://www.bfn.de/0311_landschaften.html).

**Boden und Bodennutzung**

Im Einzugsgebiet der Hunte sind verschiedene Bodentypen anzutreffen. Eine vereinfachte Darstellung der Bodenkundlichen Übersichtskarte 1:50.000 (BüK 50, LBEG) zeigt die im Gebiet vorkommenden Böden und ihren prozentualen Anteil im Gebiet (Abb. 18). Ein Drittel des Gebietes nehmen Podsole ein. Organische Böden wie Hochmoor und Niedermoore haben mit 19 % eine große Bedeutung. Vor allem die grundwasserbeeinflussten Böden in der Diepholzer Moorniederung führen zu einem hohen Anteil von 17 % dieses Bodentyps im Einzugsgebiet der Hunte.
Die Oldenburgisch-Ostfriesische Geest ist geprägt durch Podsolböden, die teilweise durch Grundwasser beeinflusst sind.
Der Teilraum Unterweser Marsch wird durch Marschböden und vorgelagerte Hochmoore und Niedermoore dominiert.
Ausgedehnte Hochmoore treten auch im nordwestlichen Bereich der Hunte-Leda-Moorniederung auf. Von der ursprünglichen Moorverbreitung, abgeleitet von historischen Karten, sind hier lediglich Reste vorhanden (Abb. 19).
Weite Gebietsteile weisen podsolierte Böden auf, daneben sind große Bereiche durch Tiefumbruch anthropogen verändert worden.
Die Cloppenburger Geest ist weitgehend durch Braunerden und Podsole geprägt. Durch Versauerung sind Eisen und Aluminium sowie Huminstoffe aus dem Oberboden in den Unterboden ausgewaschen worden und bilden dort, je nach Verfestigungsgrad, Orterde oder Ortstein wie beispielsweise in der Sager und Ahlhorner Heide westlich von Großenkneten (MU 1990). in der östlich der Hunte gelegenen Syker Geest herrschen Podsole vor. Durch die Cloppenburger und Syker Geest zieht sich bei Goldenstedt horizontal ein ca. 10 km breiter Bereich nährstoffreicher Parabraunerden und fruchtbarer Plaggenesche.

Auch die Dammer Berge weisen bei Damme fruchtbare Parabraunerden auf. Die Kellenberger Geest, ein Stauchendmoränenzug innerhalb der Diepholzer Moorniederung, ist hingegen durch sandige podsolierte Böden geprägt.

Die Diepholzer Moorniederung wird vor allem durch grundwasserbeeinflusste Böden, die Gleye, dominiert (MU 1990). Daneben sind große ausgedehnte Hochmoorflächen anzutreffen. In den großen Moorgebieten wie dem Großenmoor (Venner Moor und Campemoor) südlich der Dammer Berge (Abb. 9) wird großflächig industrieller Torfabbau betrieben (Abb. 19, Abb. 20). Durch Torfabbau und Entwässerungsmaßnahmen sind die Moor- und Niederungsgebiete zum Teil ackerfähig geworden (MU 1990).

In der Dümmerniederung herrschen Niedermoore vor. Hier ist Grünland die dominierende Kultur (Abb. 21).

Der südliche Randbereich des Einzugsgebietes wird durch das Wiehengebirge mit zum Teil fruchtbaren Lößböden geprägt.

Landwirtschaftlich dominiert sind 68 % der Gesamtfläche des Hunte-Gebietes (Abb. 22), wobei 42 % ackerbaulich und 26 % als Grünland genutzt werden. Die reine Netto-Feldblockfläche nimmt mit rund 60 % jedoch einen geringeren Umfang ein (Kap. 3.1).

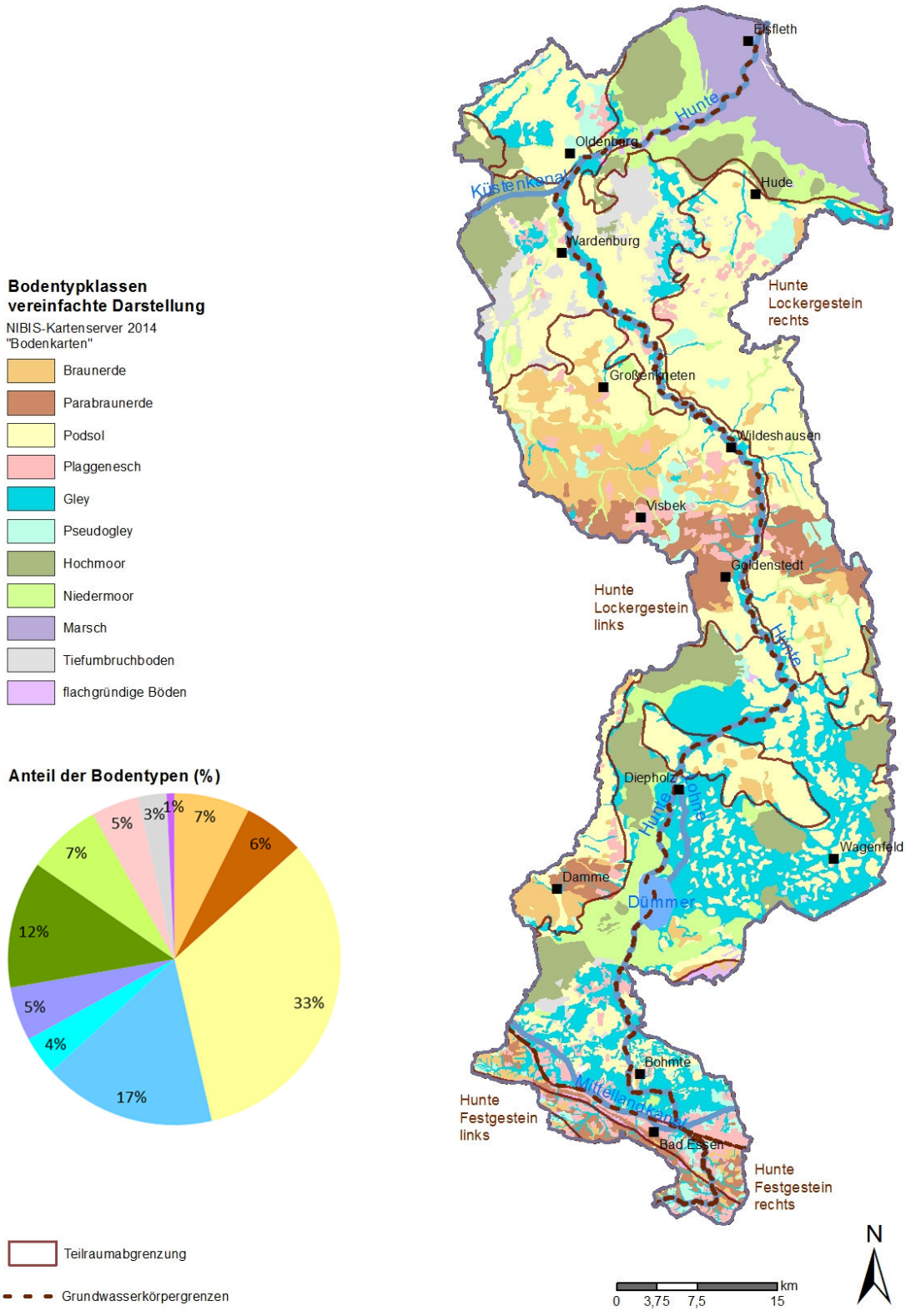



Abb. 18: Böden im Einzugsgebiet der Hunte.

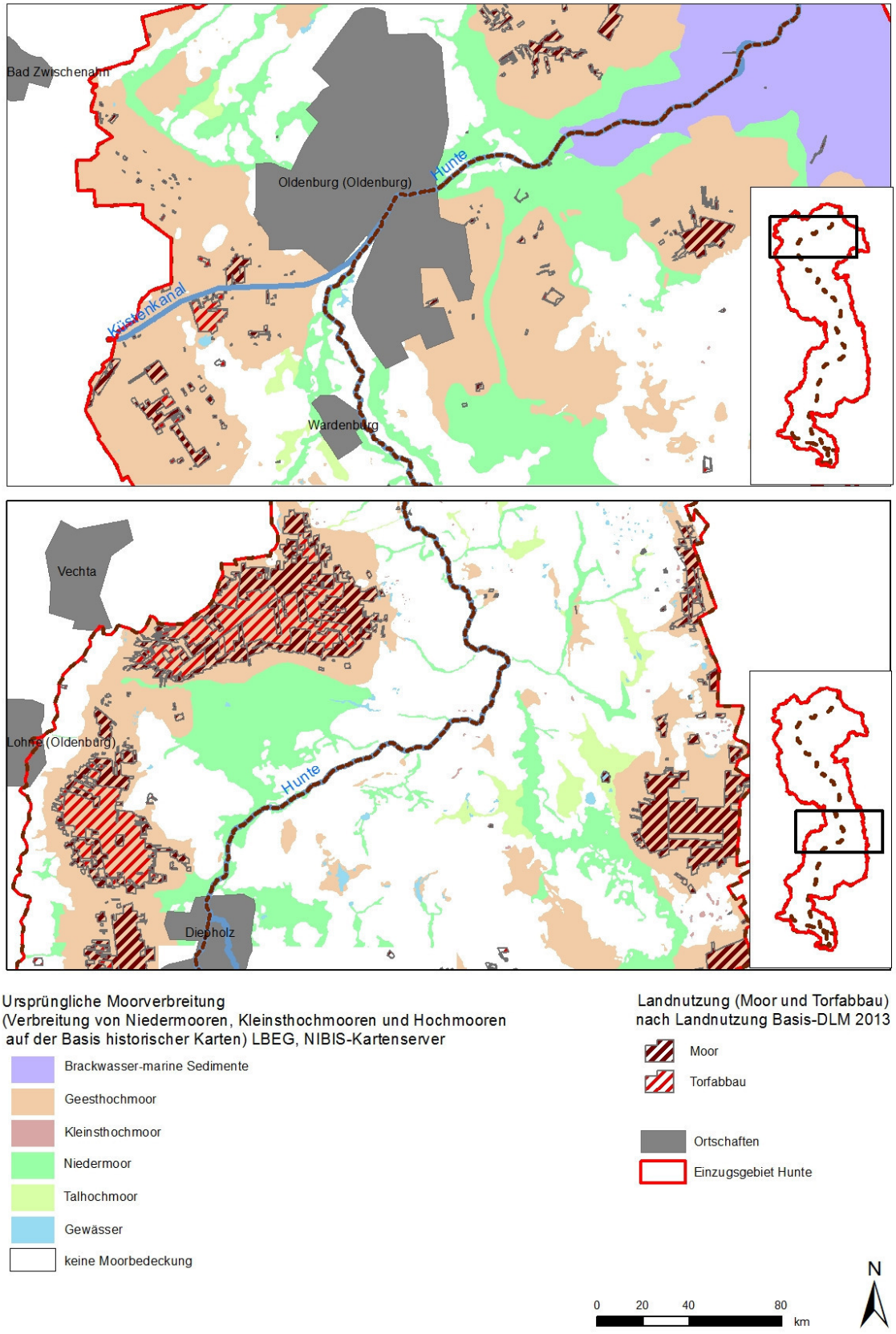



Abb. 19: Die ursprüngliche Moorverbreitung im Vergleich zur heutigen Moorausdehnung (Bereiche mit wesentlicher Moorverbreitung, Ausschnitte aus dem Einzugsgebiet Hunte).

13 % des Gebietes sind bewaldet, wobei der Großteil der Waldflächen in der Cloppenburger und Syker Geest und im Osnabrücker Bergland gelegen ist. Moore und Torfabbaugebiete nehmen mit 5,9 % einen nicht unerheblichen Flächenumfang ein. Siedlungsflächen umfassen 9,8 % des Gebietes. Hier hat das Stadtgebiet Oldenburg den wesentlichen Anteil. Die Gewässerfläche im Hunte-Einzugsgebiet beträgt 1,4 %.



Abb. 20: Industrieller Torfabbau im Campemoor.



Abb. 21: Grünland in der Dümmerniederung.

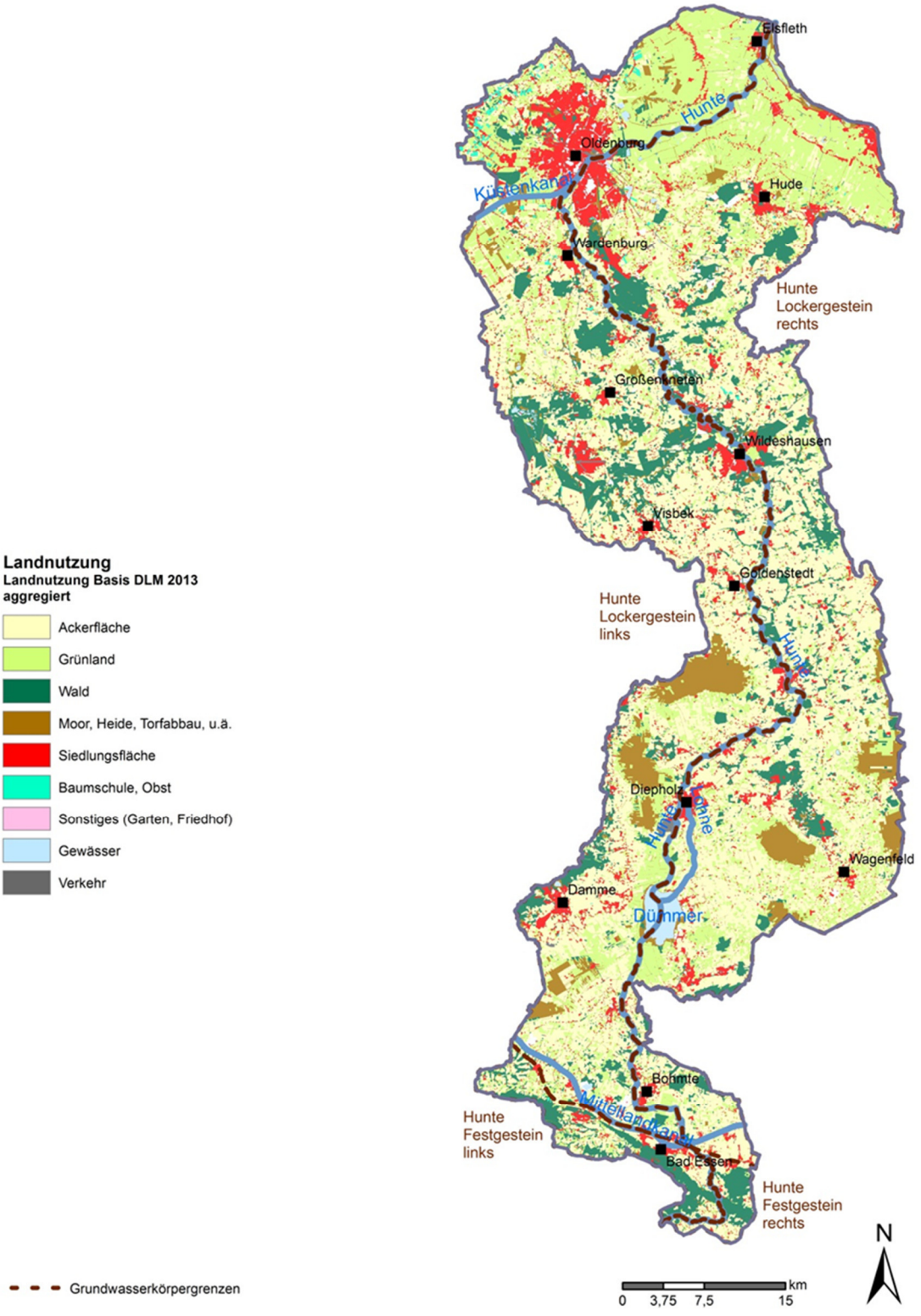



Abb. 22: Landnutzung im Einzugsgebiet der Hunte.

## 2.4 Grundwasser

Als Grundwasser wird das unterirdische Wasser bezeichnet, das die Hohlräume des Untergrundes zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich oder beinahe ausschließlich durch die Schwerkraft oder selbst ausgelöste Reibungskräfte bestimmt wird (DIN 4049). In der über dem Grundwasser liegenden wasserungesättigten Bodenzone kommt das Wasser in verschiedenen Formen vor, und zwar als freibewegliches Sickerwasser, das sich infolge von Schwerkraft und Saugspannungen abwärts bewegt, als in den Porenzwickeln gebundenes Kapillarwasser sowie als bestimmte Stoffteilchen im Boden fest umschließendes Hydrationswasser (MU 1990).

Das Grundwasser bewegt sich in den Lockergesteinsgebieten in Grundwasserleitern (Aquifer), in denen aufgrund der Art ihres Lockergesteinsgefüges bei entsprechendem Wasserspiegelgefälle ein Fließen des unterirdischen Wassers eintritt. Schluffige und tonige Bodenarten lassen keine, oder nur sehr geringe, Grundwasserbewegungen zu, sie werden als Grundwasserhemmer bezeichnet. Je nach den geologischen Verhältnissen können mehrere Grundwasserstockwerke übereinanderliegen, deren einzelne Grundwasserleiter jeweils durch zwischengelagerte Grundwasserhemmer voneinander getrennt sind. Im obersten Grundwasserstockwerk steht das „freie Grundwasser“ unter atmosphärischem Druck. In den darunterliegenden Stockwerken kann „gespanntes Grundwasser“ vorkommen, wenn die darüber liegenden Grundwasserhemmer bei starkem seitlichem Zufluss die Ausdehnung des Wassers nach oben behindern und dadurch ein erhöhter Druck entsteht (MU 1990).

Das weitgehend durch Lockergestein geprägte Huntegebiet weist hauptsächlich Porengrundwasserleiter mit lokaler Stockwerkstrennung auf. Im Festgesteinsbereich des Wiehengebirges und des Stemweder Bergs sind Kluftgrundwasserleiter anzutreffen.

Ergiebige Grundwasserleiter sind in den Geestgebieten aber auch in den südlichen Festgesteinsbereichen zu finden und werden wasserwirtschaftlich genutzt.

Die Lage der Grundwasseroberfläche variiert im Huntegebiet im Lockergestein von 0 m bis 55 m (Abb. 23). Im Süden und Südwesten steht Festgestein an. Das Grundwasser strömt weitgehend der Hunte zu, sodass im Norden größtenteils Süd-Nord-Fließrichtungen vorherrschen (Abb. 23). Im Zentralbereich des Huntegebietes, innerhalb des GWK „Hunte Lockergestein links“, sind West-Ost-Fließrichtungen und im GWK „Hunte Lockergestein rechts“ Ost-West-Grundwasserfließrichtungen bestimmend.

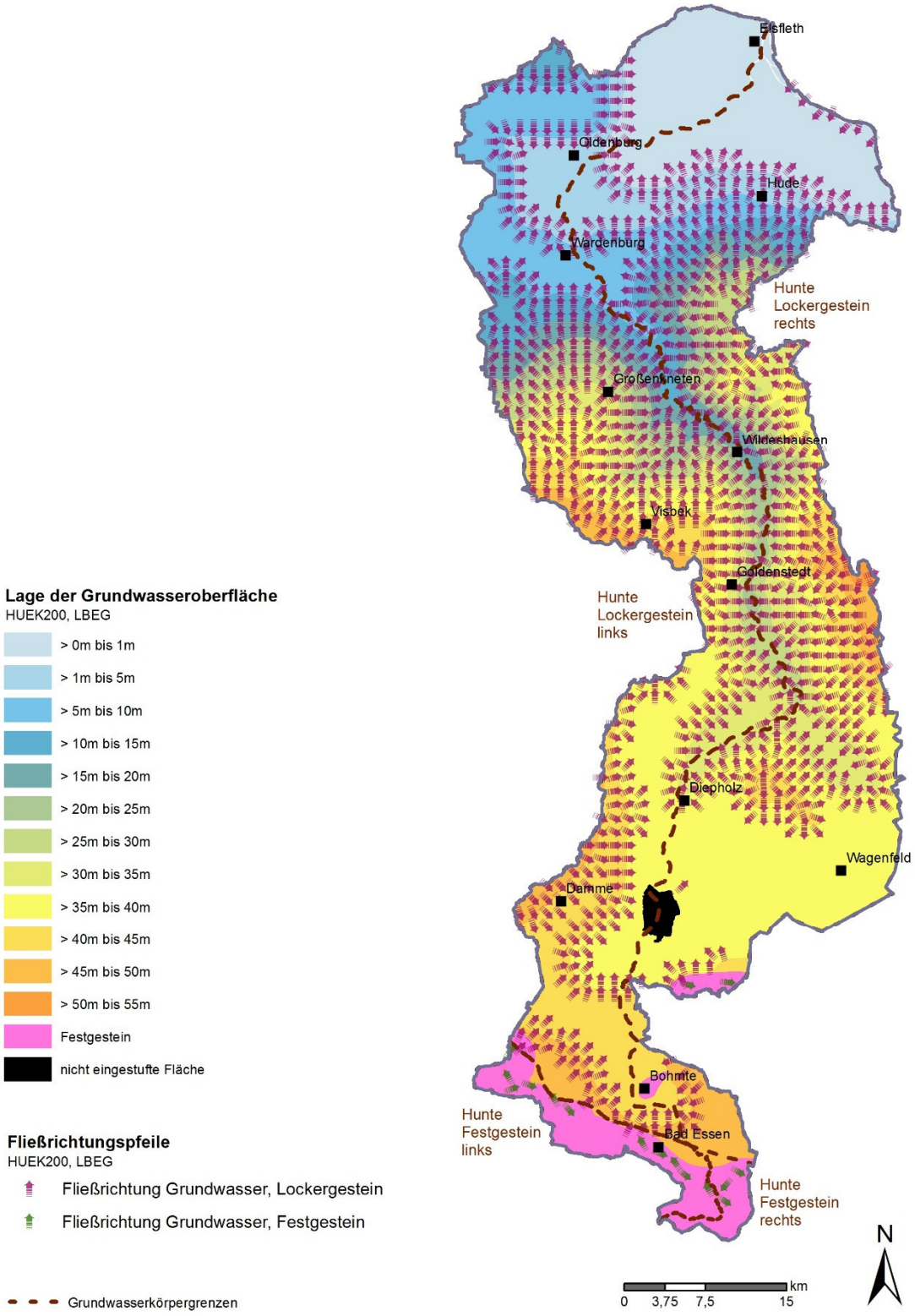



Abb. 23: Lage der Grundwasseroberfläche und Hauptfließrichtungen des Grundwassers.

## 2.5 Hydrogeologischer Überblick

Die Grundwassermenge, Gewinnbarkeit und die Grundwassergüte hängen unter anderem von Art und Zusammensetzung, räumlicher Verbreitung und Anordnung der mehr oder minder wasserleitenden Gesteinsschichten ab.

Ein Großteil des Einzugsgebietes der Hunte gehört wie fast das gesamte niedersächsische Flachland hydrogeologisch zum Großraum des Nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebietes, welches durch mächtige tertiäre und quartäre Lockergesteinsfolgen gekennzeichnet ist (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Die Unterwesermarsch im Nordosten des Hunte-Einzugsgebietes ist Teil der Nordseemarschen. Die Nordseemarschen sind reliefarm und weisen Geländehöhen um Normalnull auf. Im Randbereich zur Geest haben sich Randmoore gebildet.
Die Unterwesermarsch liegt beidseitig der Weser und reicht bis an den Jadebusen. Das Einzugsgebiet Hunte berührt den Bereich links der Weser. Der mehrstöckige Lockergesteinsaquifer in diesem Gebiet besteht aus pleistozänen, pliozänen und miozänen Sanden „und weist mittlere bis hohe Durchlässigkeiten auf und wird von mächtigen Deckschichten geschützt“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Das Grundwasser ist im oberen Stockwerk teilweise versalzt und hat daher für die Wasserversorgung keine Bedeutung. Die Versalzung ist „zum einen auf historische Überflutungen zum anderen auf das unterirdische Eindringen von Nordseewasser zurückzuführen“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Wechselfolgen aus Torflagen und Sedimenten sind für die Unterweser-Marsch charakteristisch. Holozäne, tonig-schluffige Sedimente als typische Marschenablagerungen bewirken einen guten Schutz des Grundwassers (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).
Die großen Niederungen des Hunte-Einzugsgebietes zählen zu den Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet.
Das Niederungsgebiet der Hunte und der Leda ist durch eine grundwassernahe Moor- und Talsandbedeckung geprägt. In der Hunte-Leda-Moorniederung bilden quartäre und tertiäre Sande und Kiese einen z.T. mehr als 100 m mächtigen Porengrundwasserleiter mit hoher Durchlässigkeit aus. Lokal ist eine Stockwerkstrennung ausgebildet (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

In der Diepholzer Moorniederung bilden weichselzeitliche Niederungssande und saale- und elsterzeitliche Schmelzwassersande einen zusammenhängenden Grundwasserleiter aus, der eine mittlere bis hohe Durchlässigkeit aufweist. Die Basis des Grundwasserleiters ist im Süden des Teilraums aus Ton und Sandstein der Unterkreide aufgebaut. Im Zentralbereich des Teilraums dominieren Feinsand- und Schluffsteine den Untergrund. „Im übrigen Gebiet bilden tertiäre Tone oder, wie am Ostrand der Dammer Berge, elsterzeitliche Schluff und Geschiebemergel die Basis“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Am Rand des Wiehengebirges und des Stemweder Berges ist ein ergiebiger Grundwasserleiter aus quartäre Sande und Kiese aufgebaut (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Die Geestgebiete sowie die Dammer Berge gehören als glaziale Aufschüttungslandschaften zum Nord- und mitteldeutschen Mittelpleistozän. Regional werden dabei die Teilräume Oldenburgisch-Ostfriesische Geest, Cloppenburger Geest, Syker Geest und Kellenberger Geest sowie die Dammer Berge abgegrenzt.
Die Porengrundwasserleiter der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest sind aus tertiären und quartären Lockergesteinen ausgebildet. Die Basis „bilden schluffige Feinsande des Miozäns, darüber folgen schluffige Feinsande des Pliozäns“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016), im oberen Teil mittelsandige Feinsande mit Schichten von Mittel- und Grobsanden. „Die Mächtigkeit der für die Wassergewinnung ergiebigen Schichten schwankt zwischen 50 und 100 m“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Die Erosionsrinnen innerhalb der pliozänen Schichten sind mit Fein- und Grobsanden verfüllt, wobei in den oberen Schichten häufig schluffig-tonige elsterzeitliche Lauenburger Schichten z.T. bis zu einer Mächtigkeit von über 50 m abgelagert wurden. Stockwerkstrennungen sind teilweise durch Schluff- und Tonlagen ausgebildet. Die Tonlagen be-

wirken einen guten Schutz des darunterliegenden Grundwasserleiters. In einigen Gebieten fehlen Trennschichten, sodass ein zusammenhängender Grundwasserleiter vorliegt. Örtlich kann ein drittes Stockwerk ausgebildet sein (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Im Holozän entstanden ausgedehnte Hoch- und Niedermoorflächen. Teilweise wurde Flugsand abgelagert.

Tertiäre und quartäre Lockergesteine bilden in der Cloppenburger Geest einen mäßig bis hoch durchlässigen Porengrundwasserleiter aus. Sandige Schmelzwasserablagerungen der Saale-Kaltzeit sind durchgängig vorhanden und bilden einen zusammenhängenden, ergiebigen Aquifer aus. Die Sandfolgen werden z.T. durch geringdurchlässige Schichten überdeckt oder sind als Zwischenschicht eingelagert, sodass mehrere Grundwasserstockwerke vorliegen können und das Grundwasser in den unteren Schichten gut geschützt ist (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Der Lockergesteinsaquifer in der Syker Geest ist als mäßig bis hoch durchlässiger Porengrundwasserleiter quartären Ursprungs ausgebildet. Unterlagert wird der quartäre elsterzeitliche Grundwasserleiter von schluffig-tonigen Ablagerungen des Tertiärs. Grobsande der Saale-Kaltzeit überlagern diese Schichten. Weite Gebiete werden mit Sandlöss aus der Weichsel-Kaltzeit bedeckt. In den Niederungen sind Auensedimente und Torfe vorhanden. Die quartären Ablagerungen sind insbesondere am Geestrand durch die Bewegung des Eises gestaucht worden. In den Sanden sind z.T. mächtige schluffig-tonige Lagen eingelagert, die lokal Stockwerkstrennungen hervorrufen, die hydraulisch jedoch in Verbindung stehen (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Im Bereich der Kellenberger Geest hat das Inlandeis der Saaleeiszeit (Drenthe-Stadium) die Lockergesteine des Quartärs und des Tertiärs gestaucht und teilweise miteinander verschuppt.
Der quartäre Porengrundwasserleiter weist eine mäßig bis hohe Durchlässigkeit auf. Der obere Bereich der Endmoräne ist durch Feinsande geprägt, den unteren Teil bilden mittel- bis grobkörnige, z.T. kiesige Sande. Zwischengelagerte Geschiebemergellagen bewirken nicht durchgängig eine Stockwerkstrennung. Die Aquiferbasis wird durch schluffig-tonige Schichten des Tertiärs ausgebildet. Schluffige Deckschichten mit einem hohen Schutzpotential für das Grundwasser sind nur begrenzt vorhanden (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).
Der Höhenrücken der Dammer Berge ist eine Stauchendmoräne und entstanden als das Inlandeis der Saaleeiszeit (Drenthestadium) die Lockergesteine gestaucht und quartäre und tertiäre Schichten miteinander verschuppt hat. Die tonig-schluffigen Schuppen des Tertiärs erhöhen gebietsweise das Schutzpotential für das Grundwasser. Die Aquifermächtigkeiten variieren regional sehr stark (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Die Festgesteinsgebiete im südlichen Einzugsgebiet sowie der Stemweder Berg im Südosten werden als Nordwestdeutsches Bergland dem Großraum Mitteldeutsches Bruchschollenland zugeordnet, das durch die Schichten des Erdmittelalters Trias, Jura und Kreide geprägt ist.
Aus Kalk- und Mergelgesteine der Oberkreide ist der Stemweder Berg aufgebaut, dessen Nordhang durch das Einzugsgebiet der Hunte angeschnitten wird. „Die Gesteine der Oberkreide bilden mäßig bis hoch durchlässige Kluft- und Karstgrundwasserleiter aus“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016), die von geringdurchlässigen Tonsteinen der Unterkreide unterlagert sind. Im Übergang zur Diepholzer Moorniederung sind die mesozoischen Schichten durch Schmelzwasserablagerungen der Drenthe-Zeit überlagert, die mäßig durchlässige Porengrundwasserleiter ausbilden (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Im Wiehengebirge bilden die mittel bis hoch durchlässigen Gesteine des Oberen Jura teilweise ergiebige Kluft- und Karstgrundwasserleiter mit Mächtigkeiten bis 300 m aus. Unter den Schichten des Oberen Jura stehen Ton- und Tonmergelsteine des Unteren und Mittleren Jura an, die gering wasserdurchlässig sind. Über den Schichten des Oberen Jura folgen einige 100 m mächtige gering wasserdurchlässige Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide mit hoher Schutzfunktion für die Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Das Festgestein wird von weitgehend geringmächtigen drenthe- und weichselzeitlichen quartären Sedimenten überlagert. Kleinräumig können Porengrundwasser-

leiter ausgebildet sein, die wasserwirtschaftlich genutzt werden können (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Das südliche Vorland des Wiehengebirges wird durch mehrere Hundert Meter mächtige, geringdurchlässige Ton- und Tonmergelsteine des Unteren und Mittleren Jura aufgebaut (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Drenthezeitliche Schmelzwasser- und weichselzeitliche Flussablagerungen bilden im Teilraum nur kleinräumige Porengrundwasserleiter aus.

Im Bereich des Ibbenbüren-Osnabrücker-Berglandes „stehen Schichten des Trias und des Jura an“ (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Die Kalksteine des Unteren und des Oberen Muschelkalks bilden gute Grundwasserleiter aus. Die Kluftgrundwasserleiter des Buntsandsteins und des Keupers haben dagegen eine geringe Ergiebigkeit. Lokal sind Porengrundwasserleiter in den quartären Schmelz- und Flussablagerungen ausgebildet (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

## 2.6 Unterteilung des Gebietes nach der EG- WRRL

Im Rahmen der Arbeiten zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL, 2000/60/EG) wurde eine Abgrenzung von Grundwasserkörpern (GWK), auf deren Ebene eine Bewertung des Grundwasserzustandes erfolgt, durchgeführt

Die Grundwasserkörper (GWK) bilden nach EG-WRRL die kleinste Bewirtschaftungseinheit im Grundwasser. Sie sind abgegrenzte Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter, die in Niedersachsen anhand von hydrologischen Grenzen durch den NLWKN und das Niedersächsische Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) nach Vorgabe des MU (NLfB et al. 2004) festgelegt wurden. Die Einteilung diente vor allem der Sicherstellung einer systematischen Bearbeitung und einer übersichtlichen Verteilung der Bewirtschaftungsaufgaben. Aufgrund der Abgrenzung werden in Niedersachsen derzeit insgesamt 123 GWK differenziert voneinander bewertet. Niedersachsen selbst ist für 90 GWK federführend zuständig.

Im Einzugsgebiet der Hunte befinden sich vier GWK (Tab. 1).

Zur Charakterisierung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse haben die staatlichen geologischen Dienste bundesweit ein hierarchisches System von hydrogeologischen Großräumen, Räumen und Teilräumen nach einem einheitlichen Verfahren entwickelt und beschrieben (NLWKN 2012).

Im Bereich des Hunte-Einzugsgebietes können zwölf hydrogeologische Teilräume (Abb. 24 und Tab. 2 ) unterschieden werden, die u. a. nach geologischen, hydrologischen und bodenkundlichen Kriterien abgegrenzt wurden. Die Teilraumbeschreibungen sind im Geobericht 3 des Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (Elbracht et al. 2010) veröffentlicht.

Die im Bericht enthaltenen Auswertungen und Aussagen beschränken sich auf die im Hunte-Einzugsgebiet liegenden Flächenanteile der Hydrogeologischen Teilräume (Abb. 24).

Tab. 1: Die Grundwasserkörper (GWK) im Hunte-Einzugsgebiet mit der GWK-ID sowie der geologischen Zuordnung.

| Bezeichnung des Grundwasserkörpers | GWK ID-Nr. | Geologische Zuordnung |
|---|---|---|
| Hunte Lockergestein links | 06_05 | Lockergestein |
| Hunte Lockergestein rechts | 06_02 | Lockergestein |
| Hunte Festgestein links | 06_04 | Festgestein |
| Hunte Festgestein rechts | 06_03 | Festgestein |

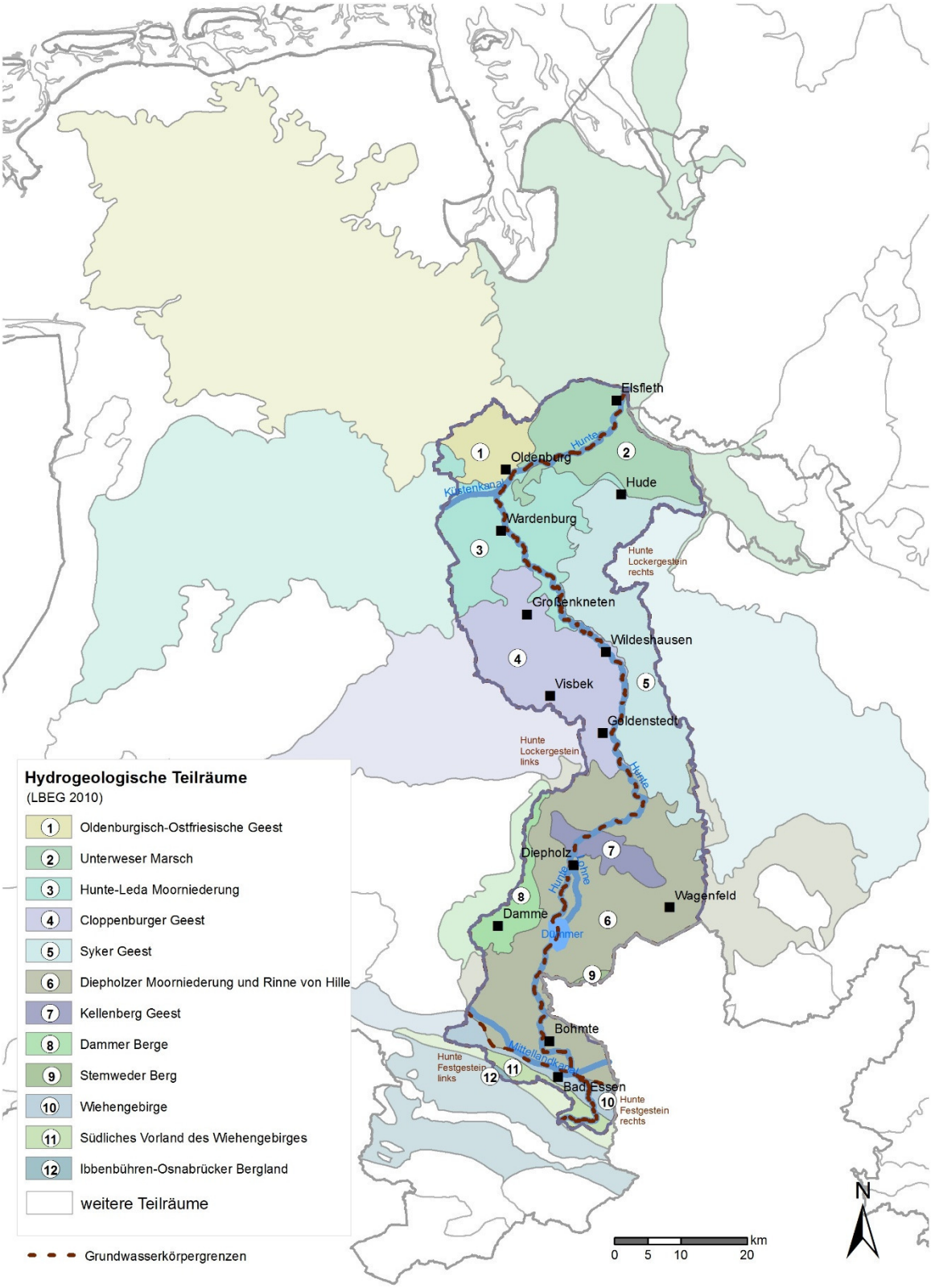



Abb. 24: Hydrogeologische Teilräume innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes.

Tab. 2: Hydrogeologische Teilräume innerhalb der GWK im Flusseinzugsgebiet der Hunte.

| Grundwasserkörper | Teilraum Nr. | Hydrogeologischer Teilraum |
|---|---|---|
| Hunte Lockergestein links | 01205 | Unterweser Marsch |
| Hunte Lockergestein links | 01501 | Oldenburg-Ostfriesische Geest |
| Hunte Lockergestein links | 01307 | Hunte-Leda-Moorniederung |
| Hunte Lockergestein links | 01503 | Cloppenburger Geest |
| Hunte Lockergestein links | 01309 | Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille |
| Hunte Lockergestein links | 01510 | Dammer Berge |
| Hunte Lockergestein links | 01511 | Kellenberger Geest |
| Hunte Lockergestein rechts | 01205 | Unterweser Marsch |
| Hunte Lockergestein rechts | 01307 | Hunte-Leda-Moorniederung |
| Hunte Lockergestein rechts | 01504 | Syker Geest |
| Hunte Lockergestein rechts | 01503 | Cloppenburger Geest |
| Hunte Lockergestein rechts | 01309 | Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille |
| Hunte Lockergestein rechts | 01506 | Stemweder Berg |
| Hunte Lockergestein rechts | 01511 | Kellenberger Geest |
| Hunte Festgestein links | 05103 | Wiehengebirge |
| Hunte Festgestein links | 05104 | Südliches Vorland des Wiehengebirges |
| Hunte Festgestein links | 05102 | Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland |
| Hunte Festgestein rechts | 05103 | Wiehengebirge |
| Hunte Festgestein rechts | 05104 | Südliches Vorland des Wiehengebirges |
| Hunte Festgestein rechts | 05102 | Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland |

## 2.7 Grundwasserneubildung

Unter der Grundwasserneubildung wird die Wassermenge verstanden, die flächig aus den Niederschlägen sowie stellen- und/oder zeitweise aus Flüssen und Seen versickert, die Grundwasseroberfläche erreicht und mit dem Grundwasserstrom als unterirdischer Abfluss den Bächen und Flüssen zufließt und sie speist. Nicht zur Grundwasserneubildung werden Wassermengen gerechnet, die zwar schon ins Grundwasser versickerten, dann aber von Pflanzenwurzeln aufgenommen wurden und verdunsten. Unerheblich für die Neubildungsrate ist der Ort der Versickerung. In vielen Fällen fließen die auf die Erdoberfläche fallenden Niederschläge streckenweise oberflächig ab und versickern später an entfernteren Stellen (MU 1987).

Die Grundwasserneubildungsrate ist unter anderem abhängig von den vorherrschenden klimatischen Bedingungen (Wasserkreislauf) und damit auch von allen die gewässerkundlichen Verhältnisse bestimmenden, natürlichen und künstlichen Einflüssen. Sie ist keine flächenhaft messbare Größe, sondern wird mit Hilfe von Modellen berechnet. Von hervorzuhebender Bedeutung sind der Niederschlag, die Verdunstung und der Anteil des Oberflächenabflusses. Durch menschliche Einwirkung, beispielsweise durch die Absenkung der Grundwasseroberfläche infolge Wasserförderung, kann sich die Verdunstung erheblich vermindern (MU 1987).

Die durchschnittliche Grundwasserneubildung im Huntegebiet beträgt 143 mm/a, variiert jedoch im Einzugsgebiet je nach naturräumlicher Lage zwischen einer Grundwasserzehrung bis -116 mm/a und einer Neubildung bis + 615 mm/a (Abb. 25). Verwendet wurden Daten der Grundwasserneubildung nach dem Modell GROWA, die im Rahmen des Projektes AGRUM-Niedersachen 2014 für den Zeitraum 1981 bis 2010 berechnet worden sind. Eine Übersicht der Grundwasserneubildung innerhalb der vier Grundwasserkörper des Hunte-Einzugsgebietes zeigt Tab. 3. In Gebieten mit extrem hohen Grundwasserständen kann die Höhe der Landverdunstung in die Nähe der Verdunstung von Wasserflächen (potentielle Verdunstung) steigen.

Wenn die Verdunstung höher ist als die Neubildung, kann es zu einer Grundwasserzehrung (negative Grundwasserneubildung) kommen.

Die Unterweser Marsch im Nordosten des Hunte-Einzugsgebietes ist geprägt durch Neubildungsraten von unter 100 mm. Die Randmoore wie beispielsweise nordöstlich von Hude stellen Grundwasserzehrgebiete dar. Eine Vielzahl von Entwässerungsgräben durchzieht hier die als Grünland genutzten Moorstandorte, sodass hier eine durchschnittliche Grundwasserzehrung von -50 bis -60 mm/a zu verzeichnen ist. Eine Grundwasserzehrung erfolgt ebenfalls in Teilbereichen der Moore im Nordwesten des Einzugsgebietes wie dem Vehnemoor (-10 bis -30 mm/a) oder den kultivierten Moorstandorten innerhalb der Diepholzer Moorniederung. Geschütze Moore wie das Naturschutzgebiet Rehdener Geestmoor südlich des Teilraumes Kellenberger Geest weist hingegen deutlich positive Grundwasserneubildung von 150 bis 200 mm/a auf. In den großen Moorgebieten wie dem Großen Moor östlich von Vechta und dem Diepholzer Moor ist ebenfalls mit positiven Grundwasserneubildungsraten in dieser Größenordnung zu rechnen.

Die Grundwasserneubildung auf den Geesthochflächen ist in den sandig/kiesigen Gebieten relativ hoch und beträgt im Durchschnitt 200 - 300 mm/a. Unter Geschiebemergel und unter Lössbedeckung ist sie geringer und beträgt ca. 50 - 150 mm/a, in der Unterweser Marsch auch unter 50 mm/a.

Aufgrund der morphologischen Ausbildung (Kalkrieser Berg, Wiehengebirge, Egge) und den dadurch bedingten verstärkten Oberflächenabfluss liegt die Grundwasserneubildung im Festgestein teilweise unter 100 mm/a. Im Vorlandbereich zum Wiehengebirge können aufgrund der ausgeprägten quartären Ablagerungen auch deutlich höhere Neubildungsraten von über 250 mm/a auftreten.

Aus überregionaler Sicht sind die Wirkungen von Bau- und Siedlungsmaßnahmen auf die Neubildung des Grundwassers im Untersuchungsraum nur von untergeordneter Bedeutung.

Die Höhe der Grundwasserneubildung hat neben dem Einfluss auf die Verfügbarkeit der Grundwassermenge auch durch die verstärkte Auswaschung oder durch eine Verdünnung von Schadstoffen einen direkten Einfluss auf die Grundwassergüte.

Tab. 3: Grundwasserneubildung innerhalb der Grundwasserkörper des Hunte-Einzugsgebietes (Quelle: berechnet aus FZ Jülich 2014, Grundwasserneubildung nach GROWA, ermittelt im Projekt „AGRUM-Niedersachsen“).

| GWK | Fläche [km²] | Grundwasserneubildung [m³/a] | [mm/a] |
|---|---|---|---|
| Hunte Lockergestein rechts | 1.278,00 | 164.328.500 | 139 |
| Hunte Lockergestein links | 1.241,50 | 192.345.800 | 155 |
| Hunte Festgestein rechts | 28,70 | 4.447.660 | 155 |
| Hunte Festgestein links | 86,65 | 14.733.360 | 170 |
| Gesamtsumme | 2.635,00 | 375.855.320 | 143 |

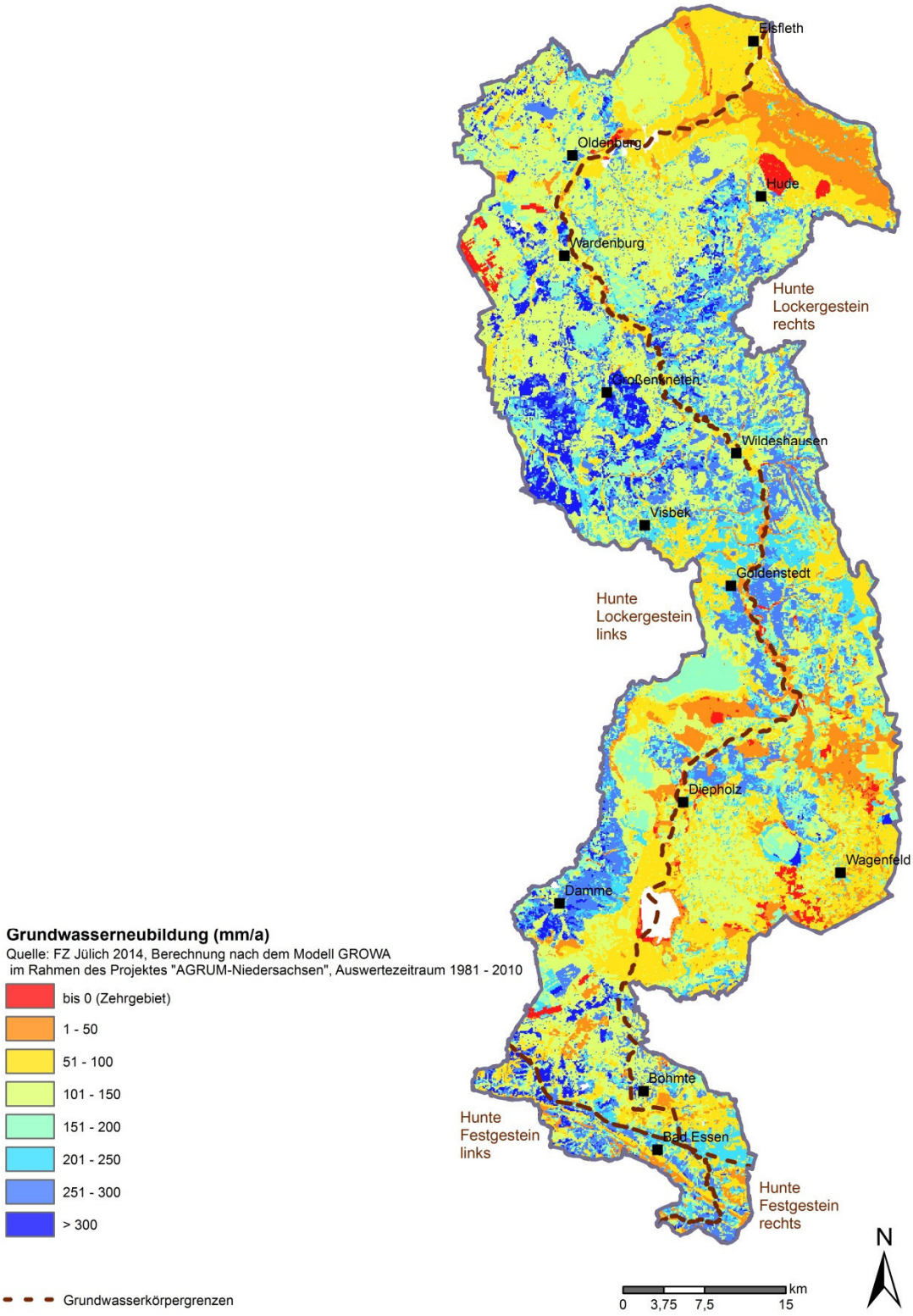



Abb. 25: Grundwasserneubildungsraten im Einzugsgebiet der Hunte.

## 2.8 Grundwasserversalzung

Bei den vorherrschenden klimatischen Bedingungen und hydrogeologischen Voraussetzungen in Niedersachsen ist die Erschließung größerer Grundwassermengen für die GWK insgesamt gesehen unproblematisch. Schwieriger ist es, Grundwasser in der geforderten Qualität als Trinkwasser oder Brauchwasser bereitzustellen. Unter den Faktoren, die eine Nutzung vorhandener Grundwasservorräte einschränken oder gar ausschließen können, ist in erster Linie die natürlich (geogen) bedingte Chloridanreicherung im Grundwasser zu nennen (NLWKN 2012).
Ein Wasser wird als versalzt bezeichnet, wenn sein Chloridgehalt 250 mg/l übersteigt, was in etwa der menschlichen Geschmacksgrenze entspricht (MU 1987). In der TrinkwV 2001 wird der Grenzwert von 250 mg/l Chlorid im Trinkwasser mit der korrosiven Wirkung chloridhaltiger Wässer in den Rohrleitungen begründet.

Im Einzugsgebiet der Hunte können Chloridanreicherungen im Grundwasser geogen bedingt sein durch:

- Ablaugung von Salzvorkommen (Subrosion)
- Auslaugung der primär im Grundwasserleiter vorhandenen Salze und Minerale (nur bei geringer Fließgeschwindigkeit)
- Mobilisierung von Salzwässern, die bei der Ablagerung mariner Sedimente im Porenraum eingeschlossen wurden
- Aufstieg versalzter Tiefenwässer
- Meerwasserintrusion in küstennahen Gebieten (z. B. bei Absenkung der Grundwasserstände).

Im Hunte-Einzugsgebiet gibt es im Untergrund zahlreiche Versalzungsstrukturen wie Salzkissen, Salzintrusionen und Salzstöcke (Abb. 26). Nach Kartenlage (Abb. 26) ist lediglich im nördlichen Teil des Einzugsgebietes eine Versalzung des Grundwasserleiters erkennbar. In Teilbereichen der Unterweser (Nähe Weser) ist der Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzt, so dass eine Trinkwassergewinnung in der Regel nicht mehr möglich ist. Es schließen sich Bereiche mit einer Versalzung des unteren Grundwasserleiters an, die sich bis in die Hunte-Leda-Moorniederung fortsetzen.

Als eine anthropogene Quelle erhöhter Chloridgehalte in Grundwässern kann die Verwendung von Kalidüngern genannt werden. Kalidünger enthalten Kaliumchlorid und meist als Nebenbestandteil Natriumchlorid (Kölle 2010). Kölle konnte eine Korrelation zwischen den Chloridgehalten im Grundwasser und dem Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Wasserschutzgebieten herstellen.
Bei Messstellen in direkter Straßennähe können erhöhte Chloridgehalte im Grundwasser durch Streusalz verursacht worden sein.
Die Untersuchungsergebnisse zur Grundwasserbeschaffenheit anhand des Leitparameters Chlorid werden im Kapitel 8.6 vorgestellt.

**Kurzinformation: Kap. 2 Gewässerkundliche Rahmenbedingungen**

- Die Größe des Hunte-Einzugsgebietes innerhalb Niedersachsens beträgt 2.635 km².
- Im Einzugsgebiet stehen zum größten Teil Lockergesteine an, lediglich am Südrand stehen Festgesteine an.
- Die Trinkwasserversorgung erfolgt zu 100 % aus dem Grundwasser.
- Die Grundwasserneubildung beträgt im Hunte-Gebiet durchschnittlich 143 mm/a und variiert zwischen einer Grundwasserzehrung von -116 mm und einer Grundwasserneubildung von +615 mm im Jahr.
- Zahlreiche Versalzungsstrukturen sind im Untergrund des Einzugsgebietes vorhanden.
- Nach Kartenlage sind weite Teile der Unterweser Marsch vollständig oder im unteren Teil des Grundwasserleiters versalzt. Die Versalzung setzt sich in der Hunte-Leda-Moorniederung fort.

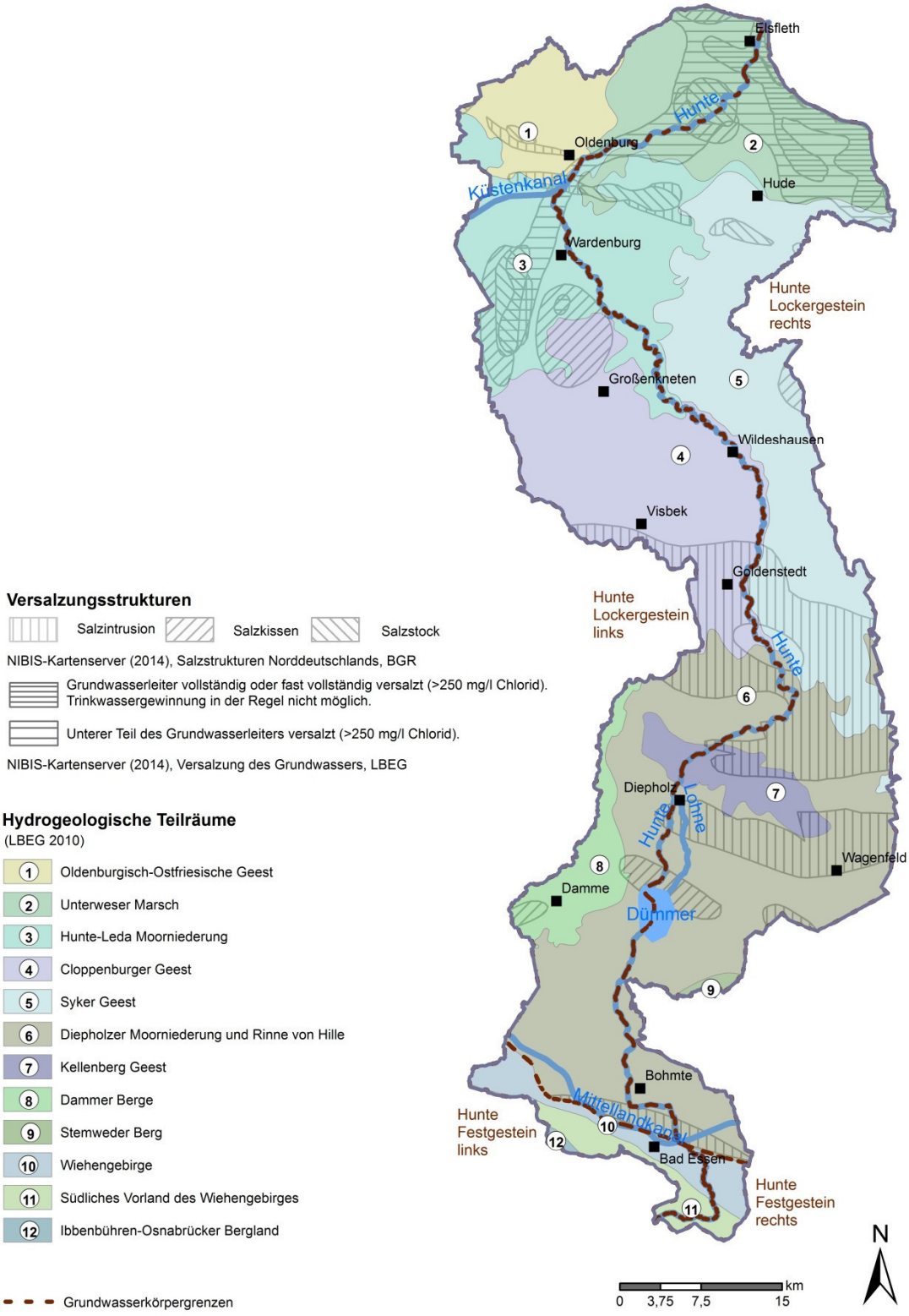



Abb. 26: Versalzung und Versalzungsstrukturen im Einzugsgebiet der Hunte.

# 3 Agrarwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Flächennutzung im Einzugsgebiet der Hunte wird im Wesentlichen durch die Landwirtschaft geprägt.

Die landwirtschaftliche Produktionsweise beeinflusst das Grundwasser sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht stark. Mit der mineralischen und organischen Düngung werden nicht nur Nährstoffe, sondern auch Schadstoffe wie Schwermetalle als Beimengungen oder Tierarzneimittel auf den Boden aufgebracht und können über das Sickerwasser in das Grundwasser gelangen. Durch Pflanzenschutzmaßnahmen können Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte in das Grundwasser eingetragen werden. Durch Bodenbearbeitung, Dränagen und Meliorationsmaßnahmen sowie Grundwasserentnahmen für Beregnung und Tränke wird der Wasserhaushalt beeinflusst.

Bei Kulturen wie Mais, Kartoffeln oder Raps muss nach der Ernte mit hohen Gehalten an mineralischem Stickstoff (Herbst Nmin) im Boden gerechnet werden. Die Gefahr eines Nitrataustrages ist hier deutlich erhöht. Im Gemüsebau bleiben teilweise sehr hohe Stickstoffgehalte auf den Anbauflächen über Ernterückstände zurück und führen so zu hohen Überschüssen im Boden. Änderungen in der landwirtschaftlichen Ausrichtung, wie ein verstärkter Maisanbau zu Lasten des Dauergrünlandes, führen zu erhöhter Mineralisation und damit verbunden zu Nitratausträgen in das Grundwasser. Daneben verschärft der verstärkte Anbau von Mais im Rahmen der Biogaserzeugung (Kap. 3.2) die Stickstoff-Problematik zunehmend. Mais ist bezüglich der Bodengüte sehr anspruchslos, ist selbstverträglich und gegenüber überhöhter Düngung unempfindlich.

Hohe Viehdichten sind mit einem erhöhten Aufkommen von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Stallmist, Geflügelkot usw.) verbunden. Hierdurch kann es zu deutlichen Nährstoffüberschüssen im Boden kommen, was letztlich zu Nährstoffausträgen in das Grundwasser führen kann. Bis 2017 war in der DüV eine Obergrenze von 170 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger festgelegt, in der nur Stickstoff aus tierischen Quellen berücksichtigt werden musste. Aus dem Betrieb einer Biogasanlage waren demnach nur die Stickstoffgehalte des Gülleanteils der Gärreste anzusetzen, nicht die Stickstoffgehalte aus rein pflanzlichem Input-Material. In der Novelle der DüV (2017) ist eine Begrenzung auf 170 kg Gesamtstickstoff aus organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln, einschließlich Wirtschaftsdünger, festgesetzt.

Neben den Stickstoffeinträgen aus der Düngung, wird Stickstoff auch über die Deposition eingetragen. Mit dem Niederschlag gelangen Ammoniak-Emissionen aus Stallabluft und über die Wirtschaftsdüngerausbringung auf den Boden und können als Nitrat in das Grundwasser verlagert werden.

Der Parameter Kalium kann ebenfalls Hinweis auf die landwirtschaftliche Düngepraxis geben. Kalium wird insbesondere durch die organische Düngung verstärkt auf den Boden aufgebracht und kann der Auswaschung unterliegen. Mit zunehmendem Tongehalt erfolgt jedoch eine verstärkte Adsorption.

Kaliumkonzentrationen über 3 mg/l im Grundwasser können auf einen Nutzungseinfluss hinweisen (Tab. 4). Schwermetallkontaminationen des Bodens und damit verbundene Belastungen des Grundwassers können ebenfalls durch die landwirtschaftliche Düngungspraxis hervorgerufen werden.

Tab. 4: Belastungsklassen für Nitrat und Kalium (LANU 2003).

| Nitrat [mg/l] | Kalium [mg/l] | Bewertung/Belastungsklassen |
|---|---|---|
| 0 - 10 | 0 - 3 | Konzentration oftmals in natürlichen oder naturnahmen Ökosystemen |
| > 10 - 25 | > 3 - 6 | Konzentration ist anthropogen erhöht, Nutzungseinfluss ist erkennbar |
| > 25 - 50 | > 6 - 12 | Konzentration ist deutlich anthropogen erhöht |
| > 50 | > 12 | Konzentration ist anthropogen sehr stark erhöht |

Durch die Düngemittelverordnung ist das Inverkehrbringen von Phosphatdüngern mit Cadmiumgehalten über 50 mg/kg $P_2O_5$ nicht zulässig.

Wirtschaftsdünger, insbesondere Schweinegüllen, können erhöhte Zink- und Kupfergehalte aufweisen. Die für die Tierernährung essentiellen Spurenelemente werden als mineralische Zuschlagstoffe den Futtermitteln beigemischt, wobei ein Großteil wieder ausgeschieden wird. Klärschlamm und Komposte enthalten vielfach erhöhte Schwermetallgehalte, insbesondere Quecksilber und Kupfer.

Pflanzenschutzmittel (PSM) kommen nicht im natürlichen System vor und werden immer anthropogen auf die Böden aufgebracht. Über das Sickerwasser erreichen sie das Grundwasser und führen zu Belastungen. Der Grenzwert für Pflanzenschutzmittel liegt nach der TrinkwV 2001 für jeden Einzelwirkstoff bei 0,1 µg/l (in der Summe 0,5 µg/l). PSM werden vorrangig in der Landwirtschaft aber auch von Unternehmen, wie der Bahn zur Freihaltung der Gleise, von Gärtnereien und Privatpersonen eingesetzt. Herbizide haben hierbei eine große Bedeutung (siehe Kap.8.11).

Landesweite Auswertungen zur PSM-Belastung in Niedersachsen im Zeitraum 1989 bis 2013 können dem Themenbericht „Pflanzenschutzmittel – Wirkstoffe und Metaboliten im Grundwasser“ entnommen werden (NLWKN 2015 a).

Neben der Beeinflussung der Grundwassergüte unterliegt auch die Grundwassermenge dem Einfluss der Landwirtschaft. Veränderungen der Agrarstruktur (Zunahmen von Beregnungstätigkeiten zur Ertragsabsicherung, z. B. von Kartoffelflächen und Ausweitung von beregnungsintensivem Gemüsebau) können ebenso zur Beeinflussung der Grundwasserressourcen führen, wie beispielsweise Meliorationsmaßnahmen und Begradigungen von Oberflächengewässer.

## 3.1 Landwirtschaftliche Strukturen

Das Einzugsgebiet der Hunte ist landwirtschaftlich geprägt (Kap. 2.3). Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen stellen eine Belastungsquelle für das Grundwasser dar. Das Einzugsgebiet Hunte ist 2.635 km² groß. Der Anteil der landwirtschaftlichen genutzten Fläche (LF) daran beträgt mit 158.692 ha (Netto-Feldblockfläche 2013) rund 60 %. Die landwirtschaftlichen Betriebe bewirtschaften im Hunte-Gebiet durchschnittlich 60 ha LF. Der Viehbesatz liegt mit 1,7 Großvieheinheiten (GV) pro ha LF deutlich über dem durchschnittlichen Viehbesatz in Niedersachsen mit 1,12 GV pro ha LF (LSKN 2012). In den Geestgebieten des Betrachtungsgebietes ist die Veredelung die vorherrschende betriebliche Ausrichtung. Die Niederungsgebiete und Marschen werden durch den Futterbau geprägt. Aufgrund der fruchtbaren Lößböden im südlichen Bereich des Einzugsgebietes dominiert hier der Ackerbau (Abb. 27).

**Anbau**

Die Ermittlung der landwirtschaftlichen Anbauverhältnisse beruht auf der Datenbasis der Feldblockdaten 2013 (InVeKos-Daten 2013, SLA). Die Flächendaten werden dabei auf Ebene des Flusseinzugsgebietes Hunte zusammengefasst dargestellt (Abb. 30) bzw. auf Teilraum-Ebene regional differenziert betrachtet (Abb. 31).

Demnach weist das Flusseinzugsgebiet Hunte sehr große Unterschiede in der landwirtschaftlichen Struktur auf. Diese Heterogenität ist bedingt durch die regional sehr unterschiedliche Ertragsleistung der Böden (Abb. 18). Als Bewertungszahl für die Ertragsleistung des Bodens wird die Bodenzahl (BZ) verwendet.

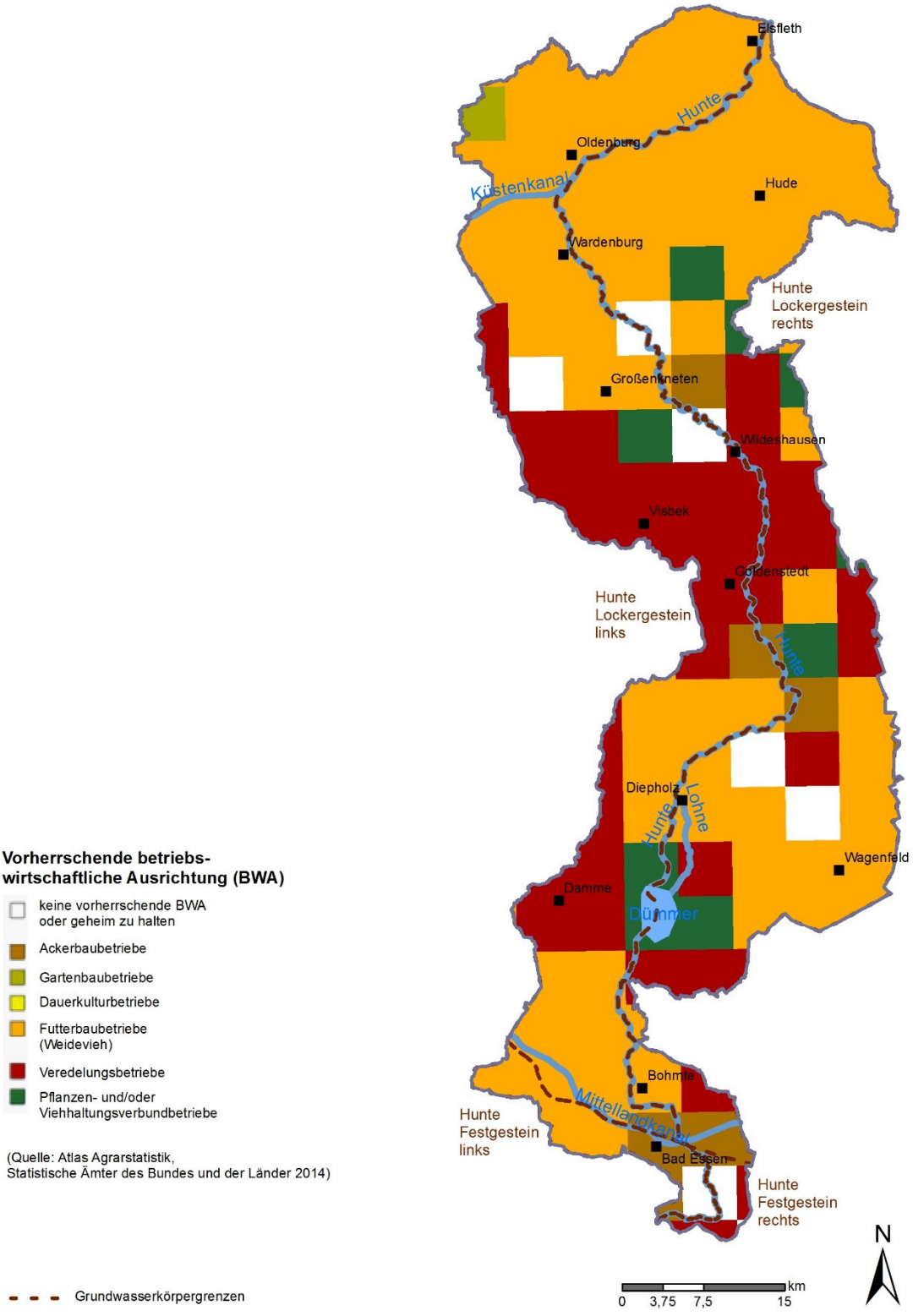



Abb. 27: Vorherrschende betriebliche Ausrichtung der Landwirtschaftlichen Betriebe.

Die BZ reicht von 0 (sehr niedrige Ertragsleistung) bis 100 (sehr hohe Ertragsleistung) und wird aus den Daten der Bodenschätzung abgeleitet. Die BZ innerhalb des Einzugsgebietes schwanken von 20 in den sandigen Gebieten der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest bis zu 70 auf den ertragreichen Lößböden im Bereich des Wiehengebirges bei Bad Essen. Im Wesentlichen herrschen BZ von 30 bis 40 vor.

Wesentlich sind auch die Grundwasserflurabstände, die in den Niederungsgebieten, Mooren und Marschen weniger als 1 m betragen können und nur eine Nutzung als Grünland zulassen (Abb. 28, Abb. 29) bzw. Ackerbau nur nach Meliorationsmaßnahmen ermöglichen.

Aufgrund der fruchtbaren Lößböden dominiert in den durch Festgestein geprägten Teilräumen „Wiehengebirge“, „Südliches Vorland des Wiehengebirges“ und „Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland“ der Ackerbau (Wintergetreide).

Im Einzugsgebiet Hunte nehmen Dauergrünland (28 %) und Mais mit 33 % die größten Anteile der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein (Abb. 30). Auch Wintergetreide besitzt mit 25 % einen hohen Stellenwert. Kartoffeln werden auf 5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche angebaut. Sonderkulturen wie Baumschulwaren stehen auf 2 % der Fläche.

Die unterschiedlichen Bodenverhältnisse in den Teilräumen spiegeln sich in den Anbauverhältnissen (Abb. 31) wider.



Abb. 28: Maisanbau.



Abb. 29: Grünland in der Unterweser Marsch.

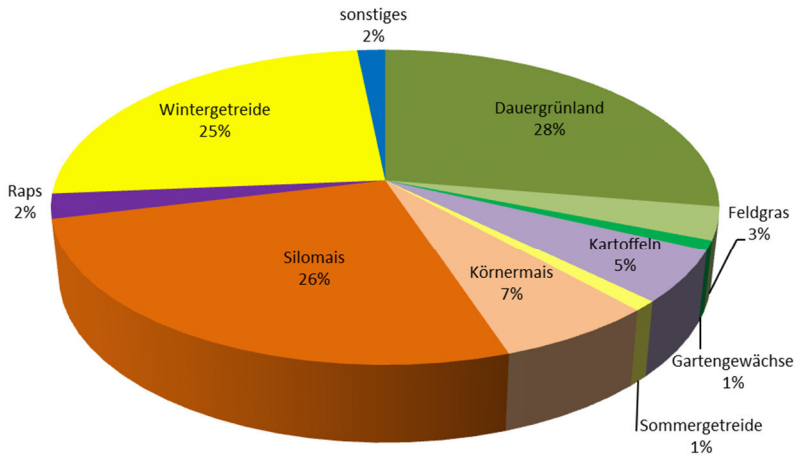



Abb. 30: Anbauverhältnisse im Einzugsgebiet der Hunte (Auswertung der InVeKos-Daten 2013).

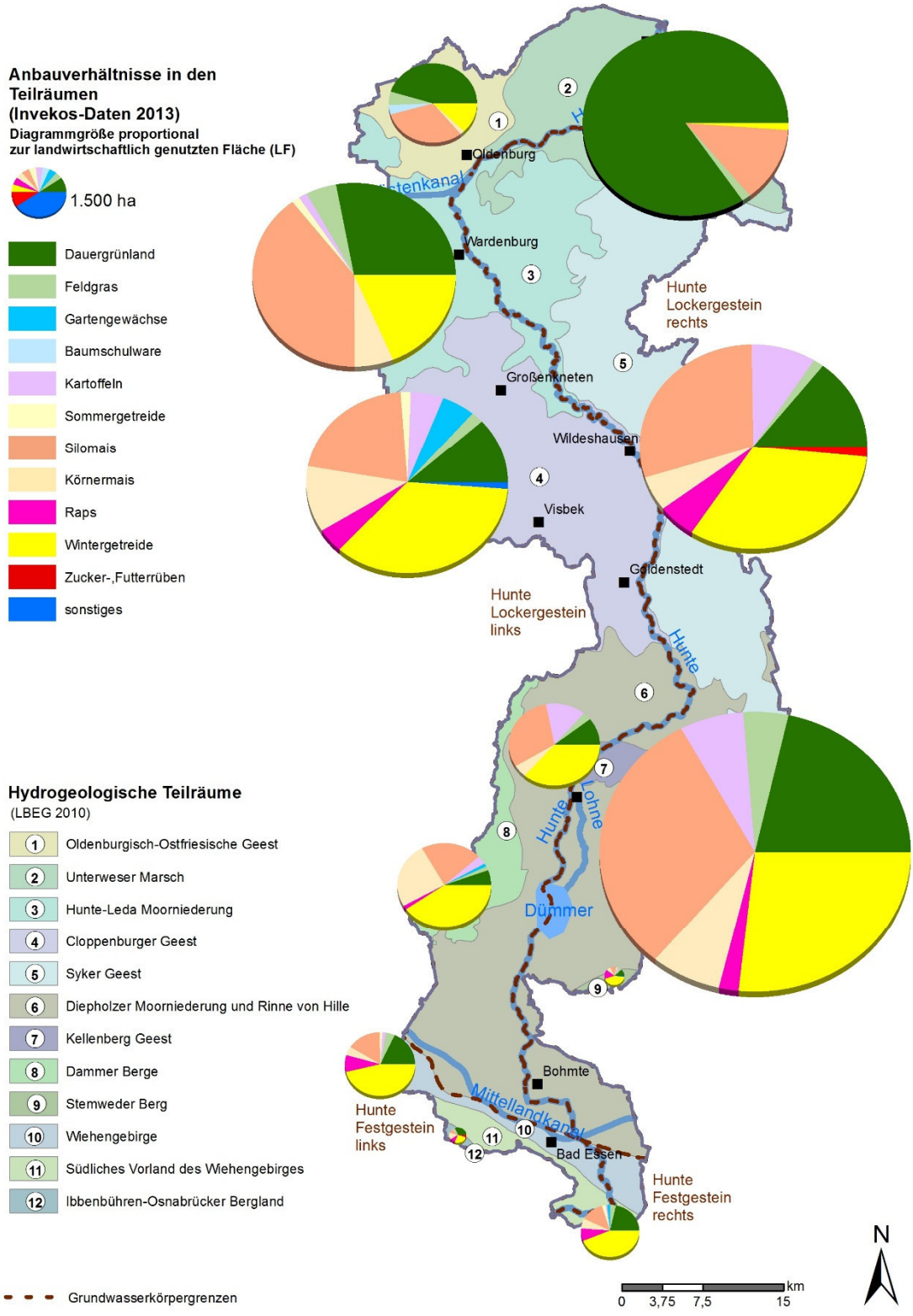



Abb. 31: Anbauverhältnisse im Jahr 2013 innerhalb der Teilräume des Hunte-Gebietes.

In der Abbildung (Abb. 31) sind die entsprechenden Diagramme proportional zum Umfang der landwirtschaftlichen Fläche dargestellt. Der Grünlandanteil ist insbesondere in der Unterweser Marsch sehr hoch. Auf den ackerfähigen Standorten wird hauptsächlich Silomais angebaut. In der durch grundwasserabhängige Böden geprägten Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest nimmt der Grünlandanteil ebenfalls einen hohen Stellenwert ein. In den übrigen durch Lockergestein geprägten Teilräumen dominiert der Ackerbau, wobei der Silomaisanbau einen hohen Stellenwert besitzt. In der Festgesteinsregion besitzt der Getreideanbau einen hohen Anteil.

**Tierhaltung**

Die Milchwirtschaft dominiert in dem durch Grünland geprägten Teilraum Unterweser Marsch. Insbesondere in den Geestgebieten des Hunte-Einzugsgebietes ist die Schweinemast ein prägender landwirtschaftlicher Produktionszweig.

Der Viehbesatz beträgt im Einzugsgebiet der Hunte 1,67 GV/ha LF. Für die Berechnung wurden Gemeindedaten der Landwirtschaftszählung 2010 (LSKN 2012) herangezogen. Innerhalb des Gebietes sind jedoch große regionale Unterschiede festzustellen. Der Viehbesatz variiert zwischen 0,4 GV/ha LF in der Gemeinde Hemsloh (LK Diepholz) und 3,41 GV/ha LF in der Gemeinde Damme (LK Vechta) (Abb. 32).

Die regionale Verteilung der Rinder- und Schweinehaltung kann den Auswertungen der Agrarstrukturerhebung 2010 der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder im Atlas Agrarstatistik entnommen werden (Abb. 33, Abb. 34).

Der von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen herausgegebene Nährstoffbericht 2015/2016 (LWK 2017) ermöglicht einen Überblick und eine Bilanzierung des Dung- und Gärrestanfalls sowie des Nährstoffanfalls auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte. Unter Einbeziehung des Nährstoffbedarfs der Pflanzen wird ein Nährstoffsaldo ausgewiesen.

Für die Landkreise und kreisfreien Städte innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes kann der Dung- und Nährstoffanfall aus der Tierhaltung der Tab. 5, der Gärrest- und Nährstoffanfall aus Biogasanlagen der Tab. 6 entnommen werden.

Der höchste Nährstoffanfall aus der Tierhaltung wird demnach in den Landkreisen Cloppenburg, Osnabrück und Vechta verzeichnet. Gärreste und die damit verbundenen Nährstoffe fallen vor allem in den Kreisen Cloppenburg, Diepholz, Oldenburg und Osnabrück an.

Tab. 5: Dung- und Nährstoffanfall aus der Tierhaltung auf Landkreisebene (LWK 2017). Berücksichtigt sind die Landkreise innerhalb des Einzugsgebietes der Hunte.

| Landkreis/Land | Summe Dung- und Nährstoffanfall aus Tierhaltung insgesamt | | |
|---|---|---|---|
| | Dunganfall [t] | Stickstoff [kg N] | Phosphor [kg $P_2O_5$] |
| Delmenhorst, Stadt | 67.223 | 339.247 | 147.042 |
| Oldenburg, Stadt | 53.395 | 270.033 | 112.779 |
| Ammerland | 1.255.918 | 6.617.391 | 2.949.130 |
| Cloppenburg | 3.978.996 | 23.856.139 | 14.974.381 |
| Diepholz | 2.294.269 | 12.814.568 | 6.962.274 |
| Oldenburg | 1.477.318 | 12.803.117 | 5.661.801 |
| Osnabrück | 3.184.252 | 283.393 | 10.324.063 |
| Vechta | 3.111.557 | 19.915.628 | 12.499.762 |
| Wesermarsch | 1.737.818 | 8.940.534 | 3.694.039 |
| **Niedersachsen** | **47.725.523** | **266.501.547** | **139.584.780** |

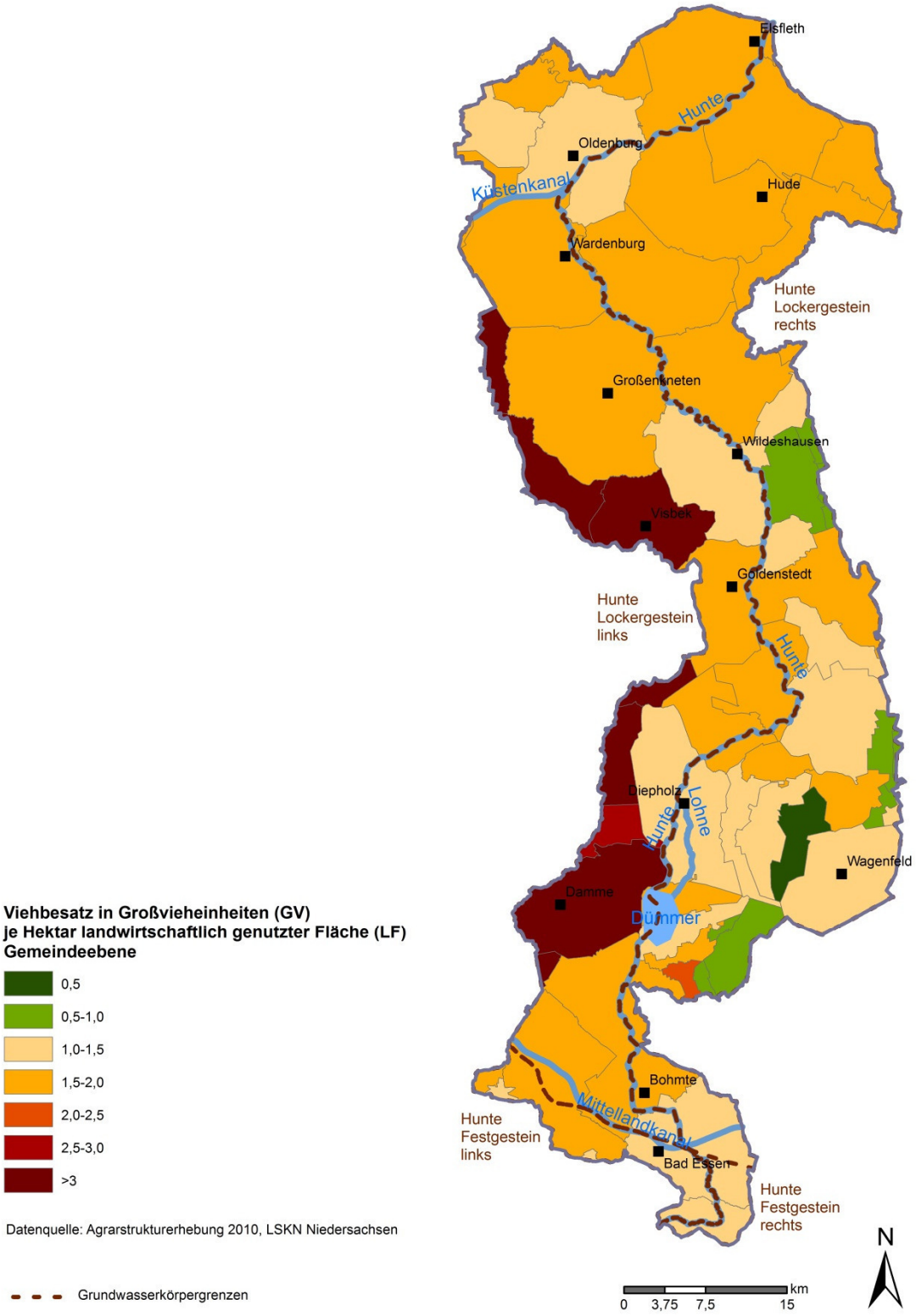



Abb. 32: Viehbesatz im Einzugsgebiet der Hunte.

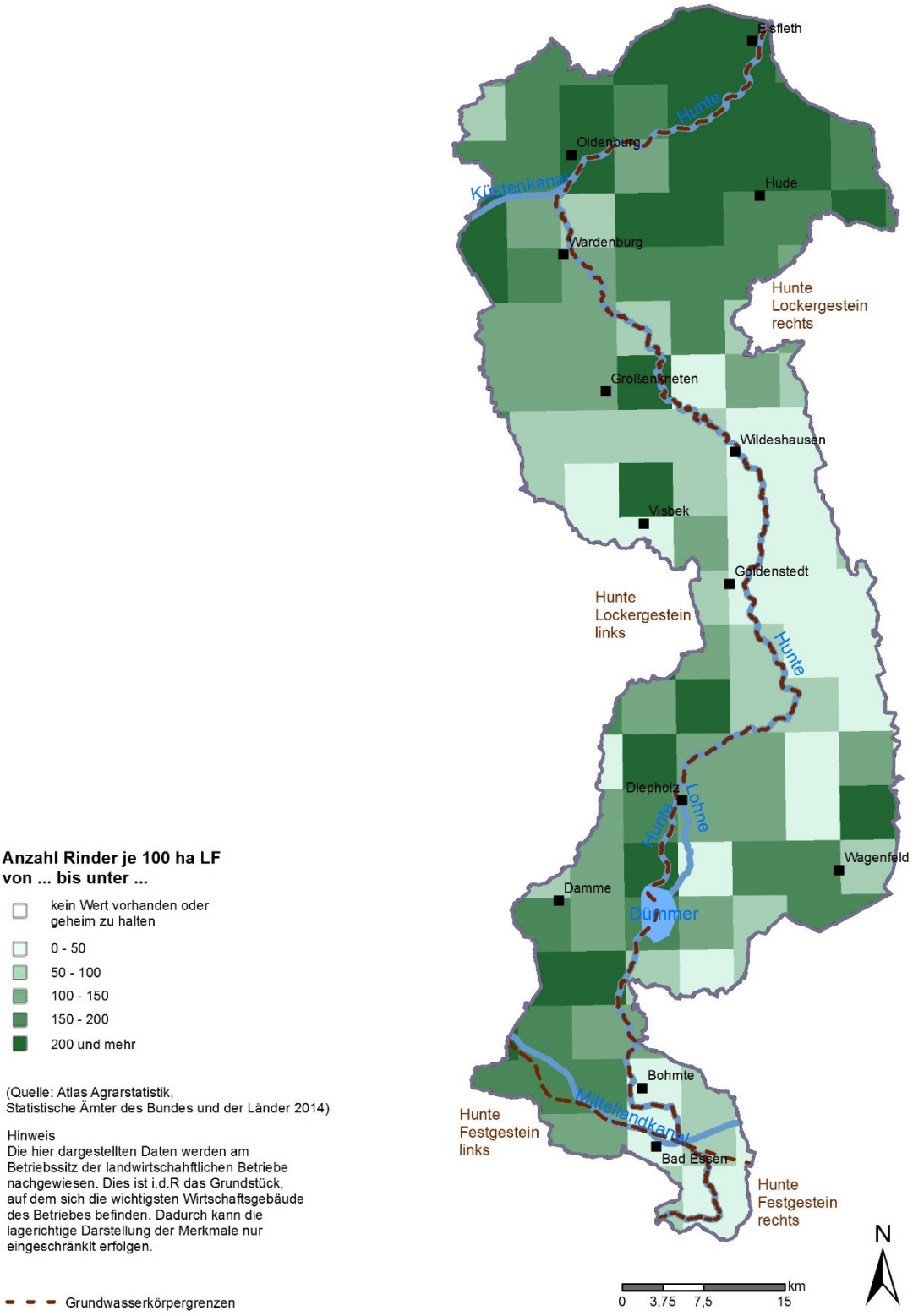



Abb. 33: Rinderhaltung im Einzugsgebiet der Hunte.

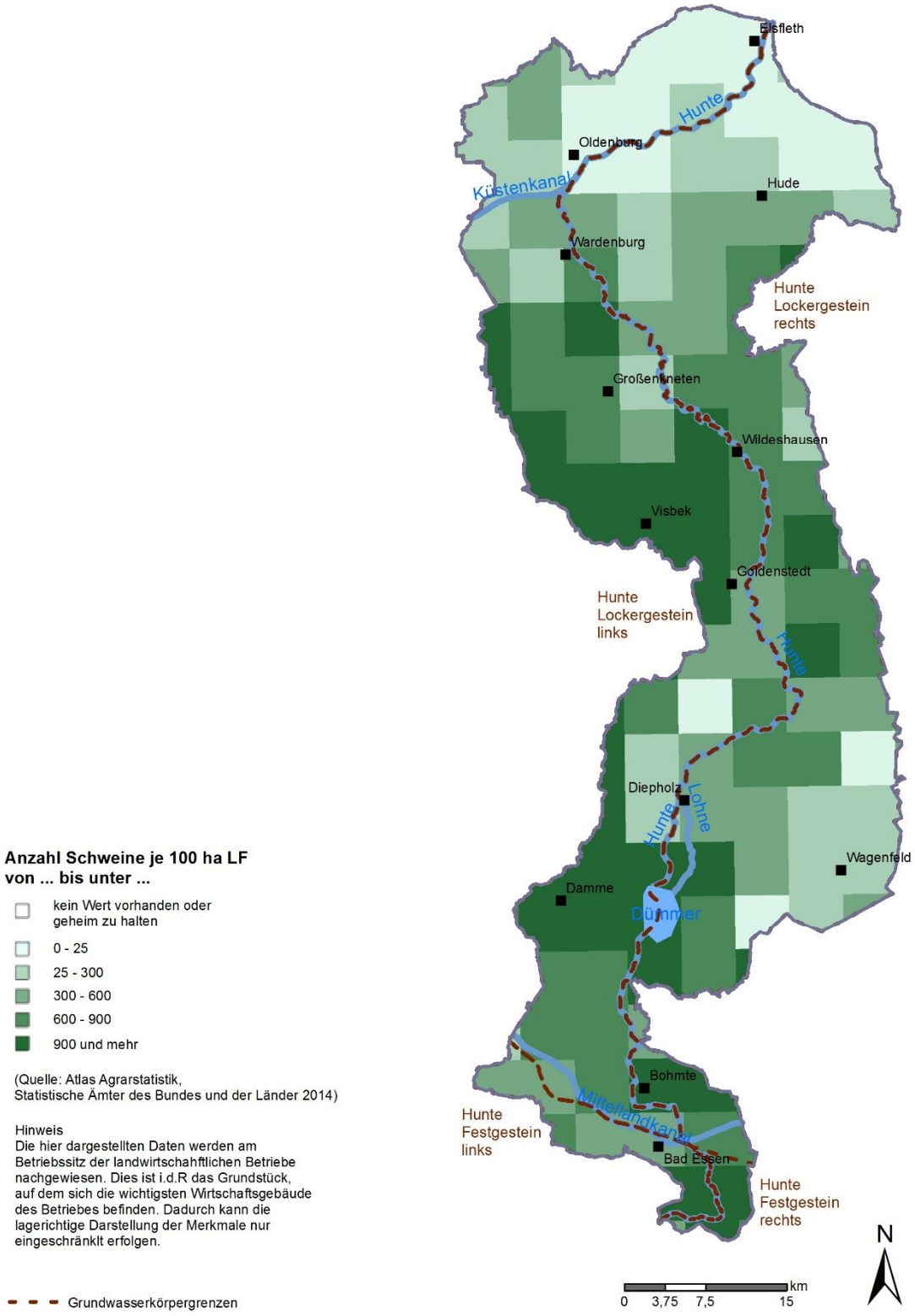



Abb. 34: Schweinehaltung im Einzugsgebiet der Hunte.

Tab. 6: Gärrest- und Nährstoffanfall aus Biogasanlagen einschließlich Koferment-Anlagen auf Landkreisebene (LWK 2017). Berücksichtigt sind die Landkreise und kreisfreien Städte innerhalb des Einzugsgebietes der Hunte.

| Landkreis/Land | Gärrest- und Nährstoffanfall aus Biogasanlagen insgesamt, einschließlich Koferment-Anlagen mit gemeldeten Gärrest | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Gärrestanfall | Stickstoff | $P_2O_5$ | N-Anteil tierischer Herkunft |
| | [t] | [kg] | [kg] | [%] |
| Delmenhorst,Stadt | 26.866 | 139.957 | 59.678 | 35 |
| Oldenburg,Stadt | 13.908 | 72.594 | 28.397 | 75 |
| Ammerland | 285.097 | 1.538.007 | 695.174 | 47 |
| Cloppenburg | 1.291.860 | 8.013.668 | 4.617.602 | 56 |
| Diepholz | 1.437.783 | 7.805.569 | 3.656.999 | 40 |
| Oldenburg | 810.987 | 5.100.047 | 2.860.497 | 55 |
| Osnabrück | 878.357 | 4.849.882 | 2.554.026 | 60 |
| Vechta | 449.353 | 3.080.180 | 1.824.836 | 61 |
| Wesermarsch | 119.729 | 661.065 | 298.033 | 50 |
| **Niedersachsen** | **18.665.001** | **109.943.327** | **56.515.783** | **50** |

Gemäß DüV (2017) ist die Düngemenge an den Nährstoffbedarf der Pflanzen anzupassen. Bei einem Einsatz von Wirtschaftsdüngern ist bei der Düngebedarfsermittlung Phosphor der erstbegrenzende Faktor (LWK 2017). In Bezug auf die DüV (2017) wird von einer bedarfsgerechten Düngung ausgegangen, wenn der Überschuss im Nährstoffvergleich über einen Zeitraum von sechs Jahren 10 kg $P_2O_5$ je Hektar und Jahr nicht überschreitet. Im Einzugsgebiet der Hunte wird diese düngerechtliche Vorgabe deutlich in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta und geringfügig im Landkreis Oldenburg überschritten (Tab. 7, Abb. 35).

Nach aktuellem Düngerecht (§ 6 (4) DüV) dürfen auf Betriebsebene aus organisch und organisch mineralischen Düngemitteln (nach Abzug von Stall- und Lagerungsverlusten) nicht mehr als 170 kg N je Hektar LF ausgebracht werden (LWK 2017). Im Einzugsgebiet der Hunte überschreiten die Landkreis Ammerland, Cloppenburg, Oldenburg und Vechta diese Obergrenze (Tab. 7), landesweit gesehen auch die LK Rotenburg sowie die Grafschaft Bentheim (Abb. 36).

Tab. 7: Phosphorsalden unter Berücksichtigung des zulässigen Phosphorüberschusses (10 kg $P_2O_5$/ha) im mehrjährigen Nährstoffvergleich (Überschreitung des zulässigen Phosphorsaldos) sowie Gesamtstickstoffanfall aus organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln, einschließlich Wirtschaftsdünger (DüV), bereinigt um gemeldete Aufnahmen und Abgaben sowie Importen und Exporten) (LWK 2017). Berücksichtigt sind die Landkreise innerhalb des Einzugsgebietes der Hunte.

| Landkreis/Land | **Phosphorsaldo einschließlich** 10 kg $P_2O_5$/ha (Überschreitung des zulässigen Phosphorsaldos) | | **Stickstoffanfall gemäß § 6 (4)** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | N-Obergrenze gemäß DüV |
| | [kg $P_2O_5$] | [kg/ha LF] | [kg N] | [kg N/ha] |
| Delmenhorst,Stadt | -43.490 | -16,6 | 411.837 | 156,4 |
| Oldenburg,Stadt | -93.770 | -32,5 | 314.511 | 108,0 |
| Ammerland | -81.186 | -1,9 | 7.565.190 | 179,4 |
| Cloppenburg | 3.382.929 | 35,7 | 19.834.946 | 203,3 |
| Diepholz | -12.801 | -0,1 | 19.406.844 | 151,2 |
| Oldenburg | 316.476 | 5,1 | 10.336.553 | 164,2 |
| Osnabrück | 578.757 | 5,0 | 18.664.342 | 159,4 |
| Vechta | 1.694.223 | 26,4 | 11.805.083 | 177,1 |
| Wesermarsch | -1.160.041 | -20,4 | 9.220.497 | 161,8 |
| **Niedersachsen** | **-44.312.631** | **-17,3** | **318.977.896** | **123,1** |

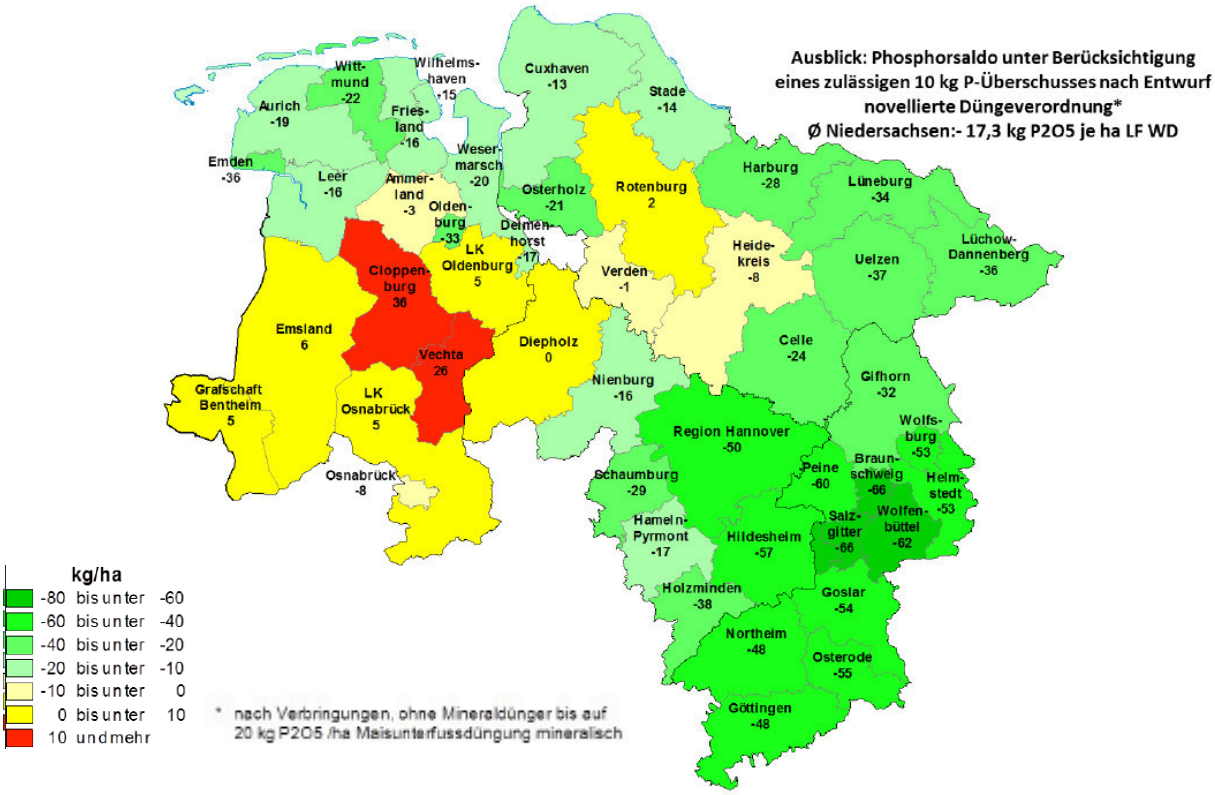



Abb. 35: Phosphorsalden der Landkreise und kreisfreien Städte unter Berücksichtigung der „10 kg-Regelung“ gemäß §9 (3) DüV 2017 (LWK 2017).

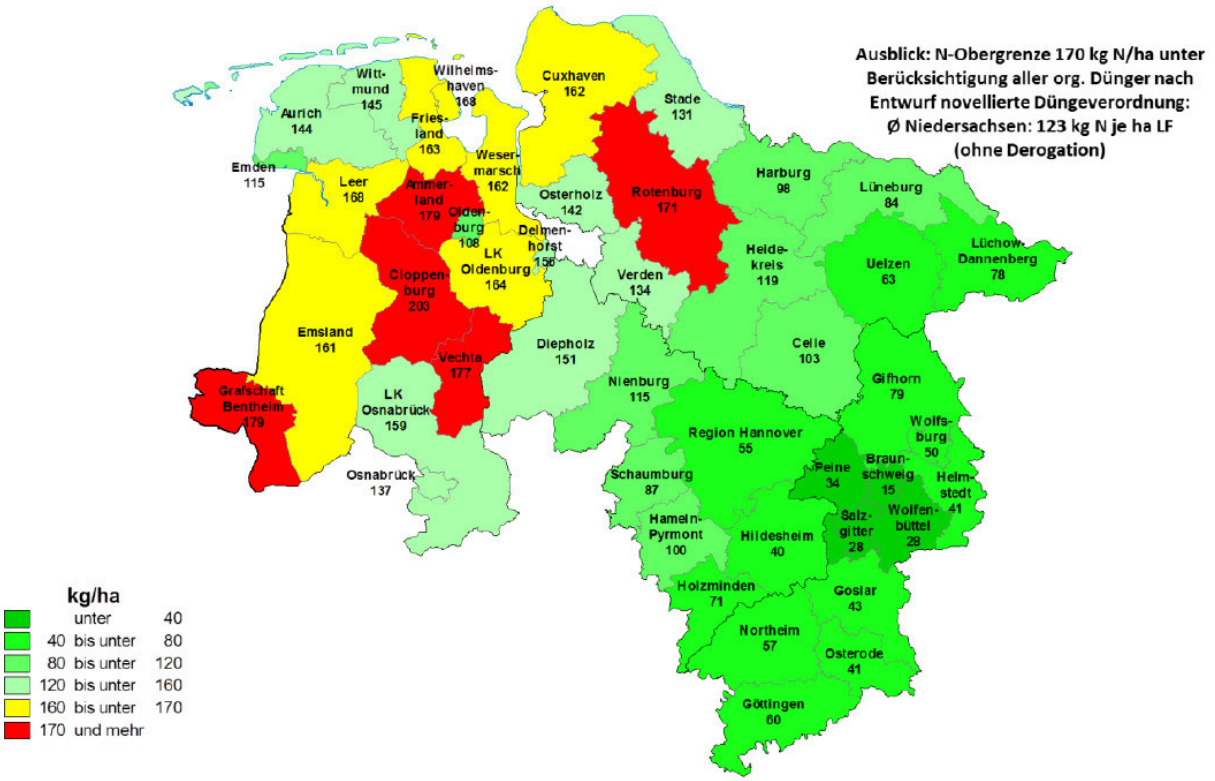



Abb. 36: Stickstoffanfall gemäß novellierter DüV 2017 (Stickstoffobergrenze 170 kg N/ha) auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte (LWK 2017).

Aufgrund des Phosphorsaldos als erstbegrenzenden Faktor besteht für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Gärresten innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes ein deutlicher Flächenbedarf (Tab. 8). Lediglich für die Stadtgebiete Oldenburg und Delmenhorst sowie für die Wesermarsch sind noch Flächen für die Ausbringung verfügbar.

Tab. 8: Flächenbedarf auf Basis des Phosphatsaldos auf Landkreisebene (LWK 2017). Berücksichtigt sind die Landkreise innerhalb des Einzugsgebietes der Hunte.

| **Landkreis/Land** | **Resultierender Flächenbedarf (+) bzw. noch verfügbare Fläche (-) unter Berücksichtigung des zulässigen Phosphorüberschusses von 10 kg $P_2O_5$ nach DüV (§9 (3)** | |
|---|---|---|
| | **Phosphorsaldo** | **Flächenbedarf (+) noch verfügbar (-)** |
| | **[kg $P_2O_5$]** | **[ha]** |
| Delmenhorst, Stadt | -43.490 | -517 |
| Oldenburg, Stadt | -93.770 | -1.212 |
| Ammerland | -110.562 | -1.336 |
| Cloppenburg | 3.382.929 | 42.145 |
| Diepholz | -12.801 | -158 |
| Oldenburg | 316.476 | 3.889 |
| Osnabrück | 578.757 | 7.153 |
| Vechta | 1.694.223 | 21.375 |
| Wesermarsch | -1.160.041 | -13.238 |
| **Niedersachsen** | **-44.312.631** | **-540.444** |

## 3.2 Biogas und Flächennutzung

Ein energiepolitisches Ziel Deutschlands ist es, im Jahre 2050 ca. 80 % des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien zu decken (BMWi 2014). Durch das seit dem Jahr 2000 bestehende Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) soll eine entsprechende Entwicklung vorangetrieben werden, um diese Vorgaben erreichen zu können. Die EEG-Novelle 2004 (NawaRo-Bonus) und die EEG-Neuregelung von 2009 führten zu einem starken Anstieg der Anlagendichte. Die zusätzlichen Vergütungsansprüche für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen sowie für den Einsatz von Gülle („Gülle-Bonus“) und für die Wärmenutzung machte die Biogaserzeugung zu einem wichtigen Standbein der landwirtschaftlichen Produktion. Durch den Landschaftspflegebonus wurde der Einsatz von Landschaftspflegematerial und -gras (z.B. Schnittgut von Streuobstwiesen) vergütet. In Niedersachsen hat sich im Zeitraum von 2001 bis 2013 die Zahl der Biogasanlagen von 148 auf 1546 mehr als verzehnfacht (Abb. 37).

Die Politik reagiert mit dem EEG 2012 auf die zunehmend kritische Diskussion um die Biogaserzeugung. Insbesondere sollen die negativen Folgen zunehmender Flächenkonkurrenz auf Grund der erhöhten Maisnutzung für energetische Zwecke begrenzt werden (BMELV 2012). Zunehmend wurde die Erzeugung von Gärsubstraten als Konkurrenz zur Lebens- und Futtermittelproduktion gesehen. Daher stärkt das EEG 2012 den Einsatz von Reststoffen aus der Landwirtschaft (Gülle, Mist), Landschaftspflegematerial, Waldrestholz und Gehölze aus Kurzumtriebsplantagen. Die NawaRo-, Gülle- und Landschaftspflegeboni wurden durch die Einsatzstoffvergütungsklassen I und II der Biomasseverordnung ersetzt. Die Vergütung des erzeugten Stroms war dabei abhängig von den nach Einsatzstoffvergütungsklassen eingesetzten Stoffen. Mais, Grünroggen und Gras waren der Vergütungsklasse I zugeordnet. Gülle, Mist, Landschaftspflegematerial usw. gehörten zur Einsatzstoffklasse II. Mit der höheren Vergütung gegenüber der Einsatzstoffklasse I sollte ein Anreiz zur Verwendung dieser Einsatzstoffe gegeben werden (BMELV 2012).

Mit der Absenkung der Vergütung für Stoffe der Vergütungsklasse I soll der übermäßigen Mais- und Getreidekornverwendung entgegengetreten werden.

Der Gesamt-Anteil an Maissilage, Getreidekorn, Corn-Cob-Mix (CCM) und Lieschkolbensilage (LKS) wurde dabei auf 60 Masseprozent in einer Biogasanlage begrenzt.

Das am 01.08.2014 in Kraft getretene EEG 2014 hat unter anderem die Steuerung des Anlagenzubaus zum Ziel (3N Kompetenzzentrum 2014). Insbesondere die Kosteneffizienz der Energiewende wurde in den Mittelpunkt gestellt (BMEL 2014). In der neuen Fassung entfällt der Technologiebonus für die Gasaufbereitung, neue Regelungen bzgl. der Höchstbemessungsleistung sind wirksam. Die Einsatzstoffvergütungsklassen I und II entfallen, sodass eine spezielle Förderung der Biogasproduktion aus Energiepflanzen entfällt (3N Kompetenzzentrum 2014). Ziel ist es, den Biogasanlagenzubau auf Abfall- und Reststoffe zu begrenzen (BMEL 2014).

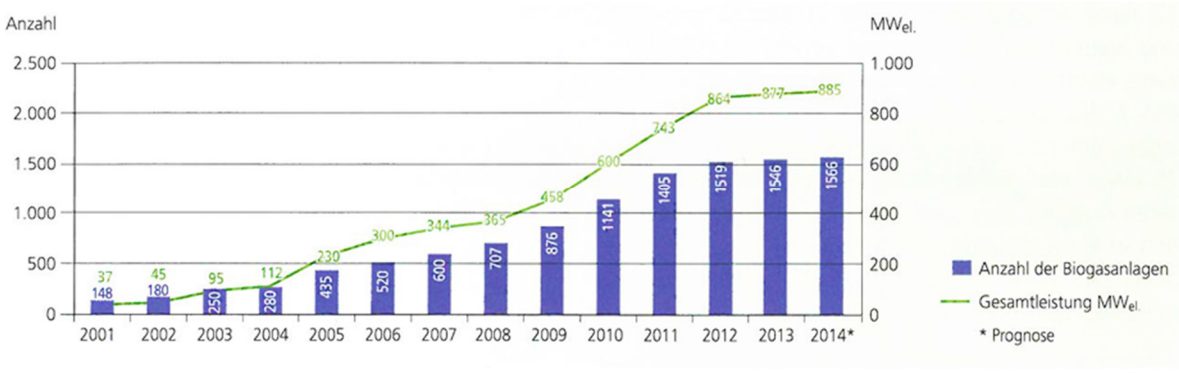



Abb. 37: Anzahl und installierte Leistung der Biogasanlagen in Niedersachsen, Stand 12/2013, (3N Kompetenzzentrum 2014).

Die regionale Verteilung der Biogasanlagen in Niedersachsen ist sehr unterschiedlich. Als Schwerpunktgebiete der Biogaserzeugung können anhand der Anlagenzahlen von Dezember 2013 (Abb. 38) die Landkreise Emsland (155 Anlagen), Rotenburg/Wümme (144), Cloppenburg (116) sowie Diepholz (110) benannt werden (3N-Kompetenzzentrum 2014).

Die Landkreise Diepholz und Oldenburg nehmen mit einem Anteil von 32 % bzw. 27 % den größten Flächenumfang im Einzugsgebiet Hunte ein. Bezogen auf die Anzahl der Biogasanlagen rangieren diese Landkreise landesweit an vierter Stelle (LK Diepholz 111 Anlagen) bzw. an fünfter Stelle (LK Oldenburg 79 Anlagen). Ein regionaler Vergleich von Landnutzung und Biogasanlagenzahl lässt sich durch die Angabe von installierter Leistung je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche herstellen (3N Kompetenzzentrum 2014). Auch in Bezug auf diese Kennzahl weisen die Landkreise Diepholz (0,53 kWel/ha LF) und Oldenburg (0,52 kWel/ha LF) hohe Werte im landesweiten Vergleich (0,31 kWel/ha LF) auf (3N-Kompetenzzentrum 2014).

In der Gesamtschau sind mit Stand 2015 innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes 148 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 87.137 kWel im Betrieb. Durchschnittlich haben die Anlagen eine Leistung von 589 kWel (Abb. 40, Tab. 9). Die Erzeugung der elektrischen Leistung pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche ist mit 0,53 kWel/ha LF im landesweiten Vergleich sehr hoch. Für das Betreiben einer 500 kW-NaWaRo-Anlage (Abb. 39) ist rechnerisch ein Flächenbedarf von etwa 180 ha notwendig. Dabei wird vorausgesetzt, dass für das Verbringen des Gärrestes genau so viel Fläche veranschlagt wird wie für den Anbau des Gärsubstrates (z.B. Silomais). Gerechnet wird dabei mit einem Flächenanteil von 0,36 ha pro Kilowattstunde (LWK 2013).

Bei Berücksichtigung der Faustzahlen besteht im Bereich Hunte ein Flächenbedarf von 31.369 ha für das Ausbringen der Gärreste.

Somit stehen 19 % der Gesamt-LF des Gebietes für die Verbringung anderer Wirtschaftsdünger nicht zur Verfügung.

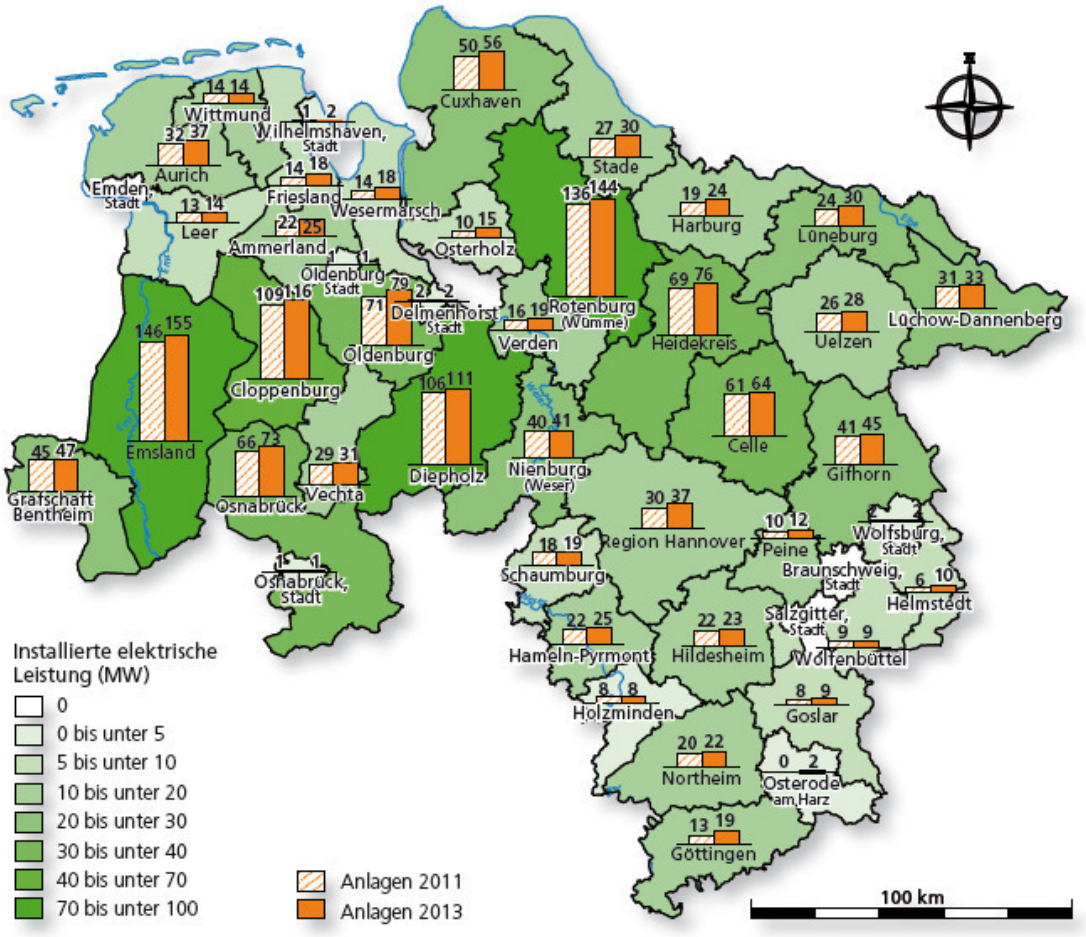



Abb. 38: Anzahl und installierte Leistung der Biogasanlagen in Niedersachsen 2011 und 2013 (3N-Kompetenzzentrum 2014).



Abb. 39: NawaRo-Biogasanlage.

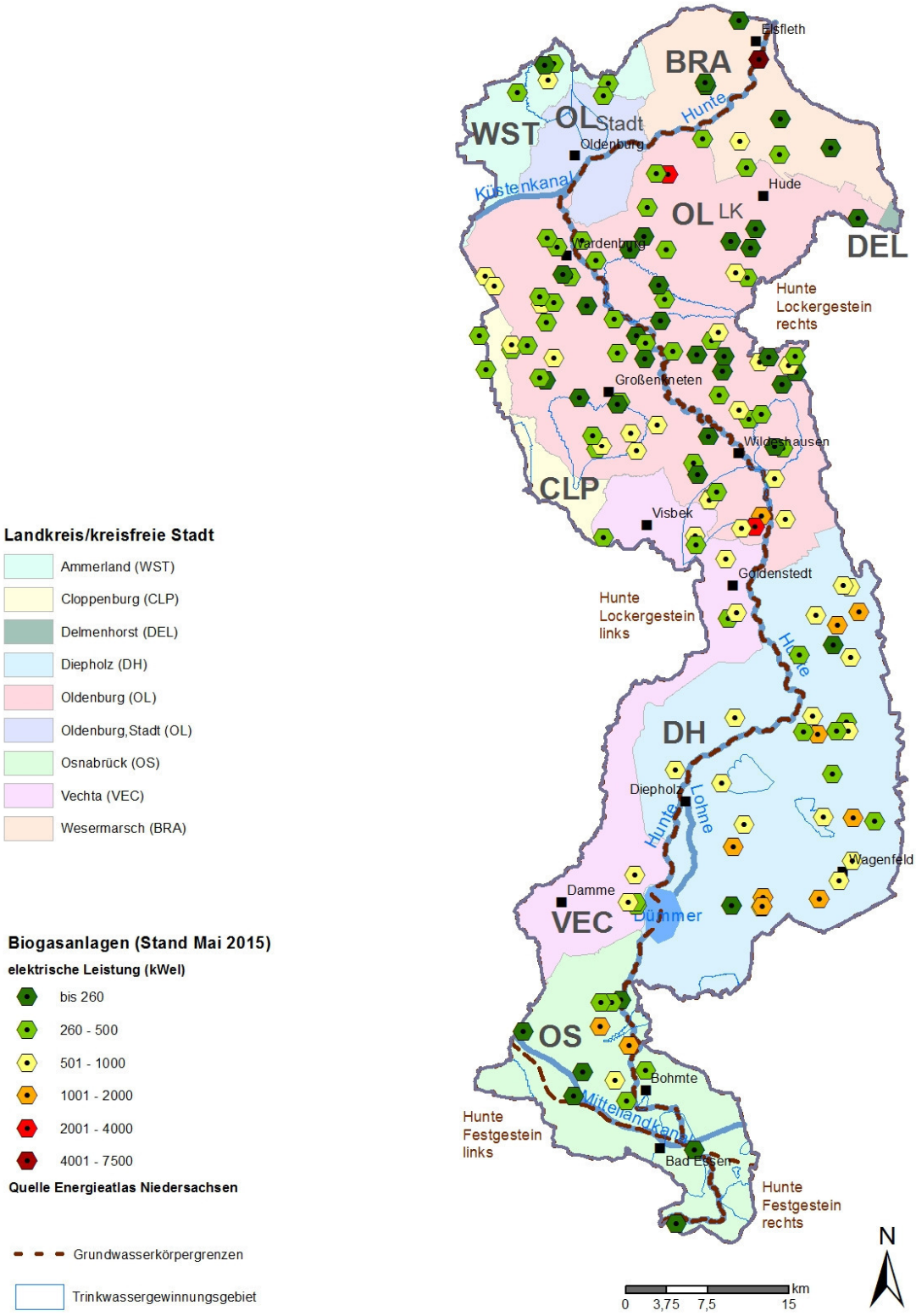



Abb. 40: Verteilung der Biogasanlagen im Hunte-Einzugsgebiet.

Tab. 9: Anzahl und Leistung der Biogasanlagen, zusammengefasst auf Anteile der Landkreise innerhalb des Einzugsgebietes der Hunte (berechnet nach Energieatlas Niedersachsen 2015).

| Landkreis | Anzahl | Leistung [kWel] |
|---|---|---|
| Ammerland | 5 | 2.392 |
| Cloppenburg | 2 | 869 |
| Diepholz | 30 | 23.911 |
| Oldenburg | 78 | 38.580 |
| Osnabrück | 13 | 35.830 |
| Vechta | 10 | 5.324 |
| Wesermarsch | 9 | 9.861 |
| Stadt Delmenhorst | 0 | 0 |
| Stadt Oldenburg | 1 | 370 |
| Gesamtsumme | 148 | 87.137 |

Der Betrieb von Biogasanlagen bringt neue Anbauverhältnisse und Stoffströme in der Landwirtschaft mit sich. Diese sind insbesondere geprägt durch einen verstärkten Silomaisanbau sowie durch eine Zunahme an Wirtschaftsdüngern (Gärreste) aus pflanzlichen Substraten. Insbesondere in den Niederungsgebieten südlich von Oldenburg und der Diepholzer Moorniederung kann seit 1995 ein deutlicher Anstieg des Silomaisanbaus von bis zu 20 % und örtlich sogar über 30 % festgestellt werden (Abb. 41).

Gärreste aus pflanzlichen Substraten (z.B. Silomais als Gärsubstrat) fallen zusätzlich zum normalen Wirtschaftsdüngeraufkommen an. Bis 2017 galt in der DüV die Begrenzung für die Aufbringung von Stickstoff von 170 kg N pro Hektar und Jahr nur für Wirtschaftsdünger tierischen Ursprungs (Kap.3).

Silomais kann bei der derzeit gängigen Düngungspraxis deutlich höhere Nitratausträge in das Grundwasser verursachen, als dies vergleichsweise im Getreideanbau der Fall ist. Eine Ausweitung der Maisanbaufläche (Abb. 43, Abb. 44) ist bzw. war zudem oft mit einem Umbruch von Grünlandflächen verbunden (Abb. 41, Abb. 42). Nach Grünlandumbrüchen muss jahrelang mit hohen Mineralisationsraten gerechnet werden, die hohe Nitrataustragsraten nach sich ziehen. Nach Literaturangaben (Gäth et al. 1999, Frede & Dabbert 1998, Höper 2009, von Buttlar 2009, alle zitiert in NLWKN 2015 b) werden in den ersten fünf Jahren nach einem Grünlandumbruch ca. 500 kg N/ha und Jahr mineralisiert. Insbesondere in der Diepholzer Moorniederung ist es seit 1995 zu einer Abnahme des Grünlandes um bis zu 33 % gekommen.
Problematisch ist auch der Silomaisanbau auf Standorten mit hohen Humusgehalten zu sehen. Aufgrund der erhöhten Stickstoffnachlieferung organischer Böden ist hier eine angepasste Stickstoffdüngung von besonderer Wichtigkeit.

Der zunehmende bzw. hohe Anteil Silomais hat nicht nur Auswirkungen auf das Grundwasser; sondern zunehmend auch auf die ökologische Vielfalt der Natur („Vermaisung“).

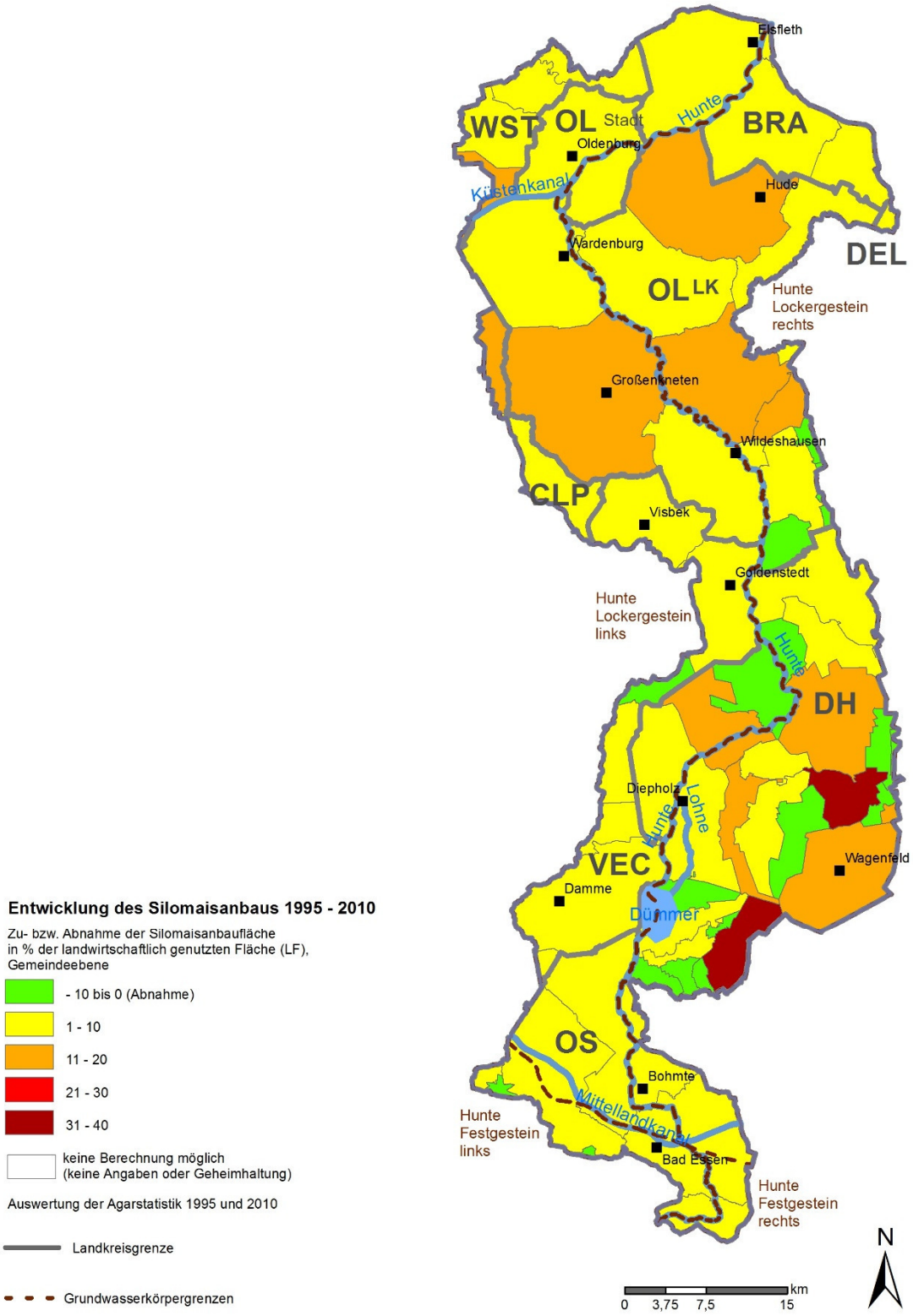



Abb. 41: Zunahme des Silomaisanbaus im Einzugsgebiet der Hunte.

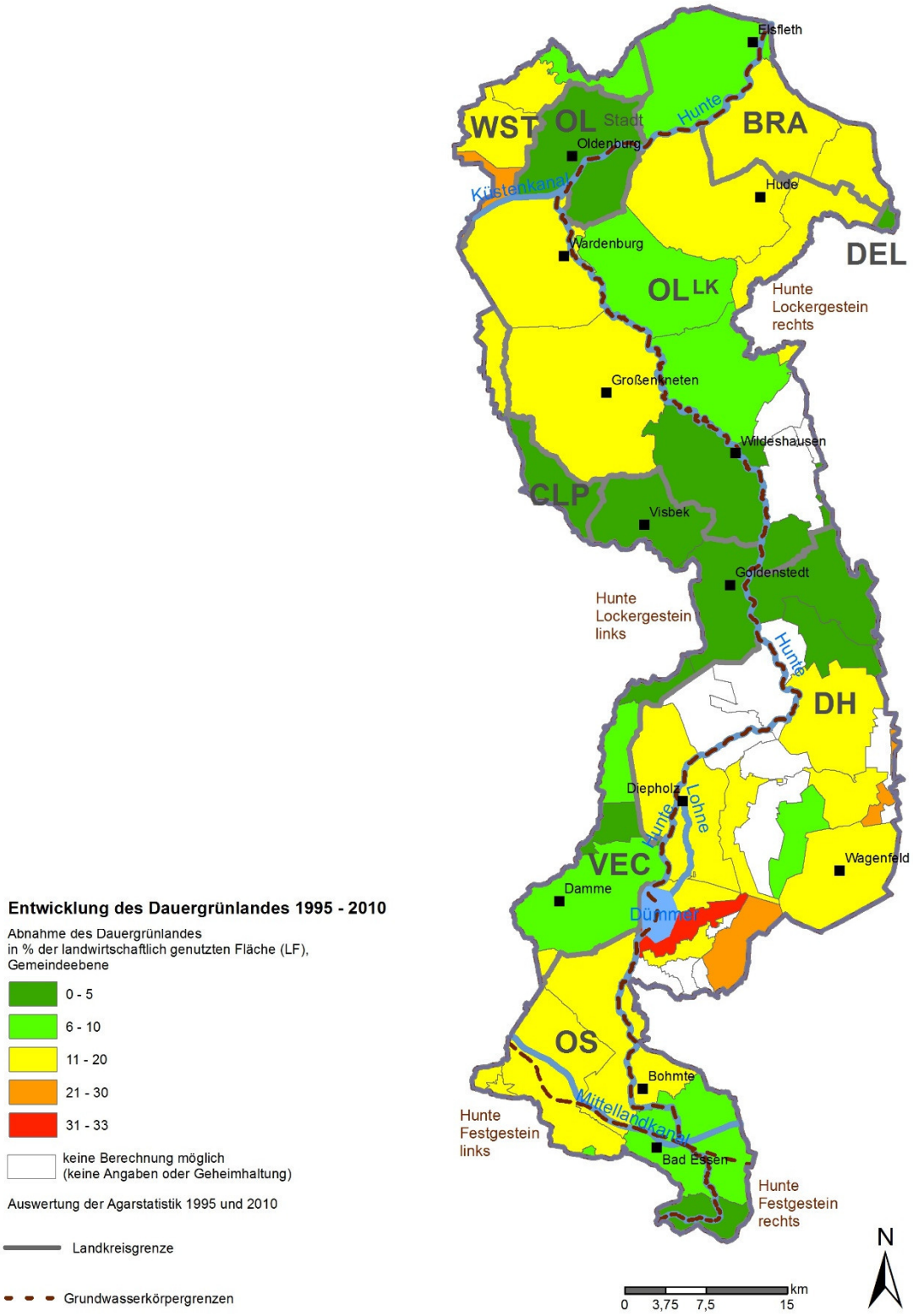



Abb. 42: Abnahme der Grünlandflächen im Einzugsgebiet der Hunte,



Abb. 43: Maisanbau auf Grünlandstandorten.



Abb. 44: Maisanbau auf ehemaligen Torfabbauflächen.

**Kurzinformation: Kap. 3 Agrarwirtschaftliche Rahmenbedingungen**

- Der Viehbesatz im Gebiet beträgt durchschnittlich 1.67 GV/ha LF
- Dauergrünland (27 %), Silomais (26 %) und Wintergetreide (24 %) nehmen die größten Anteile der landwirtschaftlich genutzten Fläche ein.
- In den durch Dauergrünland geprägten Niederungsgebieten herrscht die Rinderhaltung vor. Die Geest wird durch Schweinehaltung dominiert.
- 148 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von insgesamt 87.137 kWel bestehen im Hunte-Gebiet.
- Fast flächendeckend ist der Silomaisanbau im Hunte-Einzugsgebiet seit 1995 um 10 bis 20 % angestiegen.
- Der Umfang des Dauergrünlandes hat seit 1995 insbesondere in den Niederungsgebieten um bis zu 20 % abgenommen.

# 4 Grundwasserschutz

Ein allgemeines Ziel des Grundwasserschutzes ist es, das Grundwasser in weitgehend natürlicher Beschaffenheit für zukünftige Generationen zu bewahren. Die rechtliche Grundlage dafür bildet das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 01. März 2010, dass durch das zeitgleich in Kraft getretene Niedersächsische Wassergesetz (NWG) konkretisiert und ergänzt wird (NLWKN 2012). Durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung sollen die Gewässer, oberirdische Gewässer, Küsten- und Übergangsgewässer und Grundwasser, als Bestandteil des Naturhaushaltes, als Lebensgrundlage des Menschen und als Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie als nutzbares Gut geschützt werden.

Die Einführung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) im Dezember 2000 mit dem Ziel, einen Beitrag für eine koordinierende, umfassende und transparente Wasserpolitik in der Europäischen Gemeinschaft zu leisten, ist für den Gewässerschutz von zentraler Bedeutung. Eine Vielzahl wasserrechtlicher Regelungen sind zu einem Ordnungsrahmen zusammengefasst und über die EG-Tochterrichtlinien „Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Grundwasserrichtlinie)“ bzw. “Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik (Umweltqualitätsnormenrichtlinie)“ hinsichtlich Grund- und Oberflächengewässerbelange konkretisiert worden. Durch Änderung des WHG wurde die EG-WRRL in deutsches Recht umgesetzt. In der Grundwasserverordnung (GrwV) und Oberflächengewässerverordnung (OGewV) werden Anforderungen zum Schutz der Gewässer geregelt und die Vorgaben der oben genannten Tochterrichtlinien in deutsches Recht umgesetzt.

## 4.1 Landesweiter Grundwasserschutz gemäß EG-WRRL

Mit Inkrafttreten der EG-WRRL am 22.12.2000 wurde eine Vielzahl wasserrechtliche Einzelvorschriften in einer Richtlinie zusammengefasst. Der Geltungsbereich umfasst Fließgewässer, Seen, Küsten- und Übergangsgewässer und das Grundwasser. Die WRRL bietet die Grundlage für ein gemeinsames wasserwirtschaftliches Handeln. Als Zielsetzung beinhaltet die WRRL die Erreichung eines guten Gewässerzustandes aller oberirdischen Gewässer und des Grundwassers. Der gute chemische und gute mengenmäßige Zustand ist als Ziel für das Grundwasser definiert. Die Vorgaben der WRRL werden durch sogenannte Tochterrichtlinien weiter konkretisiert. Die Richtlinie zum Schutz des Grundwassers (2006/118/EG) benennt nähere Vorgaben für das Grundwasser (NLWKN 2012). Auf Grundlage des WHG konkretisiert die GrwV die Vorgaben aus der WRRL und der Richtlinie zum Schutz des Grundwassers.

Um die Ziele der WRRL zu erreichen, ist es notwendig die Schadstoffeinträge in das Grundwasser zu begrenzen und dort wo es möglich ist, zu verhindern. Ebenfalls zu verhindern ist eine etwaige Verschlechterung des Grundwasserzustandes. Sollten steigende Belastungstrends nachgewiesen werden, sind diese umzukehren (Trendumkehr). Ziel ist es, den guten mengenmäßigen und chemischen Zustand bis 2015, aber spätestens bis 2027 zu erreichen.

Zur Bewertung des guten chemischen Zustandes eines GWK sind Schwellenwerte für Nitrat (50 mg/l), Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und relevante Abbauprodukte (Einzelwirkstoff 0,1 µg/l, Summe 0,5 µg/l), für die Schwermetalle Arsen (10 µg/l), Cadmium (0,5 µg/l), Blei (10 µg/l), Quecksilber (0,2 µg/l) sowie für Ammonium (0,5 mg/l), Sulfat (240 mg/l), Chlorid (250 mg/l) und die Kohlenwasserstoffe (Summe Trichlorethylen und Tetrachlorethylen,10 µg/l) festgelegt worden. Seit der Novellierung der GrwV im Jahr 2017 sind auch für die Stoffe Nitrit (0,5 mg/l) und ortho-Phosphat (0,5 mg/l) Schwellenwerte festgelegt. Der Schwellenwert für Sulfat ist auf 250 mg/l geändert worden. Grundlage der Bewertung sind

die Messergebnisse des WRRL-Überblicksmessnetzes sowie zusätzlich für den Parameter Nitrat die Abschätzung der Nitrat-Emission.

Der chemische Zustand ist gut, wenn die festgelegten Schwellenwerte an den Messstellen eingehalten werden. Eine anthropogene Ursache für Schadstoffeinträge muss ausgeschlossen werden können. Daneben darf durch das Grundwasser keine Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustandes der Oberflächengewässer hervorgerufen werden. Grundwasserabhängige Landökosysteme dürfen nicht durch Grundwasserbelastungen geschädigt werden.

Ein „guter mengenmäßiger Zustand“ im Grundwasser liegt vor, wenn keine Übernutzung des Grundwassers stattfindet. Grundwasserentnahmen dürfen das nutzbare Grundwasserdargebot nicht überschreiten. Durch menschliche Tätigkeiten hervorgerufene Änderungen des Grundwasserstandes dürfen nicht dazu führen, dass mit dem Grundwasser in Verbindung stehende Oberflächengewässer beeinträchtigt oder von Grundwasser abhängige Landökosysteme geschädigt werden. Ein Zustrom von Salzwasser oder anderer Intrusionen muss ausgeschlossen sein.

Die Aufstellung eines Bewirtschaftungsplans (Kap. 4.1.2) als Umsetzungs- und Kontrollinstrument ist das zentrale Element bei der Umsetzung der WRRL. Planungsebene ist die jeweilige Flussgebietseinheit. Für das Hunte-Gebiet ist dies die Flussgebietseinheit Weser. Neben einer Beschreibung der Flussgebietseinheit zeigt der Bewirtschaftungsplan u. a. die Belastungen im Gebiet auf und stellt die Ergebnisse der Zustandsbewertung vor. Bewirtschaftungsziele werden formuliert und es wird eine Analyse zur Wassernutzung durchgeführt.

Zur Überwachung des chemischen und mengenmäßigen Zustandes dienen spezielle Überwachungsprogramme (Monitoringprogramme).

Mit Hilfe des Überblicksmessnetzes wird der chemische und mengenmäßige Zustand in den GWK überwacht. Durch das operative Messnetz werden die im schlechten chemischen Zustand befindlichen GWK jährlich ein weiteres Mal hinsichtlich ihrer Schadstoffbelastung überprüft (NLWKN 2012).

Auf Grundlage der festgestellten Belastungen und der Zustandsbewertung werden Maßnahmenprogramme (Kap. 4.1.2) mit dem Ziel, einen guten Gewässerzustand zu erreichen, aufgestellt. Diese Programme beinhalten neben grundlegenden Maßnahmen zusätzliche, sogenannte „ergänzende“ Maßnahmen,

Mit „grundlegenden Maßnahmen“ sollen die zu erfüllenden Mindestanforderungen durch die Umsetzung der Rechtsvorschriften eingehalten werden. Die Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung stellt dabei eine wichtige Größe dar. Zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben werden ergänzende Maßnahmen angeboten, die sich aus Agrarumweltmaßnahmen und einer Beratung für Landwirte zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz zusammensetzen.

### 4.1.1 Zustandsbewertung nach EG-WRRL

Alle Grundwasserkörper in Niedersachsen sind erstmalig 2009 hinsichtlich ihres mengenmäßigen und chemischen Zustandes bewertet worden. Eine Aktualisierung der Bewertung erfolgt gem. Richtlinie alle 6 Jahre und liegt aktuell für 2015 vor. Die nachfolgenden Angaben über die Zustandsbewertung (Kap. 4.1.1) und die Bewirtschaftungsmaßnahmen (Kap. 4.1.2) nach WRRL basieren auf dem Bewirtschaftungsplan 2015 (MU 2015 a).
Hauptinstrument der mengenmäßigen Bewertung der Grundwasserkörper ist die Ganglinienauswertung nach dem Grimm-Strele Verfahren (NLWKN 2013 a). Für ganz Niedersachsen, also auch für die GWK des Flusseinzugsgebietes der Hunte, konnte ein guter mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper festgestellt werden. In Bezug zum quantitativen Zustand der Grundwasserkörper besteht daher zurzeit kein Handlungsbedarf. Die Risikoabschätzung für die Zielerreichung bis 2021 ergab jedoch landesweit für vier GWK keine eindeutig gute Prognose.

Hintergrund sind die sich über die letzten 30 Jahre deutlich abzeichnenden Abnahmen der Grundwasserstände insbesondere in den Geestbereichen. Die Zielerreichung der Hunte-GWK wird jedoch nicht als gefährdet eingeschätzt.

Die Bewertung des chemischen Zustandes deckte in einer Vielzahl von niedersächsischen GWK Probleme auf. Landesweit konnten nur 65 von 123 GWK als im guten Zustand befindlich bewertet werden. 58 GWK befinden sich in einem schlechten chemischen Zustand.
Im Vergleich zur Bewertung 2009 haben vier GWK eine Verbesserung zum guten Zustand erfahren, für sieben GWK ist eine Verschlechterung festgestellt worden.
Für das Einzugsgebiet Hunte hat sich der schlechte chemische Zustand für die Lockergesteinsgrundwasserkörper in der aktuellen Bewertung bestätigt (Abb. 45).
In den GWK Hunte Lockergestein links und Hunte Lockergestein rechts ist dies auf Überschreitungen des Schwellenwertes für Nitrat (50 mg/l) zurückzuführen. Im rechtsseitigen GWK treten zusätzlich bewertungsrelevante Schwellenwertüberschreitungen durch Cadmium auf. Belastungen durch Pflanzenschutzmittel führten im Gebiet nicht zu einem schlechten Grundwasserzustand.
Die Festgesteinsgrundwasserkörper sind auch 2015 im guten Zustand verblieben.

Haupteintragsquelle für Nitrat sind Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft. Der Schwerpunkt der Maßnahmenumsetzung liegt daher in der Reduktion des Nitrateintrages. Dazu wurde 2009 eine Zielkulisse „Nitratreduktion“ innerhalb der Belastungsregionen ausgewiesen. Im Hunte-Gebiet beträgt der Anteil der Zielkulisse 960 km² landwirtschaftlicher Fläche (LF), dies entspricht 36 % der LF des Gesamtgebietes (Abb. 46).

Die Zielkulisse umfasst Anteile der Cloppenburger, Syker und der Kellenberger Geest sowie die Dammer Berge.

Der Reduzierungsbedarf der Stickstoffüberschüsse innerhalb der Zielkulisse „Nitratreduktion“ wurde in Zusammenarbeit von LBEG und Forschungszentrum Jülich (FZ Jülich) 2009 berechnet. Dabei wurde das Denitrifikationspotential des Bodens berücksichtigt. Ca.19.000 t Stickstoff pro Jahr müssen nach diesen Berechnungen niedersachsenweit eingespart werden. Innerhalb der Zielkulissenfläche im Einzugsgebiet Hunte ist dabei der Stickstoffeinsatz jährlich um ca. 3.155 t Stickstoff zu reduzieren, um das Handlungsziel zu erreichen. Das entspricht ca.15 % des Reduktionsbedarfes des Landes. Der notwendige Reduzierungsbedarf auf Typflächenebene ist innerhalb des Einzugsgebietes sehr unterschiedlich. In Abb. 47 ist die notwendige Reduzierung des Stickstoffüberschusses bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche dargestellt. Besonders hoch müssen die Stickstoffeinsparungen in der Cloppenburger und Kellenberger Geest sowie in den Dammer Bergen ausfallen. Hier ist die Emissionsbelastung aufgrund der intensiven Veredelungswirtschaft besonders hoch.

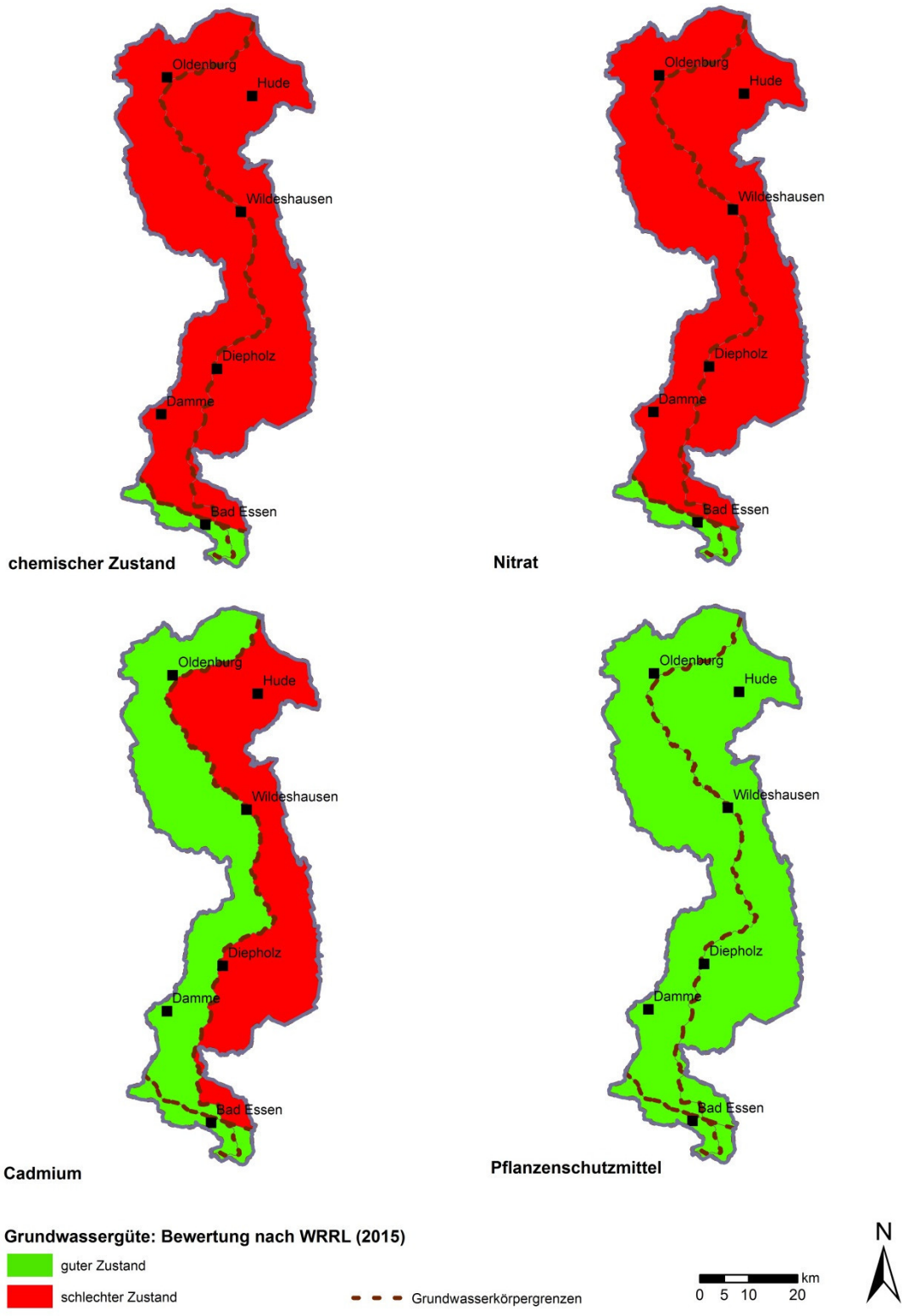



Abb. 45: Chemische Bewertung der Grundwasserkörper 2015 des Hunte-Einzugsgebietes.

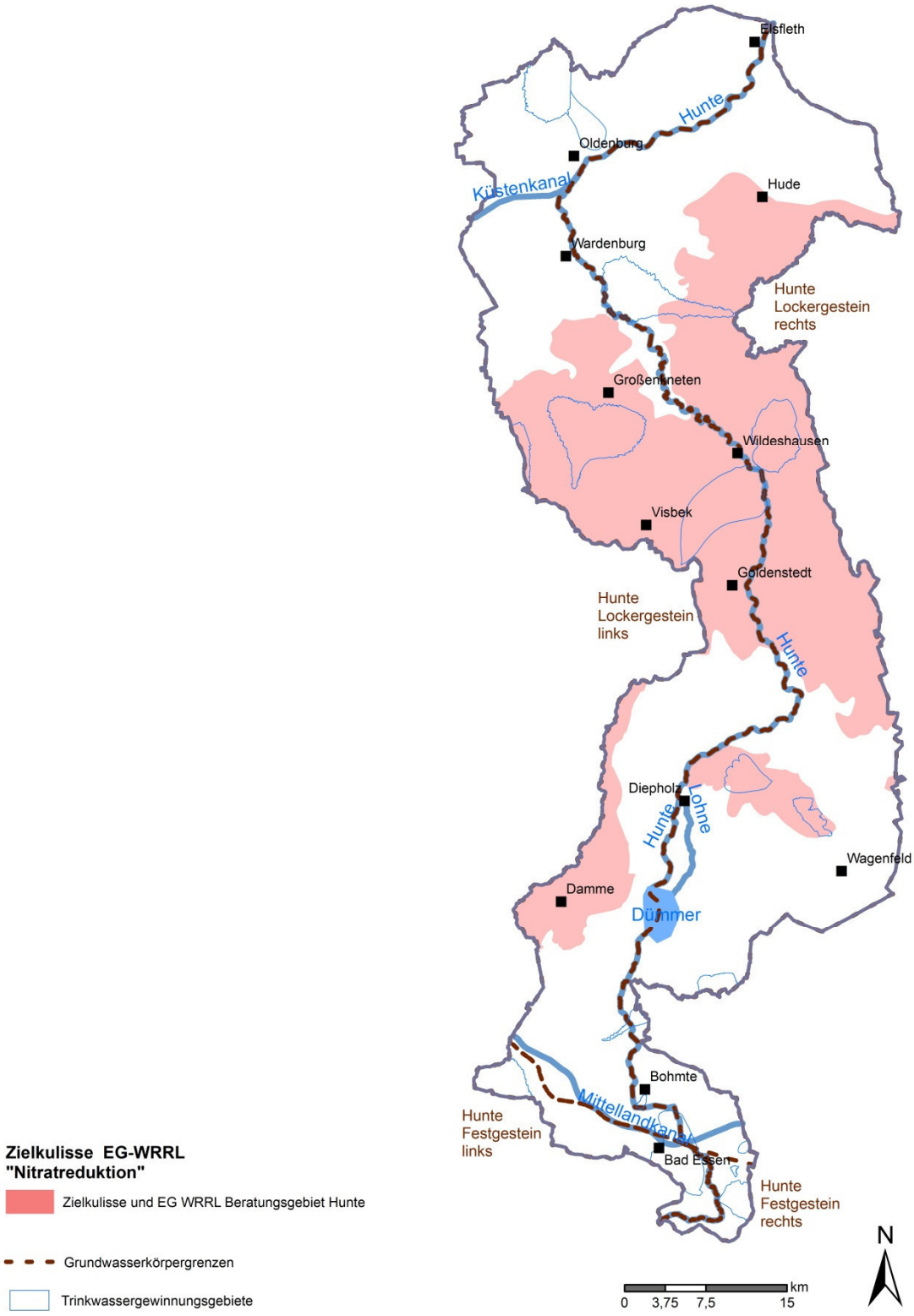



Abb. 46: Zielkulisse Nitratreduktion und EG-WRRL Beratungsgebiet Hunte.

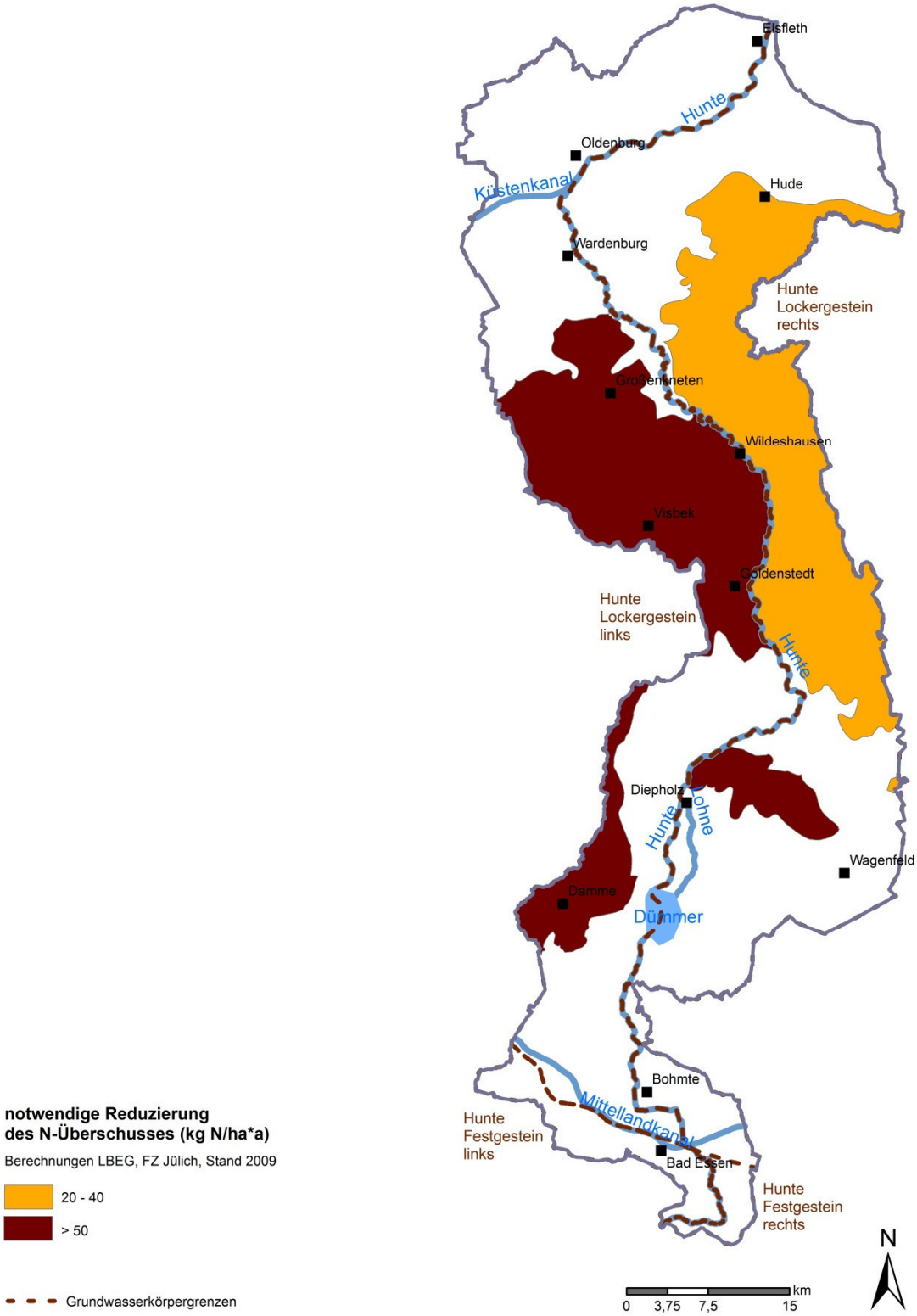



Abb. 47: Notwendige Stickstoffreduzierungen im Hunte-Einzugsgebiet innerhalb der Zielkulisse „Nitratreduktion“.

### 4.1.2 Bewirtschaftungsmaßnahmen

Die Bewertung der GWK in 2015 hat für Niedersachsen ergeben, dass die diffusen Belastungen des Grundwassers mit Nitrat zum größten Teil dazu beitragen, dass das Umweltziel verfehlt wurde. In einigen GWK führten auch Pflanzenschutzmittelfunde oder Belastungen durch Cadmium oder Ammonium dazu, dass die vorgegebenen Ziele bis 2015 nicht erreicht wurden. Im Einzugsgebiet Hunte führten insbesondere Nitratbelastungen aber auch Belastungen mit Cadmium zu einem schlechten Zustand der Lockergesteinsgrundwasserkörper (4.1.1).

Gemäß der EG-WRRL müssen auf Ebene der Flussgebiete Maßnahmenprogramme (WRRL Artikel 11) und Bewirtschaftungspläne (WRRL Artikel 13) festgelegt werden, um die Umweltziele zu erreichen. Maßnahmenprogramm und Bewirtschaftungsplan und sind erstmalig 2009 aufgestellt und 2015 nach einer Beteiligung der Öffentlichkeit aktualisiert worden. Eine Fortschreibung erfolgt alle sechs Jahre (NLWKN 2012).

Für das Einzugsgebiet Hunte als Teil der Flussgebietseinheit Weser hat das Maßnahmenprogramm des Flussgebiets Weser Gültigkeit.

Die EG-WRRL gibt den Mitgliedsstaaten vor, in ihren Maßnahmenprogrammen sowohl grundlegende Maßnahmen - wie die Umsetzung des Ordnungsrechtes - als auch ergänzende Maßnahmen zu integrieren.
Grundlegende Maßnahmen stellen Mindestanforderungen dar und beinhalten die Umsetzung von Gesetzen, Verordnungen und weiteren verbindlichen Instrumenten zum Schutz der Umwelt und insbesondere der Gewässer. Eine Übersicht dazu kann dem niedersächsischen Beitrag zu den Maßnahmenprogrammen der Flusseinzugsgebiete (MU 2015 b) entnommen werden. Als Maßnahmen zur Verringerung oder Begrenzung von Schadstoffen aus diffusen Quellen können beispielhaft folgende Gesetze und Verordnungen benannt werden:

Bundesrecht:

- Wasserhaushaltsgesetz, Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmittel, Bundesbodenschutzgesetz, Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Düngeverordnung, Pflanzenschutzgesetz

Landesrecht:

- Niedersächsisches Wassergesetz

Ergänzende Maßnahmen müssen zusätzlich zu den grundlegenden Maßnahmen ergriffen werden. Die EG-WRRL benennt dazu eine nicht abschließende Liste mit Vorschlägen wie z.B. Rechtsinstrumente, administrative, wirtschaftliche und steuerliche Maßnahmen, Emissions- bzw. Entnahmebegrenzungen, Förderung einer angepassten landwirtschaftlichen Produktion, Fortbildungsmaßnahmen und weiteres.

Die niedersächsische Vorgehensweise zur Umsetzung grundlegender und ergänzender Maßnahmen im Grundwasser sieht vier Bausteine vor:

Grundlegend:

- Ordnungsrecht: Düngeverordnung, Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (siehe auch Kap. 4.2), Meldeverordnung in Bezug auf Wirtschaftsdünger, Herbsterlass zur Spezifizierung der Düngeverordnung hinsichtlich des Düngebedarfes im Herbst

Ergänzend:

- Agrarumweltmaßnahmen: Angebot von freiwilligen Maßnahmen zu einer grundwasserschonenden Landbewirtschaftung
- Gewässerschutzberatung: Beratung zu einem effizienten Nährstoffeinsatz
- Erfolgsmonitoring: Überprüfung von Umsetzungsgrad und Effektivität von Maßnahmen und fortlaufende Optimierung des Maßnahmenprogramms

**Agrarumweltmaßnahmen**

In 2010 ist landesweit mit der Maßnahmenumsetzung in der Zielkulisse „Nitratreduktion“ (Abb. 46) begonnen worden. Aktuell werden vier Maßnahmen zur Reduzierung auswaschungsbedingter Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft im Rahmen der Niedersächsischen und Bremer Agrarumweltmaßnahmen (NiB-AUM, Gem. Rd.Erl. d. ML u. d. MU v. 15.07.2015 in der Fassung vom 1.11.2016) auf Ebene der Förderkulisse „Wasserschutz“ bereitgestellt. Die Wasserschutz-Kulisse umfasst sowohl die nach WRRL ausgewiesene Zielkulisse Gewässerschutz als auch die Kulisse des Trinkwasserschutzes sowie das Einzugsgebiet des Dümmers (Abb. 48).

Übersicht der Agrarumweltmaßnahmen 2016 in der Förderkulisse „Wasserschutz“:

- Betriebliche Verpflichtungen (BV)
  - BV 3 Zusatzförderung Wasserschutz im Rahmen des Ökologischen Landbaus
- Nachhaltige Produktionsverfahren auf Ackerland (AL)
  - AL 2.2 Anbau von winterharten Zwischenfrüchten und Untersaaten
  - AL 3 Cultanverfahren zur Ausbringung von Mineraldünger
  - AL 5 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais

Der Abschluss dieser Maßnahmen ist für Betriebe möglich, die mindestens 25 % der LF oder wenigstens 10 Hektar innerhalb der Kulisse Wasserschutz bewirtschaften. Um eine möglichst hohe Akzeptanz zu erreichen, wird ständig an einer Verbesserung des Maßnahmenangebotes durch Optimierung bestehender oder durch Hinzunahme neuer Maßnahmen gearbeitet.

Neben den auf die Förderkulisse „Wasserschutz“ ausgerichteten Maßnahmen werden den Landwirten landesweit weitere Maßnahmen im NiB-AUM-Programm angeboten. Neben einer gewässerschonenden Landbewirtschaftung werden umweltgerechte Anbauverfahren und eine naturschutzgerechte Landbewirtschaftung gefördert.

Bezüglich Pflanzenschutzmittel und Cadmium werden in der Kulisse Gewässerschutz vorerst konzeptionelle Maßnahmen durchgeführt. Neben zusätzlichen Untersuchungen zur Verbesserung der Datenlage stehen Fundaufklärungen und Recherchen zur Herkunft der Belastungen an.

**Gewässerschutzberatung**

Zur Erreichung eines guten Gewässerzustandes ist seit 2010 im Auftrag des MU durch den NLWKN eine Gewässerschutzberatung als konzeptionelle Maßnahme innerhalb der EG-WRRL-Zielkulisse installiert worden. Dafür werden jährlich vom Land Niedersachsen EU-kofinanziert 3,08 Mio. € jährlich bereitgestellt (Zeitraum 2016 - 2018). Gefördert werden Beratungsleistungen, die über die Vorgaben des Ordnungsrechtes hinausgehen. Ziel der Beratung ist es, eine Verbesserung der Nährstoffeffizienz bei der Stickstoffdüngung zu bewirken. Zusätzlich wird in ausgewählten Räumen seit 2014 hinsichtlich einer Verringerung des Stickstoff- und Phosphateintrages in Oberflächengewässer beraten. Landesweit (Stand 2016) sind elf Beratungsgebiete ausgewiesen, in denen fünf Beratungsträger tätig sind. In vier Gebieten findet eine kombinierte Gewässerschutzberatung zur Nährstoffreduzierung in Grund- und Oberflächengewässern statt. Landesweit wird in zwei Seeneinzugsgebieten ebenfalls eine kombinierte Beratung angeboten. TWGG werden von der Beratung nach EG-WRRL ausgeklammert. Hier findet eine gesonderte Beratung zum Trinkwasserschutz (Kap. 4.2) statt.
Näheres zu den Anforderungen der EG-WRRL an den Gewässerschutz kann dem Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz (NLWKN 2015 c) entnommen werden.
Die Zielkulissenfläche innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes ist Bestandteil des Beratungsgebietes Hunte (Abb. 46). Die Grundwasserschutzberatung wird hier im Auftrag des NLWKN zurzeit durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt (Stand 2016).

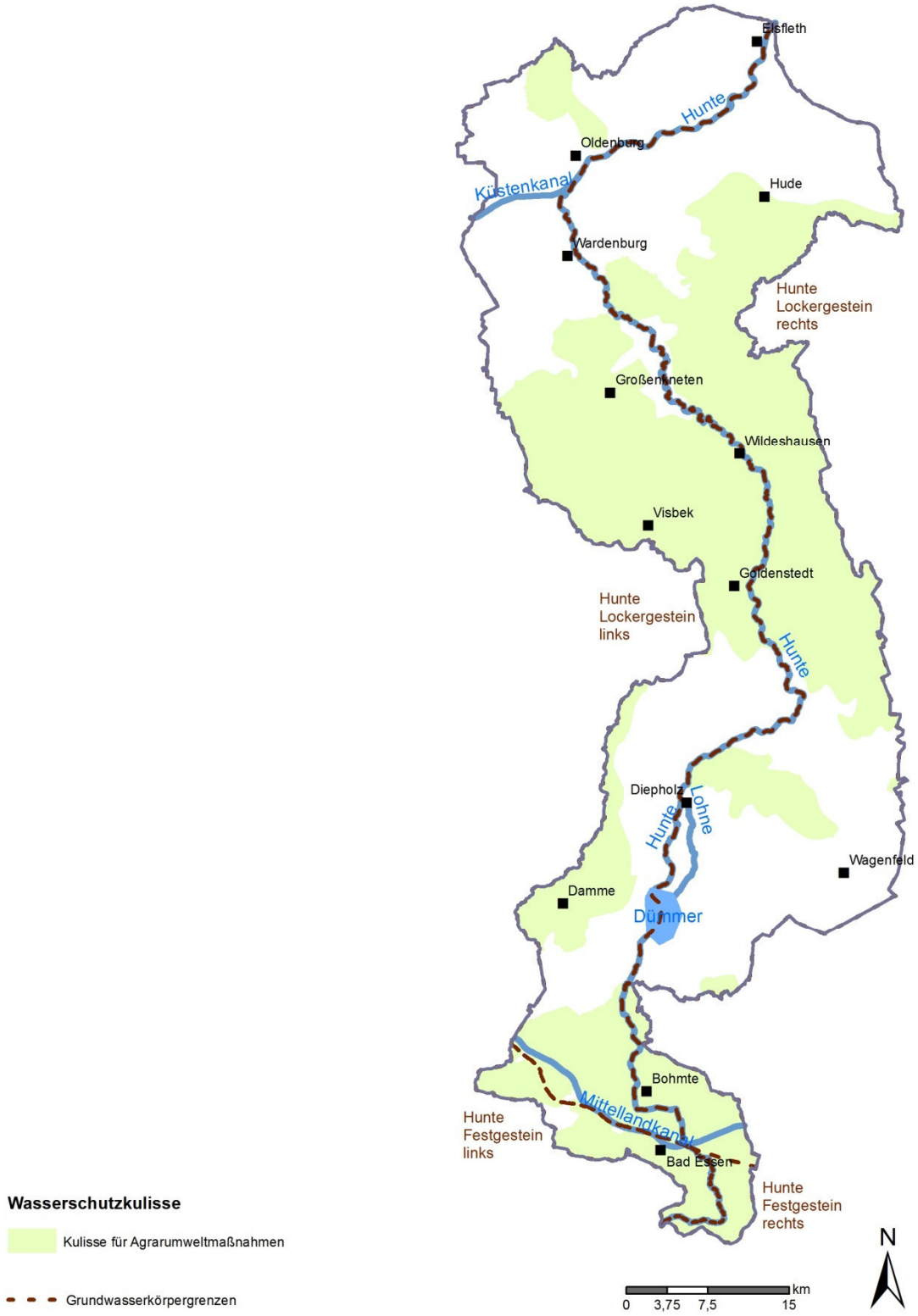



Abb. 48: Wasserschutzkulisse für die Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen (NiB-AUM, Gem. Rd.Erl. d. ML u. d. MU v. 15.07.2015).

Für die Gewässerschutzberatung stehen im Beratungsgebiet Hunte für den Zeitraum 2016 bis 2018 jährlich Haushaltsmittel zur Verfügung.

Aufgrund des großen Flächenumfanges der Zielkulisse und der im Gegensatz zur Zusatzberatung in TWGG deutlich geringeren Mittelausstattung wird eine intensive einzelbetriebliche Beratung in den Beratungsgebieten nur für eine relativ kleine Zahl von Betrieben, den Modellbetrieben und Beratungsbetrieben, durchgeführt.

Im Beratungsgebiet Hunte sind 2015 insgesamt 15 Modellbetriebe und 18 Beratungsbetriebe einzelbetrieblich beraten worden (LWK 2016). Weitere über- und einzelbetriebliche Beratungsangebote stehen innerhalb des gesamten Beratungsgebietes zur Verfügung. Diese Angebote sollen in der aktuellen Beratungsperiode von einer größeren Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe genutzt werden. Ziel der Beratung ist es, landwirtschaftliche Betriebe verstärkt für den Gewässerschutz zu sensibilisieren und gewässerschonende Produktions- und Bewirtschaftungsverfahren stärker in die Betriebsabläufe zu integrieren. Über die Beratung erfolgt eine fachliche Begleitung und Unterstützung der Landwirte bei der Umsetzung der Agrarumweltmaßnahmen. Zudem werden fachliche Empfehlungen zur Minderung der Herbst-Nmin Werte und zur Reduzierung von N-Bilanzüberschüssen erarbeitet und herausgegeben. Strategien zur Steigerung der N-Effizienz werden von der Beratung in Zusammenarbeit mit den Landwirten erarbeitet. Daneben werden zur Unterstützung der Beratung Untersuchungen an Böden, Pflanzen und Gewässer durchgeführt, die auch zum Zweck der Erfolgskontrolle herangezogen werden können. Wichtige Bestandteile der Beratung sind außerdem Gruppenberatung und Öffentlichkeitsarbeit.

Zur Unterstützung der Beratung und als Informationsplattform (Vernetzungsstruktur) sind von den Beratungsträgern Arbeitskreise (Grundwasserkreise, Wasserkreise) mit Landwirten, Multiplikatoren (Landvolkvertreter, Mitarbeiter von Beratungsringen, Lohnunternehmer und landwirtschaftliche Berufsschullehrer usw.) und Vertretern des NLWKN eingerichtet worden. Im Beratungsgebiet Hunte findet zweimal im Jahr ein Treffen des Grundwasserkreises statt. Der Grundwasserkreis dient als Informations- und Austauschplattform für Modellbetriebe, Multiplikatoren und Beratung.

**Erfolgsmonitoring**

Das Wirkungsmonitoring dient neben der Evaluierung auch zur fortlaufenden Optimierung des Maßnahmenprogramms und der Beratung. Dazu ist eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen Landwirten, Beratern und dem NLWKN notwendig. Das Monitoring dient zudem als Nachweis eines effizienten Mitteleinsatzes gegenüber der Landespolitik.

Zur Erfolgskontrolle werden Betriebsdaten (Hoftorbilanzen, Nährstoffvergleiche und Schlagbilanzen usw.) ausgewählter landwirtschaftlicher Betriebe (Modellbetriebe) erhoben und ausgewertet (NLWKN 2015 d). Die Betriebe sind in ihrer Gesamtheit typisch für das einzelne Beratungsgebiet. Neben den Modellbetrieben stellen Beratungsbetriebe Betriebsdaten (Nährstoffvergleich, Schlagbilanz) zur Verfügung. Ein wichtiger Aspekt ist die Außenwirkung der mitarbeitenden Betriebe als Multiplikatoren im Sinne des Gewässerschutzes.

Um die Wirkung der Beratung erfassen zu können, werden die Bilanzdaten jährlich, ab Beratungsbeginn drei Jahre rückwirkend, erhoben. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Hoftorbilanz, die Einfuhr und Ausfuhr von Nährstoffströmen eines landwirtschaftlichen Betriebes bilanziert. In der Maßnahmenkulisse konnte 2014 im Vergleich zum Referenzzeitraum 2007 - 2010 ein kontinuierlicher Rückgang der HTB-Salden im Mittel aller Modellbetriebe festgestellt werden (Abb. 49). Die Salden waren 2014 um 21 kg N/ha geringer als im Referenzzeitraum. Das Beratungsgebiet Hunte zeigt 2014 bei vergleichsweise niedrigen Salden einen Rückgang um 12 kg N/ha auf.

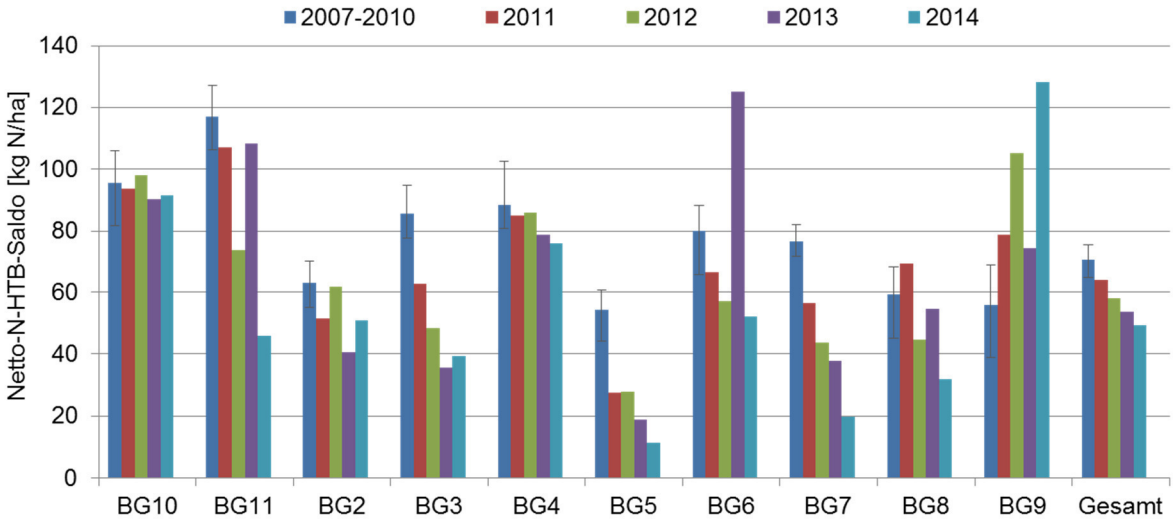



Abb. 49: Entwicklung der Netto-Hoftorbilanzsalden der Modellbetriebe innerhalb der WRRL-Beratungsgebiete (BG 2 = Hunte) im Vergleich zum Referenzzeitraum 2007 bis 2010 (NLWKN 2016).

## 4.2 Trinkwasserschutz

Der Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen ist in den Wassergesetzen als allgemeiner Grundsatz formuliert. Trinkwasser unterliegt dabei besonders strengen Schutzbestimmungen. In den Einzugsgebieten der Wasserwerke, den TWGG, ist besonders konsequent darauf zu achten, dass die allgemein gültigen Schutzbestimmungen eingehalten werden (NLWKN 2012).

Für das Trinkwasser, das für den menschlichen Gebrauch vorgesehen ist, gelten besondere wasserwirtschaftliche Bestimmungen (WHG § 50- § 52). Das WHG sieht die Festsetzung von WSG vor, in denen besondere Anforderungen an die Reinhaltung des Grundwassers gestellt werden. Eine Konkretisierung der Vorgaben erfolgt durch das NWG. Nach § 91 des NWG können durch Rechtsverordnung zum Wohle der Allgemeinheit WSG festgesetzt werden, in denen besondere Schutzbestimmungen eingehalten werden müssen. Dies ist nötig, um das Grundwasser im Gewinnungs- bzw. Einzugsgebiet einer Entnahme für Trinkwasserzwecke vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Ein vorrangiges Ziel der Landesregierung ist es, alle Einzugsgebiete der öffentlichen Wasserversorgung als WSG auszuweisen. WSG werden nach dem Regelwerk der DVGW 2006 (Arbeitsblatt W 101) in Zonen mit unterschiedlichen Schutzbestimmungen eingeteilt:

- Schutzzone I: Fassungsbereich; unmittelbare Umgebung des Brunnens; Nutzung nicht zugelassen.
- Schutzzone II: Engere Schutzzone, dient dem Schutz vor pathogenen Organismen und sonstigen Beeinträchtigungen; die Größe ist abhängig von der Fließzeit des Grundwassers, wobei ein Sicherheitszeitraum von 50 Tagen festgelegt ist.
- Schutzzone III (IIIA, IIIB): weitere Schutzzone; dient dem Schutz vor chemischen oder radioaktiven Verunreinigungen; die Größe umfasst das gesamte Einzugsgebiet des Grundwassers, das der Fassung zufließt; bei großen Einzugsgebieten wird eine Aufteilung in Abhängigkeit von den Fließzeiten des Grundwassers in Zone IIIA und IIIB vorgenommen.

Die in den Schutzzonen der WSG geltenden Verbote und Einschränkungen bei der Flächennutzung werden durch Schutzbestimmungen in einer Wasserschutzgebietsverordnung (WSG-VO) festgelegt. Ein Mindeststandard von Anforderungen wird durch die Verordnung über Schutzbestimmungen in WSG (SchuVO, 29.05.2013, GVBl S.132) vorgegeben. Weitergehende Schutzbestimmungen können indivi-

duell auf das Schutzbedürfnis des jeweilige WSG abgestimmt werden. Die aus den Vorgaben resultierenden Einschränkungen oder ein entstehender Mehraufwand werden durch Ausgleichszahlungen abgedeckt (MU 2013 b). Für die Ausweisung von WSG und die Einhaltung der WSG-VO sind in Niedersachsen die Unteren Wasserbehörden der Landkreise, der Region Hannover, der kreisfreien Städte und großen Städte verantwortlich (NLWKN 2013 b).

Nicht alle TWGG sind bisher als WSG festgesetzt worden. Es können jedoch auch in den Gewinnungsgebieten ohne WSG-VO Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers durchgeführt werden (NWG § 28).

Innerhalb des Einzugsgebietes Hunte nehmen die TWGG bzw. WSG, die im Prioritätenprogramm (siehe unten) berücksichtigt werden, mit 241 km² insgesamt einen Flächenanteil von 9 % ein (Stand 2014).

In Tab. 10 sind zu den einzelnen TWGG/ WSG im Flusseinzugsgebiet Informationen wie Wasserrecht, Flächengröße und Nutzung sowie der Gefährdungszustand zusammengestellt.

Um eine gute Qualität des Trinkwassers sicher zu stellen, gibt die Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001, Stand 2013) Vorgaben für die Beschaffenheit des Wassers und für die Trinkwasseraufbereitung vor.

**Maßnahmen**

Da Grundwasser überwiegend in ländlichen Regionen gefördert wird, ist eine enge Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft die Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen vorsorgenden Grund- bzw. Trinkwasserschutz. Dabei liegt der Schwerpunkt in der Verminderung der Nitrateinträge in das Grundwasser. Nachweise von Pflanzenschutzmitteln und ihren Metaboliten sowie Arzneimitteln im Rohwasser geraten zunehmend in die Diskussion.

Im Jahr 1992 wurde die Erhebung einer Wasserentnahmegebühr im NWG gesetzlich verankert und die Verwendung der Mittel geregelt. Der § 28 NWG ermöglicht eine Verwendung der Gelder für eine zusätzliche gewässerschutzorientierte Beratung der land- oder forstwirtschaftlichen oder erwerbsgärtnerischen Nutzer (Zusatzberatung). Für Flächen in Trinkwassergewinnungsgebieten ist ein Ausgleich von wirtschaftlichen Nachteilen aufgrund von vertraglich vereinbarten Einschränkungen in Form von Freiwilligen Vereinbarungen möglich (NLWKN 2012). Zuschüsse an WVU für den Erwerb oder die Pacht von Flächen in Wasserschutzgebieten können vergeben werden. Daneben können Gelder für die Erforschung einer besonders auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Land- und Forstwirtschaft sowie eines entsprechend ausgerichteten Erwerbsgartenbaus in Wasserschutzgebieten verwendet werden. Die Forschungsvorhaben können anhand von Modellen und Pilotvorhaben umgesetzt werden. Mit diesen Instrumenten wurde landesweit die Möglichkeit für einen vorsorgenden und sanierenden Grundwasserschutz geschaffen.

Die Gewährung der Finanzhilfe für die oben genannten Maßnahmen setzt voraus, dass Wasserversorger und Landbewirtschafter gleichberechtigt in einer Kooperation zusammenarbeiten und sich in einem Schutzkonzept auf Ziele und Erfolgsindikatoren geeinigt haben. Näheres dazu ist in der Verordnung über die Finanzhilfe zum kooperativen Schutz von Trinkwassergewinnungsgebieten geregelt (MU 2007). Da eine Finanzhilfe nur gewährt wird, wenn die Kosten für die Umsetzung des Schutzkonzeptes einen Schwellenbetrag überschreiten, haben sich einzelne WVU oder kleinere Kooperationen zu größeren Kooperationen zusammengeschlossen (NLWKN 2012). Nähere Informationen zum Kooperationsprogramm werden in der NLWKN Veröffentlichung „Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen, Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse” vorgestellt (NLWKN 2015 b).

Tab.10: Kenndaten der nach Prioritätenprogramm relevanten Trinkwassergewinnungsgebiete im Einzugsgebiet der Hunte

| Name | Wasserversorgungs-unternehmen | Kooperation | Zustand | PP | Wasser-rechte [ Mio m³/a] | Gesamt-fläche [ha] | Landw. genutzte Fläche [ha LF] | Fläche im Einzugs-gebiet [ha] | Fläche im Einzugs-gebiet [% von Gesamtfläche] | Ausgaben für FV 2014 [€/ha LF] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alexandersfeld | Verkehr und Wasser GmbH | Oldenburg/Varel | WSG | B1 | 2,5 | 2.461 | 1.503 | 2.459 | 99,9 | 51,07 |
| Altes Amt Lemförde | Samtgemeinde Altes Amt Lemförde | Dümmer/Hunte/Weser | WSG | C | 0,6 | 877 | 352 | 538 | 61,3 | 78,29 |
| Bohmte | WV Wittlage | Melle/Wittlage | TWGG | B1 | 0,45 | 74 | 34 | 74 | 99,5 | 8,59 |
| Dahlinghausen | WV Wittlage | Melle/Wittlage | TWGG | B1 | 0,4 | 94 | 86 | 90 | 95,6 | 50,59 |
| Donnerschwee | Verkehr und Wasser GmbH | Oldenburg/Varel | WSG | B2 | 1,8 | 957 | 82 | 957 | 100 | 46,47 |
| Engter und Engter - Niewedde | WV Wittlage | Bersenbrück | WSG | C | 1,168 | 2.256 | 968 | 1.303 | 57,7 | 64,17 |
| Glanebachtal | WV Wittlage | Melle/Wittlage | WSG | B1 | 0,438 | 746 | 141 | 745 | 99,8 | 42,71 |
| Großenkneten | OOWV | OOWV/Bad Zwischenahn/Norden | WSG | B2 | 14,0 | 6.034 | 3.220 | 4.498 | 74,5 | 117,61 |
| Harpenfeld | WV Wittlage | Melle/Wittlage | TWGG | B1 | 1,5 | 2.308 | 1.033 | 2.295 | 99,4 | 29,82 |
| Hunteburg | WV Wittlage | Melle/Wittlage | WSG | B2 | 0,45 | 291 | 207 | 291 | 99,8 | 44,70 |
| Lintorf | WV Wittlage | Melle/Wittlage | WSG | B1 | 0,08 | 39 | 1 | 39 | 100 | 203 |
| Sandkrug | Verkehr und Wasser GmbH | Oldenburg/Varel | WSG | B1 | 6,0 | 3.283 | 1.310 | 3.283 | 100 | 55,48 |
| St. Hülfe | Stadtwerke EVB Huntetal GmbH | Dümmer/Hunte/Weser | WSG | B1 | 2,0 | 999 | 738 | 999 | 100 | 55,72 |
| Wagenfeld | Stadtwerke EVB Huntetal GmbH | Dümmer/Hunte/Weser | WSG | B1 | 1,2 | 556 | 66 | 556 | 100 | 14,32 |
| Wildeshausen Fassung A-C | OOWV | OOWV/Bad Zwischenahn/Norden | TWGG/ WSG | B2 | 7,0 | 3.705 | 2.555 | 3.705 | 100 | 38,06 |
| Wildeshausen Fassung D | OOWV | OOWV/Bad Zwischenahn/Norden | WSG | B2 | 4,5 | 2.249 | 1.213 | 2.249 | 100 | 99,85 |

Im Flusseinzugsgebiet der Hunte sind sechs Kooperationen vertreten (Abb. 50).

Die Fördermittelzuteilung für Maßnahmen und Beratung in den einzelnen TWGG erfolgt mit Hilfe des Prioritätenprogramms (PP) durch Festlegung von Handlungsprioritäten nach fachlichen Gesichtspunkten wie Sickerwasser- oder Grundwasserbelastung, Nitratkonzentrationen im Rohwasser der Trinkwassergewinnung und potentiellem Stickstoffeintrag (MU 2017).

Dazu werden Handlungsbereiche unterschiedlicher Priorität wie Sicherung (A-Gebiet), Sanierung (C-Gebiet) oder Verbesserung (B-Gebiet) eingestuft:

- Als A-Gebiete werden Gebiete mit berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter 25 mg/l definiert.
- In C-Gebieten werden die Fördermengen gewichteten Nitratkonzentrationen im Rohwasser von 25 mg/l überschritten.
- Als B-Gebiete werden Gebiete definiert, für die eine potentielle Nitratkonzentration im Sickerwasser über 25 mg/l berechnet werden konnte, die jedoch im Rohwasser nicht 25 mg/l Nitrat überschreiten. Es erfolgt eine Differenzierung zwischen B1 und B2.
    - Eine Eingruppierung nach B1 erfolgt, wenn keine oder nur geringfügige Nitratbelastung im Rohwasser und keine oder nur mittlere Nitratbelastung im Grundwasser (ausgenommen Festgestein) festgestellt wurden.
    - Nach B2 werden Gebiete eingestuft, wenn Nitrat-Belastungen im Rohwasser und Nitrat-Belastungen im Grundwasser (ausgenommen Festgestein) vorliegen. Daneben können sonstige Belastungen (Kalium, PSM, Keime usw.) zu einer Eingruppierung in B2 führen.

Die Liste mit allen am PP beteiligten TWGG mit Angaben zu Handlungsbereichen und landwirtschaftlicher Nutzfläche wird in regelmäßigen Abständen durch den GLD des NLWKN aktualisiert (NLWKN 2015 b).

Im Hunte-Gebiet wird kein TWGG dem Handlungsbereich A zugeordnet (Abb. 51). Aufgrund der Belastungen des Rohwassers mussten die Wasserschutzgebiete „Engter und Engter-Niewedde“ und „Altes Amt Lemförde“ als C-Gebiete ausgewiesen werden.

Informations- und Beratungsleistungen sind neben konkreten Flächenmaßnahmen Bestandteil für die Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen. Die grundwasserschutzorientierte Zusatzberatung von Landwirten, Gartenbaubetrieben und Forstwirten wird durch Mittel der Wasserentnahmegebühr gefördert und ist durch EU-Gelder kofinanziert. Die WVU legen dazu ein aussagekräftiges Beratungskonzept vor.

Die Zusatzberatung der in den TWGG wirtschaftenden Landwirte erfolgt im Huntegebiet im Auftrag der zuständigen WVU zurzeit (2017) durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

Die Beratung ist für die Landwirte kostenfrei. Das Angebot der Zusatzberatung beinhaltet Veranstaltungen, Feldversuche, Rundschreiben, Gruppenberatungen und eine einzelbetriebliche Beratung. Dazu gehören u.a. die Erstellung von Düngeplanungen und die Durchführung von Wirtschaftsdüngeranalysen. Über Pflanzenanalysen (z. B. Nitratcheck) kann eine vegetationsbegleitende Düngeberatung durchgeführt werden, bei der auch Fragen zur Optimierung der Bodenbearbeitung und Beratung zu einem grundwasserschonenden Pflanzenschutzmitteleinsatz beantwortet werden. Ein wichtiges Thema der Beratung ist der Abschluss von Freiwilligen Vereinbarungen (FV) zur Reduzierung des Stickstoffaustrages.

Um landesweit einheitliche Standards in der Beratung sicher zu stellen, hat der NLWKN das Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz in aktualisierter Fassung herausgegeben (NLWKN 2015 c). Die Vorgehensweise zur Maßnahmenplanung und ihre Umsetzung sowie die Methoden zur Erfolgskontrolle werden hier ausführlich beschrieben.

Landesweit wurden im Jahre 2012 in TWGG insgesamt 6,08 Mio. Euro, dies sind rund 20 €/ha LF (landwirtschaftliche genutzte Fläche), für die Wasserschutzzusatzberatung verwendet (NLWKN 2015 b).

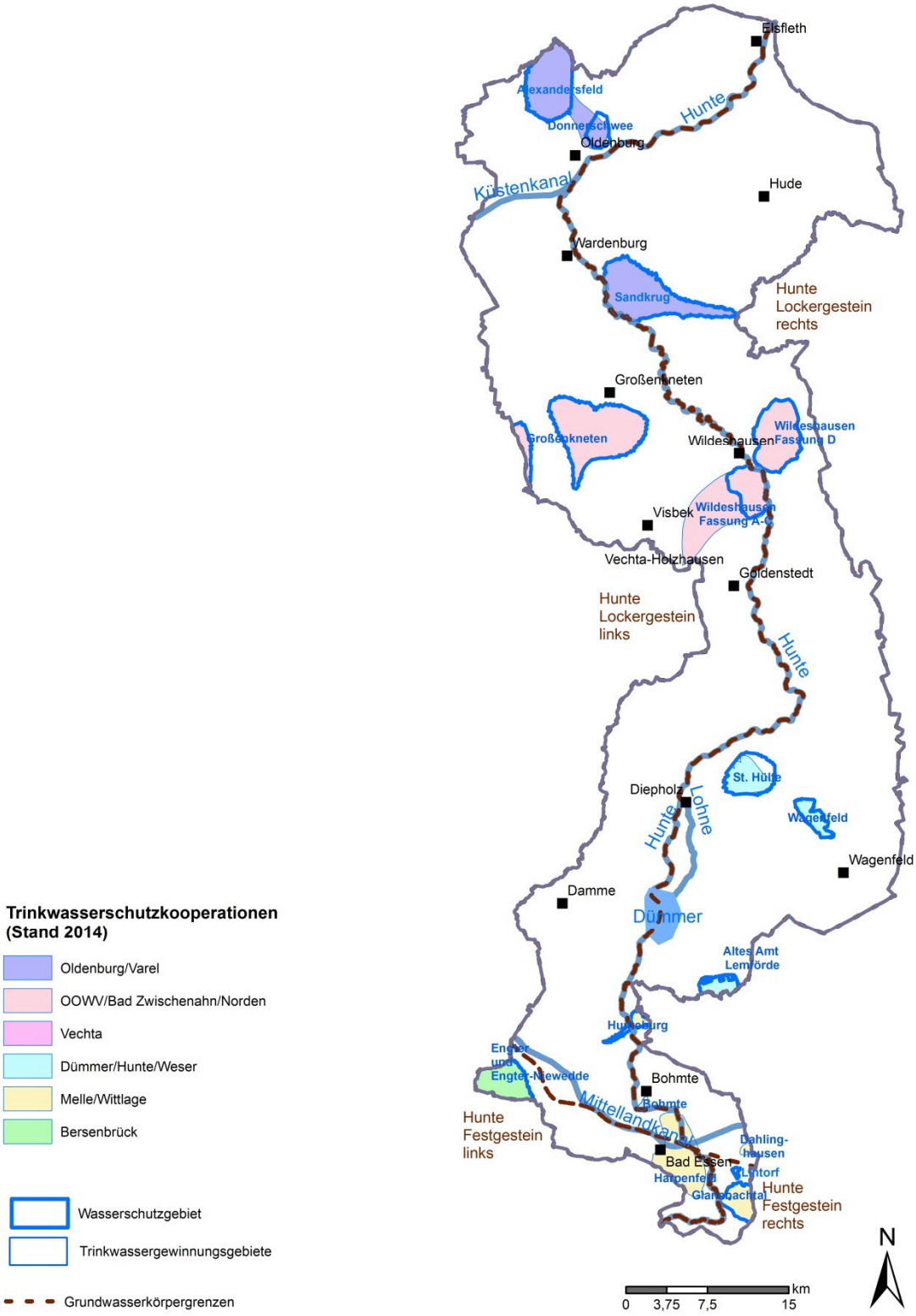



Abb. 50: Wasserschutzgebiete und Trinkwassergewinnungsgebiete und ihre Kooperationszugehörigkeit.

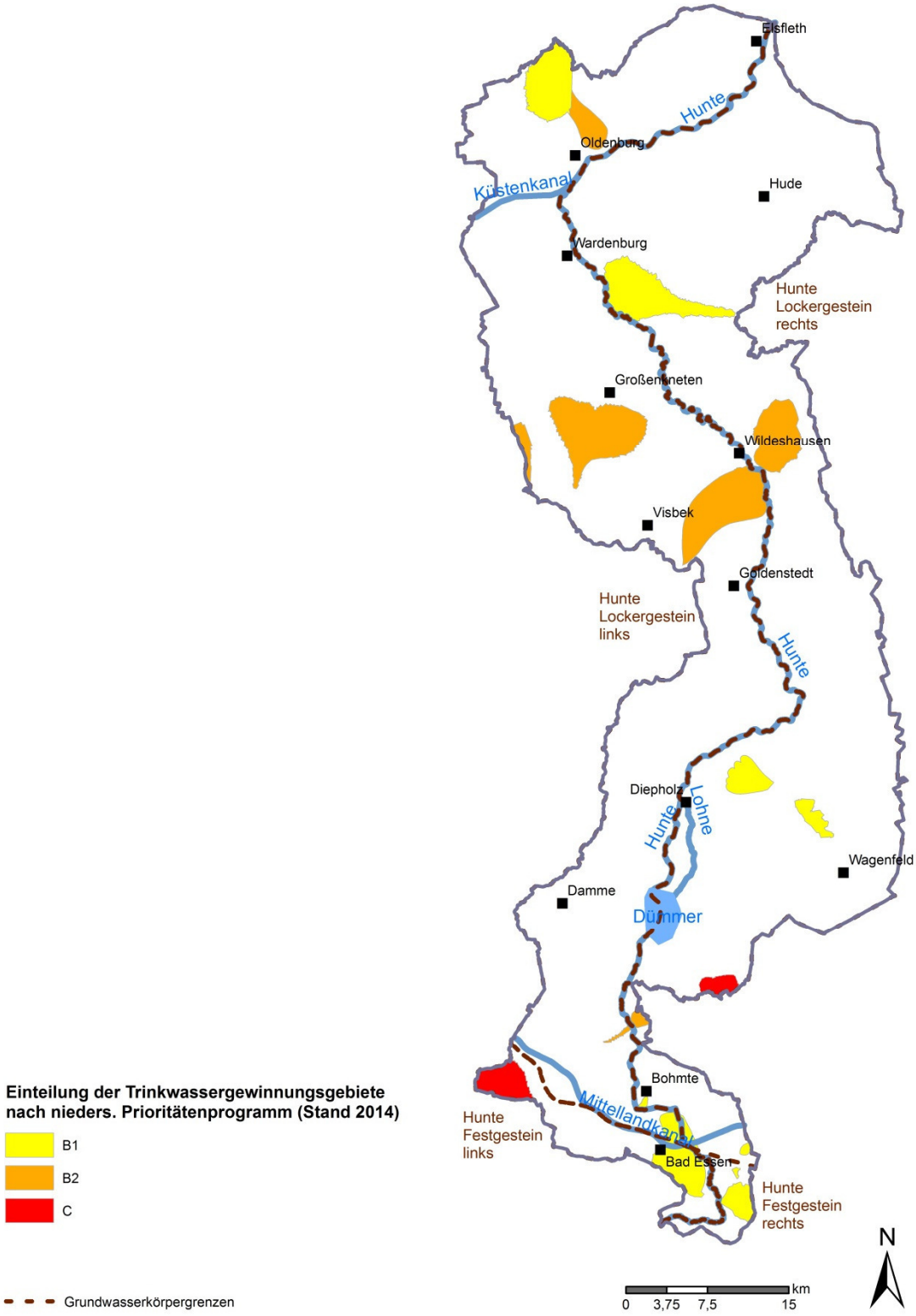



Abb. 51: Einteilung der Wassergewinnungsgebiete (WSG und TWGG) nach den Kriterien des Prioritätenprogrammes.

Modell- und Pilotprojekte zum Grund- und Trinkwasserschutz werden wie die Zusatzberatung aus Geldern der Wasserentnahmegebühr des Landes und aus EU-Mitteln finanziert. Ziel dieser Projekte ist die Erforschung einer auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Land- und Forstwirtschaft, um so zu verlässlichen Standards bei der Durchführung und Gestaltung von Maßnahmen zu gelangen.

Der größte Anteil der Fördermittel fließt in handlungsbezogene freiwillige Grundwasserschutzmaßnahmen. Bei der Ausgestaltung der Freiwilligen Vereinbarungen (FV) sind die Vorgaben des Maßnahmenkatalogs des MU (MU 2016) hinsichtlich der Mindestanforderungen und maximalen Förderbeträgen zu beachten (Tab. 11). Im Rahmen dieser Vorgaben können die Maßnahmen durch Beschluss der Kooperation an örtliche Verhältnisse in den einzelnen TWGG angepasst werden (NLWKN 2012). Näheres dazu kann der Veröffentlichung des NLWKN „Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen - Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse“ entnommen werden (NLWKN 2015 b).

Tab. 11: Übersicht der Freiwilligen Vereinbarungen gemäß MU-Maßnahmenkatalog (MU 2016).

| FV-Code | FV-Bezeichnung | Max. Förderung [€/ha] |
|---|---|---|
| I.A | Zeitliche Beschränkung der Ausbringung von tierischen Wirtschaftsdüngern | 13,00 |
| I.B | Verzicht auf den Einsatz von tierischen Wirtschaftsdüngern | 584,00 |
| I.C | Gewässerschonende Gülleausbringung | 66,00 |
| I.D | Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen | (je Analyse) 87,00 |
| I.E | Aktive Begrünung | 249,00 |
| I.F | Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung: F1 Fruchtfolgeumstellung | 588,00 |
| | Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung: F2 Brache | 1.185,00 |
| I.G | Extensive Bewirtschaftung von Grünland | 377,00 |
| I.H | Umbruchlose Grünlanderneuerung | 97,00 |
| I.I | Reduzierte N-Düngung | 280,00 |
| I.J | Reduzierte Bodenbearbeitung | 104,00 |
| I.K | Einsatz stabilisierter N-Dünger/Cultan-Verfahren | 92,00 |
| I.L | Gewässerschonender Pflanzenschutz | 64,00 |
| II | Umwandlung von Acker in extensives Grünland/extensives Feldgras | 773,00 |
| III | Grundwasserschutzorientierter Bewirtschaftung von Ackerflächen mit Zielvorgaben und ergebnisorientierter Auszahlung | 589,00 |
| IV | Erosionsschutz Forst | 100 % |
| V | Erstaufforstung | 9.810,00 (817,50 €/ha/a f. 12J.) |
| VI | Verbesserung der Grundwasserneubildung: a) Waldumbau | 7.000,00 (700,00 €/ha/a f. 10 J.) |
| | Verbesserung der Grundwasserneubildung b) Erhalt extensiv genutzter Sandheiden | 1.459,00 (145,90 €/ha/a f. 10 J.) |

In Niedersachsen wurden im Jahre 2014 in TWGG insgesamt 11,5 Mio. Euro für Freiwillige Vereinbarungen verausgabt, dies entspricht durchschnittlich 38,6 €/ha LF. In den Trinkwassergewinnungsgebieten innerhalb des Flusseinzugsgebietes der Hunte wurden 2014 durchschnittlich 68 €/ha LF für Freiwillige Vereinbarungen erstattet (Tab. 10). Der höhere Aufwand im Bearbeitungsgebiet ist bedingt durch den hohen Schutzbedarf der teilweise sehr austragsgefährdeten Böden in Verbindung mit intensiver Landbewirtschaftung.

Die natürlichen Ausgangsbedingungen und die Landbewirtschaftung in den TWGG sind sehr unterschiedlich. Über angepasste Maßnahmenpakete erhoffen sich die beteiligten Kooperationspartner die Einhaltung der Ziele des langfristigen Grundwasserschutzes, insbesondere der Minimierung von Nitrat- und Pflanzenschutzmittel-Einträgen. In den Kooperationen kommen verschiedene, an die örtlichen Gegebenheiten angepasste Maßnahmenprogramme zur Anwendung.

Über eine gefährdungsabhängige Maßnahmensteuerung sollen vorrangig besonders sensible Flächen mit Maßnahmen belegt werden.

Insbesondere die Steuerung wirksamer, jedoch kostenintensiver Maßnahmen (Fruchtfolgevereinbarungen, Umwandlung von Acker in Grünland, Extensivierung von Grünland, Ökolandbau u.a.) ist sinnvoll und auch vor dem Hintergrund zurückgehender Fördermittel notwendig:

- In Gebieten mit geringer Grundwasserbelastung wird für alle Flächen ein Standardprogramm an FV angeboten.
- In anderen Gebieten, insbesondere dort, wo hohe Nitratbelastungen im Förderwasser oder im Sickerwasser festgestellt wurden, erfolgt eine gefährdungsabhängige Maßnahmensteuerung, bzw. räumliche Prioritätensetzung.

Bezüglich der Vertragsfläche und der Anzahl der Vertragsabschlüsse sind im Einzugsgebiet der Hunte die Freiwilligen Vereinbarungen mit aktiver Begrünung (meist in Form von Zwischenfruchtanbau) sowie die Vereinbarungen zur zeitlichen Beschränkung und zur gewässerschonenden Aufbringung von tierischen Wirtschaftsdüngern auf die Ackerflächen am bedeutendsten. Verstärkt werden in den letzten Jahren ergebnisorientierte Maßnahmen angeboten. Vorgaben zur Einhaltung von Herbst-Nmin-Werten setzen Zielwerte. Die Entscheidung, mit welchen Handlungen die Ziele erreicht werden, trifft der Landwirt selbst, oder es werden Vorgaben zur reduzierten Düngung benannt.

Neben landwirtschaftlichen Handlungsmaßnahmen werden in einigen Gebieten auch weitergehende Flächenkonzepte umgesetzt. Für den Stemweder Berg, Nordhang hat die Samtgemeinde Altes Amt Lemförde beispielsweise ein landschaftsplanerisches Flächenkonzept aufstellen lassen. Im dort gelegenen Wasserschutzgebiet „Altes Amt Lemförde“ (Abb. 52) hat die Samtgemeinde dieses Konzept in ihrer Funktion als Samtgemeinde und als WVU umgesetzt. Durch Flächenkäufe, die aus der Wasserentnahmegebühr des Landes sowie aus EU-Mitteln gefördert worden sind, konnten sowohl Maßnahmen zur Grünlandextensivierung (Abb. 53) möglich gemacht als auch strukturverbessernde Maßnahmen durch die Anlage von Hecken und Obststreuwiesen (Abb. 54) realisiert werden. Zudem hat die Samtgemeinde ihre Kompensationsmaßnahmen in dem Wasserschutzgebiet gebündelt und z.B. Aufforstungen durchgeführt. An der Bewirtschaftung und Pflege dieser Flächen, die das Landschaftsbild am Stemweder Berg sehr positiv gestalten, wirken lokale Landwirte, die Arbeitsgemeinschaft Biotop- und Eulenschutz Stemweder Berg e.V., die Natur- und Umweltschutzvereinigung Dümmer e.V. sowie die Stiftung Naturschutz im Landkreis Diepholz erfolgreich mit.

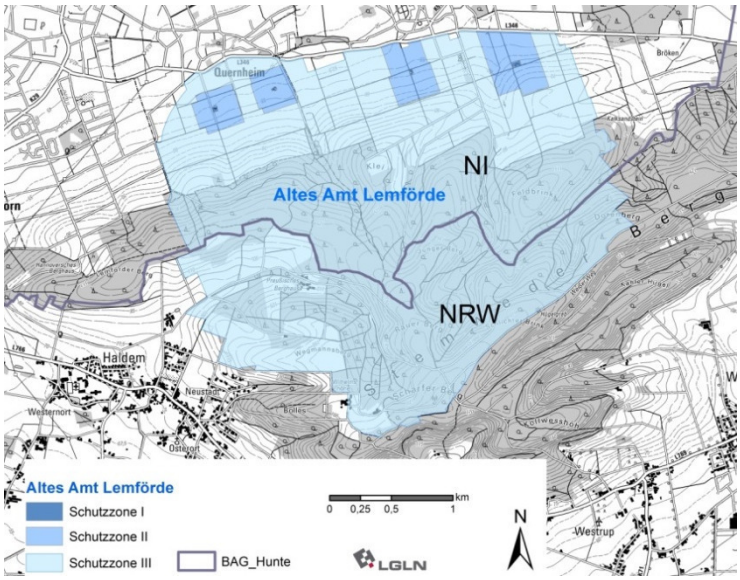



Abb. 52: Das WSG „Altes Amt Lemförde“ am Nordhang des Stemweder Bergs.



Abb. 53: Extensives Grünland im WSG „Altes Amt Lemförde“.



Abb. 54: Obststreuwiesen innerhalb des WSG „Altes Amt Lemförde“.

**Kurzinformation: Kap. 4 Grundwasserschutz**

- Die Zustandsbewertung nach EG-WRRL 2015 ergab für die zwei GWK des Hunte-Lockergesteins einen schlechten chemischen Zustand. Hauptbelastungsquelle ist Nitrat. Für den rechtsseitigen GWK ist auch Cadmium für die schlechte Bewertung mitverantwortlich. Die zwei GWK im Festgestein sind unauffällig.
- Die Geestgebiete im Hunte-Gebiet sind Teil der WRRL-Maßnahmenkulisse Nitratreduktion, in dieser Kulisse werden Agrarumweltmaßnahmen und Beratung für Landwirte angeboten.
- 16 TWGG mit einem Gesamtflächenanteil von rund 241 km² befinden sich im Hunte-Gebiet. 9 TWGG sind als B1-Gebiet, fünf TWGG als B2-Gebiet und zwei TWGG als C-Gebiet eingestuft worden.

# 5 Grundwasserbewirtschaftung

Das Grundwasser unterliegt nicht nur qualitativen Beeinflussungen, sondern auch quantitativen Schwankungen. So wirken sich Grundwasserentnahmen z. B. der öffentlichen Wasserversorgung zum Zweck der Trinkwasserförderung, der verarbeitenden Industrie zur Verwendung als Brauch- oder Kühlwasser sowie der Landwirtschaft für Viehhaltung bzw. Beregnung von Nutzflächen auf die zur Verfügung stehenden Grundwasserressourcen aus (NLWKN 2012).

Die mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers wird in dem Erlass zur mengenmäßigen Bewirtschaftung des (RdErl. d. MU vom 29.05.2015) geregelt (MU 2015 c), der auch landläufig als „Mengenerlass“ bezeichnet wird. Der Erlass besagt, dass Grundwasser so zu bewirtschaften ist, dass die im WHG vorgegebenen Grundsätze (§ 6 WHG) und die Bewirtschaftungsziele nach NWG (§ 87 NWG) eingehalten werden.

Die zuständige Wasserbehörde hat im Rahmen der Prüfung eines Antrages auf Erteilung einer Erlaubnis oder Bewilligung zur Entnahme von Grundwasser zu prüfen, ob sich die Wasserförderung auf die örtlichen Verhältnisse auswirkt und ob die Ziele der mengenmäßigen Bewirtschaftung eingehalten werden. Die entscheidende Größe ist dabei die Höhe des nutzbaren Dargebots, das vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) ermittelt wird (NLWKN 2012).

Randbedingungen wie Ergiebigkeit und Versalzung der Grundwasservorkommen sowie die Überbrückungen von Trockenwetterperioden oder der Erhalt von grundwasserabhängigen Landökosystemen und Oberflächengewässer werden dabei berücksichtigt.

Die Ziele der mengenmäßigen Bewirtschaftung gelten als erfüllt, wenn die Summe aller Nutzungen das nutzbare Grundwasserdargebot in den jeweiligen Grundwasserkörpern nicht überschreitet (NLWKN 2012).

Ausgehend vom Gesamtdargebot wird das nutzbare Dargebot über folgende Berechnungsgrößen abgeschätzt:

1. Trockenwetterdargebot – Ergiebigkeitsabschlag – Versalzungsabschlag = gewinnbares Trockenwetterdargebot
2. Gewinnbares Trockenwetterdargebot – genehmigte Entnahmen = gewinnbare Dargebotsreserve
3. Gewinnbare Dargebotsreserve – Öko-Abschlag = nutzbare Dargebotsreserve
4. Nutzbare Dargebotsreserve + genehmigte Entnahmen = nutzbares Dargebot

## 5.1 Grundwassermenge

Die Grundwasserneubildung wird durch klimatische, bodenkundliche und geologische Gegebenheiten beeinflusst. Wesentliche Einflussgrößen sind Niederschlagsmenge und -verteilung, die Durchlässigkeit der Böden und Speicherkapazität der Gesteine sowie Bewuchs, Relief der Bodenoberfläche und der Grundwasserflurabstand (NLWKN 2012).

Hohe Niederschlagsmengen in Verbindung mit guter Durchlässigkeit von Böden und hoher Speichereigenschaft des Untergrundes führen zu hohen Grundwasserneubildungsraten. Trotz hoher Niederschläge kann es in Verbindung mit schweren Böden und schlechten Speichereigenschaften der Gesteine (Kluft- und Karstbildende Gesteinsformationen) zu einer geringeren Grundwasserneubildung und einem entsprechend höheren Oberflächenabfluss kommen (NLWKN 2012). Auch bei geringen Grundwasserflurabständen finden aufgrund der begrenzten Infiltrationskapazität der Böden ein erhöhter Oberflächenabfluss und eine verminderte Grundwasserneubildung statt. In Kapitel 2.7 wird die Grundwasserneubildung innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes erläutert.

Grundwasserentnahmen erfordern eine Genehmigung durch die Untere Wasserbehörde in Form einer Erlaubnis oder einer Bewilligung,

da jede Wasserentnahme aus einem Grundwasserleiter eine Benutzung darstellt. Eine Entnahme von Grundwasser bedeutet immer eine Veränderung des hydrodynamischen Zustands. Eine Vielzahl miteinander konkurrierender Eingriffe wie die Gewinnung von Grundwasser zur Trinkwasserversorgung oder als Brauch- und Produktionswasser für Gewerbe und Industrie oder für die landwirtschaftliche Beregnung und den Tierbedarf verändern den Grundwasserspiegel nachhaltig und vermindern die Grundwasserdargebotsreserve (NLWKN 2012).

Wasserrechte und Wasserentnahmen werden digital durch die Unteren Wasserbehörden im Wasserbuch- und Wasserentnahmeprogramm Niedersachsen (WBE) erfasst. Das WBE ist der Landesdatenbank (LDB) angeschlossen und steht sowohl Fachleuten als auch der Öffentlichkeit zur Verfügung.

Neben Wasserentnahmen kommen weitere Einflüsse anthropogener Aktivitäten wie z. B. der Abbau von Lagerstätten, Versiegelung und Entwässerung von Flächen usw. hinzu, die sich negativ auf die Grundwasserstände auswirken können (siehe auch Kap. 7).

In Tab. 12 sind die Kenndaten für die mengenmäßige Bewirtschaftung der Hunte-GWK aufgeführt. Im Hunte-Gebiet ist das nutzbare Dargebot für den GWK Hunte Lockergestein links mit 51,1 Mio. m³/a am höchsten. Aufgrund des hohen Anteils an genehmigen Entnahmen der öffentlichen Trinkwasserversorgung ist die nutzbare Dargebotsreserve niedriger als im GWK Hunte Lockergestein rechts. Der Anteil genehmigter Entnahmen am nutzbaren Dargebot beträgt für den GWK Hunte Lockergestein rechts 50%, für den linksseitigen GWK aufgrund der hohen Trinkwasserentnahmen 74 %, für den rechtsseitigen Festgesteins-GWK 87 % bzw. für den linksseitigen Festgesteins-GWK 63 %.

Tab. 12: Nutzbares Dargebot der Grundwasserkörper innerhalb des Hunte-Gebietes (MU 2015 c, ergänzt).

| Name des GWK | Fläche des GWK in NDS [km²] | Flächenanteil des GWK in NDS [%] | Mittleres Grundwasserdargebot, abgeschätzt nach Growa06v2 [Mio. m³/a] | Trockenwetterdargebot [Mio. m³/a] | Genehmigte Entnahmemengen [Mio. m³/a] | Nutzbare Dargebotsreserve [Mio. m³/a] | Nutzbares Dargebot [Mio. m³/a] | Anteil genehmigter Entnahmen am nutzbaren Dargebot [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hunte Lockergestein rechts | 1.281,72 | 95,4 | 194,92 | 104,07 | 18,44 | 18,58 | 37,02 | 50 |
| Hunte Lockergestein links | 1.238,88 | 100,0 | 184,95 | 99,98 | 37,56 | 13,54 | 51,10 | 74 |
| Hunte Festgestein rechts | 28,66 | 91,3 | 2,23 | 0,95 | 0,52 | 0,08 | 0,60 | 87 |
| Hunte Festgestein links | 86,59 | 100,0 | 9,42 | 4,34 | 1,21 | 0,71 | 1,92 | 63 |

Auch in den Festgesteins-GWK handelt es sich im Wesentlichen um Entnahmen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung. Eine Auswertung der WBE zu bewilligten mengenbilanzrelevanten Wasserrechten mit Stand März 2015 ist erstellt worden (Abb. 55, Tab. 13).
Insgesamt sind im Einzugsgebiet der Hunte Wasserrechte in Höhe von 58,1 Mio. m³/a erteilt worden, wobei 97 % (56,4 Mio. m³/a) den flächenstarken Lockergesteins-GWK zuzurechnen sind. Die Lockergesteins-GWK erstrecken sich über 95 % der Einzugsgebietsfläche. Lediglich 4,4 % des Einzugsgebietes sind den Festgesteins-GWK zuzuordnen. Die genehmigten Entnahmemengen betragen im Festgestein mit rund 1,73 Mio. m³/a lediglich ein Drittel des Anteils im Lockergestein.

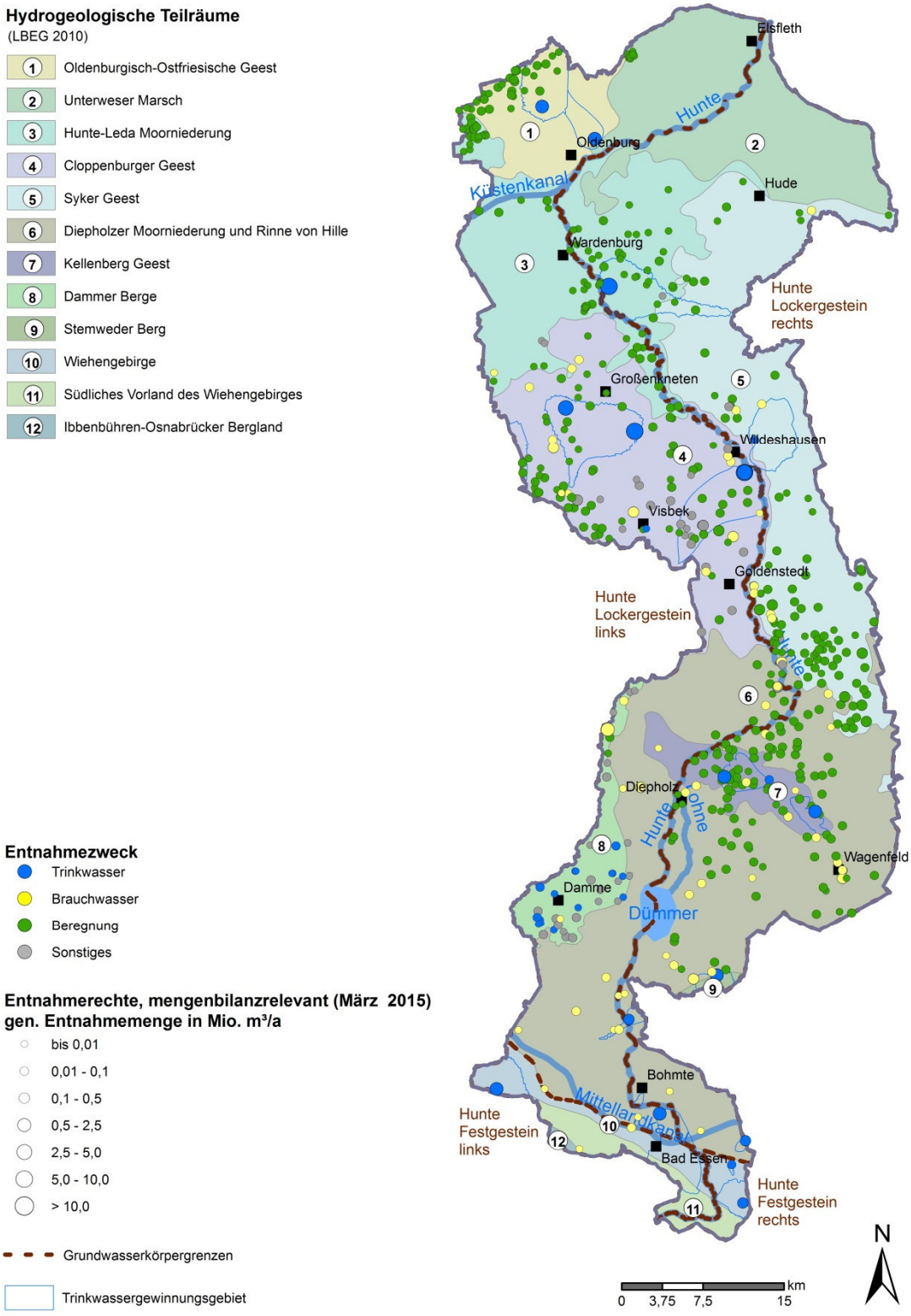



Abb. 55: Genehmigte Entnahmemengen nach Auswertungen des Wasserbuch- und Wasserentnahmeprogramms Niedersachsen.

Flächenbezogen sind in den Festgesteins-GWK jedoch vergleichsweise hohe Entnahmen bis 15.000 m³/a und km² zulässig. Im Lockergestein sind dies 22.000 m³/a und km². Der flächenbezogene Anteil der genehmigten Entnahmen in den Festgesteinsgebieten erhöht sich damit auf rund 70 % im Vergleich zum Lockergestein.

Die zum Zweck der Trinkwassernutzung vergebenen Entnahmemengen betragen rund 76 % der Gesamtentnahmemenge. Hauptentnahmegebiete für die Trinkwasserförderung (Abb. 56) sind die Geest-Gebiete innerhalb des Einzugsgebietes.

Rund 72 % der zum Zweck der Beregnung (Abb. 57) landwirtschaftlicher bzw. gartenbaulicher Erzeugnisse vergebenen Wasserrechte sind im GWK Hunte Lockergestein rechts erteilt worden (6,6 Mio. m³/a). Schwerpunkt der Beregnungstätigkeiten ist der Kartoffelanbau. Im Norden des Hunte-Gebietes wird auch das Ammerland mit einem hohen Anteil an bewässerungsintensiven Baumschulquartieren angeschnitten.

Tab. 13: Genehmigte mengenbilanzrelevante Entnahmemengen innerhalb der Hunte-Grundwasserkörper (GWK), (berechnet, Daten-Quelle elektronisches Wasserbuch, März 2015).

| GWK | Gesamtentnahme (GE) [m³/a] | Beregnung Entnahme [m³/a] | Beregnung Anteil an GE [%] | Brauchwasser Entnahme [m³/a] | Brauchwasser Anteil an GE [%] | Trinkwasser Entnahme [m³/a] | Trinkwasser Anteil an GE [%] | Sonstiges Entnahme [m³/a] | Sonstiges Anteil an GE [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hunte Lockergestein rechts | 18.603.135 | 6.596.662 | 35,5 | 1.188.626 | 6,4 | 10.707.900 | 57,6 | 109.947 | 0,6 |
| Hunte Lockergestein links | 37.812.217 | 2.599.629 | 6,9 | 2.406.402 | 6,4 | 31.493.200 | 83,3 | 1.312.986 | 3,5 |
| Hunte Festgestein rechts | 518.000 | - | - | - | - | 518.000 | 100,0 | - | - |
| Hunte Festgestein links | 1.207.250 | - | - | 39.250 | 3,3 | 1.168.000 | 96,7 | - | - |
| Gesamt | 58.140.602 | 9.196.291 | 15,8 | 3.634.278 | 6,3 | 43.887.100 | 75,5 | 1.422.933 | 2,4 |

GE = Gesamtentnahme der Nutzungen



Abb. 56: Wasserwerk Großenkneten (OOWV).



Abb. 57: Beregnung von Getreide.

## 5.2 Trinkwasserversorgung

Die der Allgemeinheit dienende öffentliche Trinkwasserversorgung ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge.
Die öffentliche Wasserversorgung dient der Sicherstellung von Trink- und Brauchwasser in der durch die TrinkwV 2001 vorgeschriebenen Qualität. Die TrinkwV 2001 stellt eine Umsetzung der EG Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG „über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ in nationales Recht dar (Trinkwasserrichtlinie 1998). Sie schreibt vor, dass Trinkwasser frei von Krankheitserregern (mikrobielle Parameter) sein muss und dass bestimmte Schadstoffe wie Nitrate, Schwermetalle und Pflanzenschutzmittel (chemische Parameter) die vorgeschriebenen Grenzwerte nicht überschreiten dürfen.

Es ist eine Aufgabe der Städte und Gemeinden, die Wasserversorgung sicherzustellen, wobei die Wasserversorgung selbst oder von WVU übernommen werden kann. Verbände, kommunale Gesellschaften, Betriebe der Gemeinden, gemischt öffentlich-privatrechtliche Gesellschaften sowie ausschließlich privatrechtliche Unternehmensformen können in der Trinkwasserversorgung tätig sein.

Die Versorgung mit Trinkwasser wird auch im Flusseinzugsgebiet durch unterschiedliche Organisationsformen sichergestellt (Abb. 58). Die WVU sind für die Wasserversorgung der Bevölkerung in abgegrenzten Gebieten, sogenannten Versorgungsräumen, zuständig (NLWKN 2012). Der Versorgungsraum des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV) deckt rund 59 % des Hunte-Einzugsgebietes ab (Abb. 58). Daneben sichern die WVU “Verkehr und Wasser GmbH Oldenburg“, Stadt Vechta, Gemeinde Neuenkirchen-Vörden, Stadtwerke EVB Huntetal GmbH, Samtgemeinde Altes Amt Lemförde, Wasserverband Wittlage, Stadt Melle sowie die Gemeinde Belm die Trinkwasserversorgung im Gebiet.

In den vom Flusseinzugsgebiet der Hunte angeschnittenen Landkreisen Ammerland, Cloppenburg, Diepholz, Oldenburg, Osnabrück, Vechta, Wesermarsch sowie in der kreisfreien Stadt Oldenburg und in dem im Huntegebiet gelegenen Teilbereich der Stadt Delmenhorst erfolgt die Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser (LSN 2014). Die Einwohner in den entsprechenden Landkreisen sind vollständig oder fast vollständig an die öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen (Abb. 58, Tab. 14). Lediglich im Landkreis Vechta versorgen sich 4,3 % und im Landkreis Osnabrück 6,6 % der Einwohner über eine Hauswasserversorgung, die von den zuständigen Gesundheitsämtern regelmäßig kontrolliert wird. Mit Ausnahme der Landkreise Diepholz (130,4 l) und Osnabrück (132,6 l) liegt der Wasserverbrauch der Haushalte unter dem Landesdurchschnitt von 126 l pro Einwohner und Tag.

Im Bereich der Dammer Berge erfolgt regional sehr begrenzt auch eine Versorgung über Vereine, Verbände und Gemeinschaften, die lediglich einzelne Förderbrunnen betreiben.

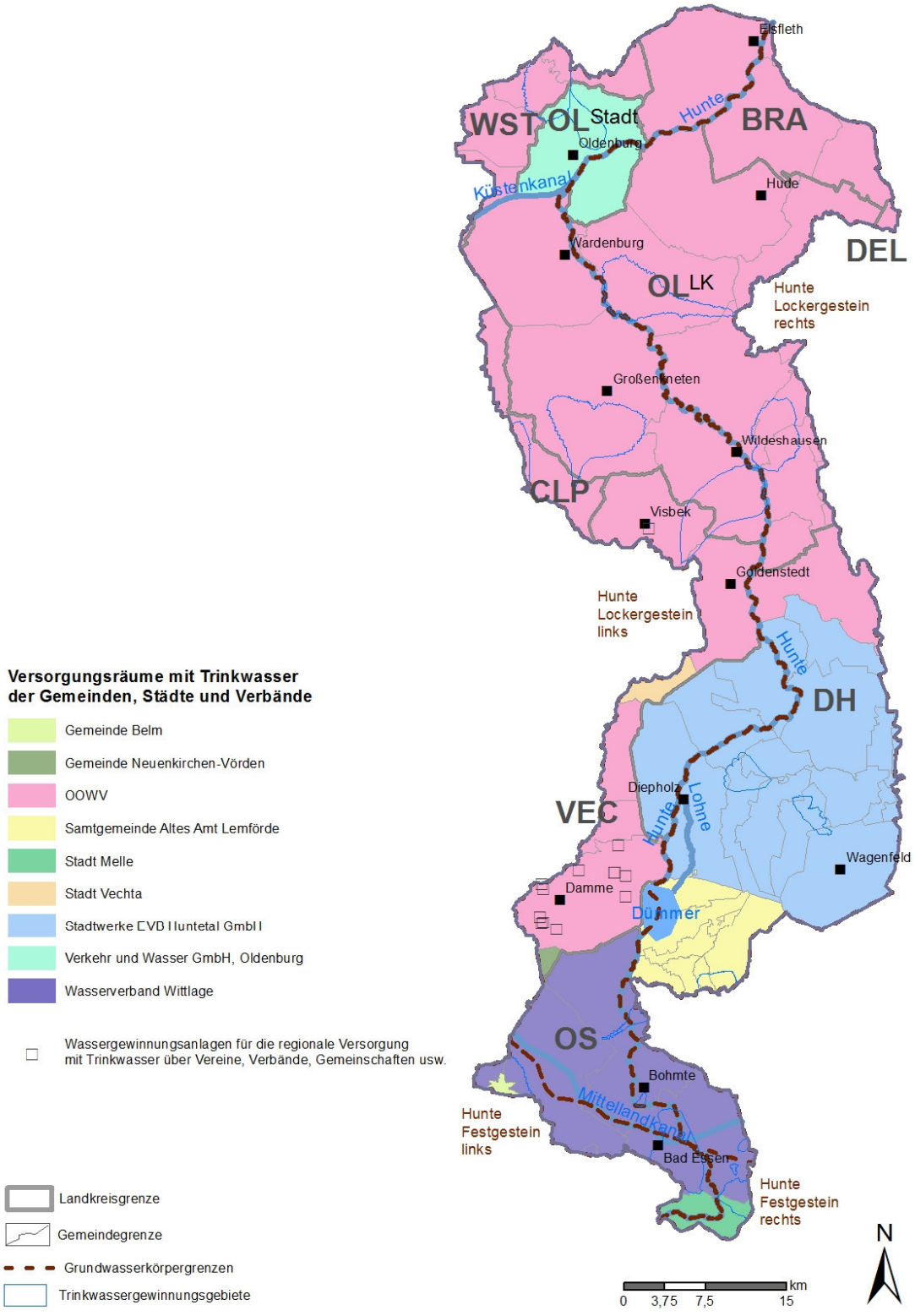



Abb. 58: Trinkwasser-Versorgungsräume der Verbände, Städte und Gemeinden sowie privater Vereine und Gemeinschaften.

Tab. 14: Öffentlichen Wasserversorgung in 2010 in den Landkreisen im Bereich des Einzugsgebietes der Hunte (eigene Zusammenstellung, Datenquelle LSN 2014).

| Landkreise | LK-Anteil im Hunte-Einzugs-gebiet [%] | Jahr | Wasserabgabe je Einwohner und Tag insge-samt (*) [L(E*d)] | Abgabe je Einwohner und Tag (**) [L/(E*d)] | Bevölkerung Anzahl | Angeschlossene Einwohner [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ammerland | 13 | 2010 | 186,9 | 117,3 | 117.869 | 99,9 |
| Cloppenburg | 4 | 2010 | 184,9 | 110,5 | 158.968 | 98,9 |
| Diepholz | 36 | 2010 | 161,1 | 130,4 | 213.404 | 98,8 |
| Vechta | 34 | 2010 | 168,6 | 119,2 | 133.656 | 95,7 |
| Wesermarsch | 27 | 2010 | 292,8 | 110,6 | 90.979 | 100 |
| Oldenburg | 79 | 2010 | 175,5 | 115,1 | 128.127 | 99,6 |
| Osnabrück | 15 | 2010 | 157,8 | 132,6 | 333.793 | 93,4 |
| Stadt Olden-burg | 100 | 2010 | 202,1 | 118,1 | 57.431 | 100 |
| Stadt Delmen-horst | 6 | 2010 | 140 | 122,8 | 74.592 | 100 |

(*) Gesamtwasserabgabe an Letztverbraucher wie Gewerbe, Kleingewerbe, Privathaushalte und sonstiges
(**) Gesamtwasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe

**Entnahmesituation der öffentlichen Trinkwasserversorgung**

Zur Berechtigung für die Förderung von Trinkwasser werden von den Unteren Wasserbehörden Wasserrechte erteilt. Die Höhe der genehmigten Wasserrechte richtet sich nach der Wasserbedarfsprognose und der förderbaren Menge (NLWKN 2012). Aufgrund der unterschiedlichen Entnahmebedingungen sowie der differenten Grundwasserneubildungsraten in den Locker- und Festgesteinsbereichen sind die Wasserrechte für die öffentliche Trinkwasserversorgung im Flusseinzugsgebiet der Hunte inhomogen verteilt. Gegenwärtig bestehen im Einzugsgebiet der Hunte Wasserrechte für die Öffentliche Trinkwasserversorgung in Höhe von 44 Mio. m³/a (Stand 2015). Dabei entfallen 96,2 % auf die Wassergewinnungsanlagen (WGA) in den Grundwasserkörpern des Lockergesteinsbereiches und 3,8 % auf die WGA in den Festgesteinsgrundwasserkörper. Aufgrund der günstigen Entnahmebedingungen liegen die genehmigten Entnahmemengen der WGA in den Geestgebieten (z.B. Großenkneten (14 Mio. m³/a), Wildeshausen (11,5 Mio. m³/a) auf einem hohen Niveau. Die einzelnen bestehenden Wasserrechte können der Tab. 10 entnommen werden. In den Niederungsgebieten sind kaum Wasserrechte vergeben worden. Lediglich im südlichen Randbereich der Diepholzer Moorniederung sind WGA mit Wasserechten bis 1,5 Mio. m³/a (z.B. Harpenfeld, Tab. 10, Abb. 59) vorhanden. Für die Festgesteinsgebiete sind 1,686 Mio. m³/a mengenbilanzrelevante Entnahmemengen genehmigt (Tab. 13, Abb. 59).

Im Jahr 2014 wurden im Hunte-Einzugsgebiet 38 Mio. m³/a tatsächlich zur Sicherung der Trinkwasserversorgung entnommen. Dies entspricht einer Ausschöpfung von 86 % der genehmigten Entnahmemenge von 44 Mio. m³/a. Die zulässigen Entnahmemengen in Klassen und der Ausschöpfungsgrad der einzelnen WGA können der Abb. 59 entnommen werden. Der Ausschöpfungsgrad ist in den Festgesteinsgrundwasserkörpern deutlich niedriger als in den Lockergesteinsgrundwasserkörpern.

**Kurzinformation: Kap. 5 Grundwasserbewirtschaftung**

- Für mengenbilanzrelevante Entnahmemengen von 58 Mio. m³/a sind im Einzugsgebiet Genehmigungen erteilt worden.
- Flächenbezogen beträgt der Anteil der genehmigten Entnahmen im Festgestein ca. 70 % des Anteils im Lockergestein.
- Ca. 76 % der genehmigten Entnahmemengen sind für die Trinkwasserversorgung vorgesehen.
- 99 % der Haushalte sind an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen.
- Der Ausschöpfungsgrad der genehmigten Entnahmen durch die tatsächliche Wasserförderung ist im Festgestein geringer als in den Lockergesteinsgebieten.

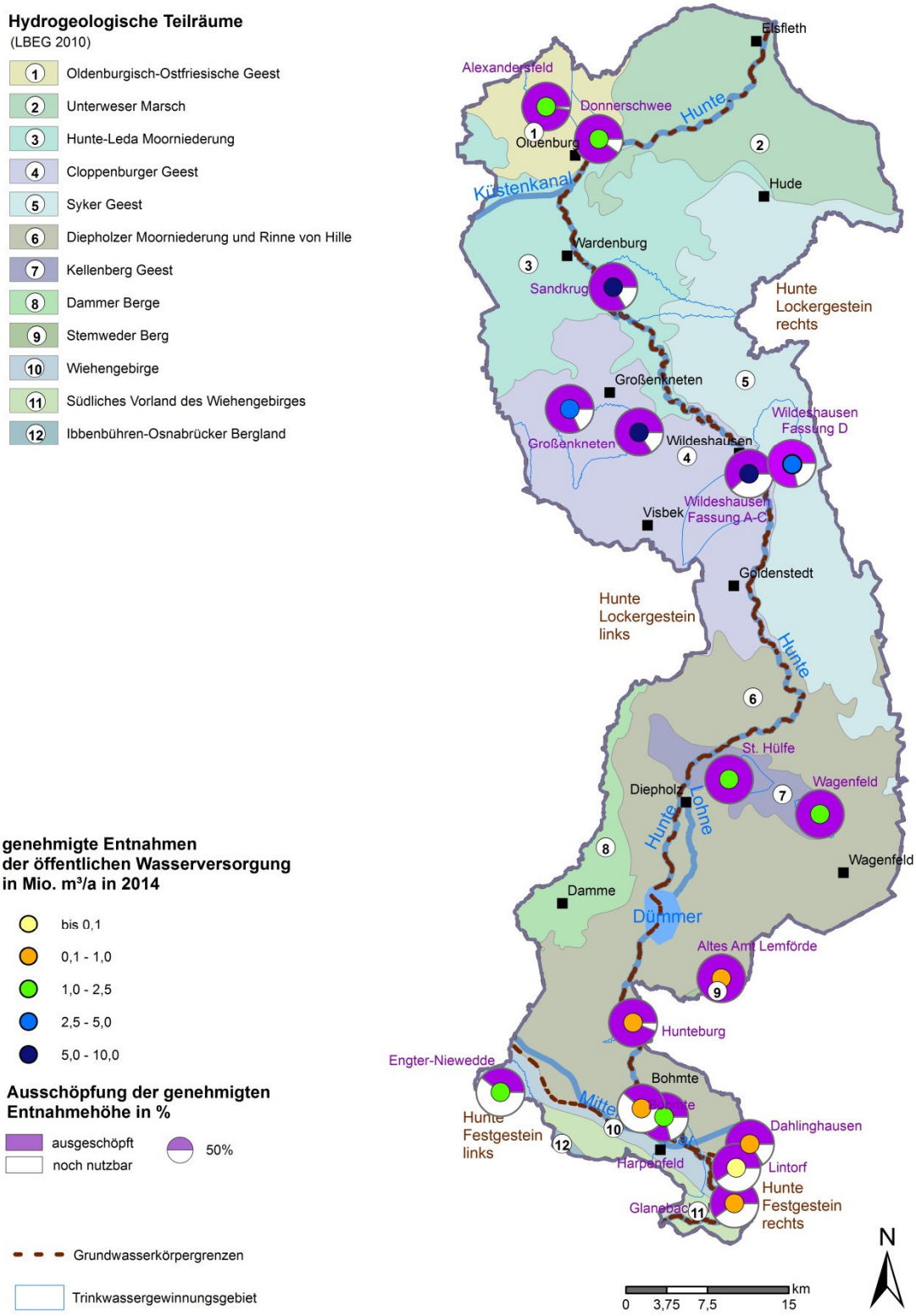



Abb. 59: Höhe und Ausschöpfung genehmigter Entnahmen der öffentlichen Wasserversorgung im Einzugsgebiet der Hunte.

# 6 Grundwasserüberwachung

Die Grundwasserbeschaffenheit und die Grundwassermenge unterliegen natürlichen wie anthropogenen Einflüssen. Insbesondere in Hinblick auf einen vorbeugenden Grundwasserschutz ist es wichtig, die Dynamik der Einflussfaktoren und ihre Auswirkungen auf das Grundwasser zu kennen, um bei einer negativen Veränderung rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

Grundwasser sollte in seiner Beschaffenheit anthropogen unbeeinflusst sein. Die natürliche Grundwasserbeschaffenheit wird primär von den chemischen und mineralogischen Eigenschaften des Untergrunds sowie des Sickerwassers mit seinen gelösten und ungelösten Inhaltsstoffen und den damit verbundenen chemischen und biochemischen Prozessen bestimmt. Eine zunehmende Rolle spielen Inhaltsstoffe, die direkt oder indirekt durch menschliche Tätigkeit punktuell, linien- oder flächenhaft in das Grundwasser eingebracht werden (NLWK 2001).

Die Beobachtung der Grundwassergüte stützt sich auf landeseigene Messstellen sowie auf Förderbrunnen der WVU und Vorfeldmessstellen, die von den WVU im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlagen betrieben werden.

Auch die Grundwassermenge unterliegt Veränderungen. Insbesondere klimatische Schwankungen haben Einfluss auf die Grundwassermenge. Grundwassernutzungen durch Grundwasserentnahmen aus der Industrie, der öffentlichen Wasserversorgung und der Landwirtschaft können sich negativ auf den Grundwasserstand auswirken und die Grundwasserressourcen selbst oder vom Grundwasser abhängige Ökosysteme beeinflussen.
Die Beobachtung der Grundwasserstände und der Entnahmemengen dient im Wesentlichen der Erfassung der Wasservorräte in den Grundwasserleitern und ihrer zeitlichen Veränderung sowie der Überwachung der räumlichen Auswirkungen von Grundwassernutzungen. Diese Kenntnisse stellen eine notwendige Voraussetzung für eine schonende, bedarfsgerechte Bewirtschaftung unserer Grundwasservorkommen und für wasserwirtschaftliche Planungen und Maßnahmen dar.

In Niedersachsen ist der NLWKN mit der Ermittlung, Archivierung und Aufbereitung der Gewässerdaten befasst. Die Daten zum quantitativen und qualitativen Zustand der Gewässer werden in Berichten und der LDB veröffentlicht und dienen als Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen, Entscheidungen und sonstige Maßnahmen im Land. Zur Wahrnehmung dieser Aufgabe baute das Land Niedersachsen ein Gewässerüberwachungssystem (GÜN) auf, das durch den Landesbetrieb betrieben und unterhalten wird. Aus diesem Messnetz können je nach Fragestellung Messstellen zur Beobachtung von Grundwasserbeschaffenheit und Grundwassermenge zusammengestellt und über einen langen Zeitraum beobachtet werden. Insofern ist der NLWKN nicht nur in der Lage, Einzeldaten pro Messstelle zu liefern, sondern auch die Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit und Menge zu beurteilen.

Darüber hinaus verpflichtet das NWG (§ 89 NWG) die Unternehmen der Öffentlichen Trinkwasserversorgung zur Eigenüberwachung des gewonnenen Rohwassers. Um möglichst frühzeitig negative Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit erkennen zu können, müssen im Einzugsbereich der Grundwasserentnahmen sogenannte Vorfeldmessstellen errichtet und durch die WVU betrieben und ausgewertet werden. Die Güte-Daten werden an den NLWKN übermittelt und von diesem weitergehend ausgewertet und bewertet. Näheres zur Untersuchung der Rohwassermessstellen, Vorfeldmessstellen und zur Datenweitergabe an die Unteren Wasserbehörden sowie den GLD ist per Erlass geregelt (MU 2013 a).

Die Daten und die Aus- und Bewertungen über den quantitativen bzw. qualitativen Zustand des Grundwassers werden der Öffentlichkeit in Berichtsform und über das Internet zur Verfügung gestellt. Der internetbasierte Grundwasserbericht Niedersachsen beispielsweise stellt umfangreiche Hintergrundinformationen zu Grundwasserstand und -güte bereit und liefert über interaktive Karten einen Überblick über die landesweite Grundwassersituation.

Für den vorliegenden Regionalbericht wurden neben Daten des NLWKN aus dem Landesmessnetz mit Zustimmung der WVU auch Daten von Vorfeldmessstellen der WVU verwendet, die im Rahmen der gesetzlichen Pflichten (§89 NWG) oder darüberhinausgehend erhoben wurden.

## 6.1 Messnetz

Während Belastungen der Atmosphäre z. B. durch Ozon oder Feinstaub sowie Verunreinigungen der Oberflächengewässer häufig unmittelbar erkennbar bzw. messbar sind, können nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit ohne entsprechende Überwachung lange Zeit verborgen bleiben. Voraussetzung für einen wirksamen Grundwasserschutz ist daher ein Netz von geeigneten Messstellen, aus dem das Wissen über Ursachen und Folgen von Belastungen gewonnen und mit dem der Erfolg von Schutzmaßnahmen überwacht werden kann (NLWKN 2012).

Das Grundwassermessnetz ist so angelegt, dass einmalige sowie wiederkehrende, kurzzeitige oder langfristige Belastungen erfasst und natürliche Veränderungen der Grundwassergüte als auch des Grundwasserstandes beobachtet werden können. Ausführliche Informationen zu den einzelnen Messprogrammen des GÜN sowie dem aktuellen Messkonzept können der NLWKN Schriftenreihe Grundwasser, Band 18 „Gewässerüberwachungssystem Niedersachen (GÜN)“ entnommen oder von der NLWKN Internetseite abgerufen werden (Abb. 60).

Die Grundwassermessstellen (GWM), Anlagen zur Ermittlung hydrologischer Daten des Grundwassers, werden als Grundwasserbeschaffenheitsmessstelle bezeichnet, wenn sie bei Einhaltung bestimmter Eignungskriterien als Probenahmestellen dienen. Diese Messstellen müssen die Voraussetzung bieten, eine möglichst unverfälschte Grundwasserprobe gewinnen zu können, die in stofflicher Hinsicht die örtlichen Gegebenheiten repräsentiert.

Grundwasserstandsmessstellen geben den gegenwärtigen Grundwasserstand im Grundwasserleiter wieder. Die Grundwasserbeschaffenheitsmessstelle erfasst in Abhängigkeit vom Ausbau einen räumlich begrenzten Ausschnitt des Grundwassers im Anstrom zur GWM (NLWK 2001).

Die Festlegung von Mess- bzw. Beprobungsturnus und des zu erfassenden Parameterumfanges eines Güteprogramms erfolgt dabei angepasst an regionale und landesweite Fragestellungen sowie nationaler und internationaler Berichtspflichten gemäß eines vom NLWKN erarbeiteten Messkonzeptes. Die Vielfältigkeit der Anforderungen spiegelt sich in den verschiedenen Messprogrammen wider (Abb. 60). Die Messnetzkonzeption wird in regelmäßigen Abständen den neuen Erkenntnissen und der fortschreitenden Entwicklung der Mess- und Analysentechnik sowie den sich ändernden aktuellen Fragestellungen angepasst.

Der Betrieb des GÜN Grundwassermessnetzes umfasst die Prbenahme (Abb. 61), die Durchführung der Vor-Ort-Messungen (Abb. 62) die Laboruntersuchung der Proben sowie die Wartung, die Unterhaltung der Messstellen (NLWKN 2012). Daneben werden bei Bedarf neue Messstellen gebaut (Abb. 63, Abb. 64).

Ferner erfolgt die Sammlung, Plausibilitätsprüfung und Auswertung der erhobenen Daten und deren Darstellung im Internet (Landesdatenbank, niedersächsische Umweltkarten) und in Berichten wie beispielweise dem vorliegenden Regionalbericht oder dem internetbasierten Grundwasserbericht (Kap. 1, Abb. 1).

| Grundwasser-Messkonzept 2014 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| GÜN-Messprogramme | | Anzahl Messstellen Programm | Land | Dritte |
| Stand | Grundwasser-Stand | 1584 | 1558 | 26 |
| | WRRL-Stand | 1121 | 903 | 218 |
| | Klima-Stand | 240 | 240 | 0 |
| Güte | Grundwasser-Güte | 601 | 594 | 7 |
| | WRRL-Güte | 1085 | 759 | 326 |
| | WRRL-Pflanzenschutzmittel (Incl. LAWA PSM) | 693 | 544 | 149 |
| | Versalzung/Intrusion | 394 | 216 | 178 |
| | Sonderuntersuchungen | Nach Bedarf | - | - |
| | Bodendauerbeobachtungsflächen | 100 | 95 | 5 |
| | Messstellen der Eigenüberwachung der Wasserversorgungsunternehmen | Keine Angabe | - | - |
| | Nitrat- und Pflanzneschutzmittel (LAWA) | 23 | 23 | 0 |
| | Europäische Umweltagentur (EUA)* | 167 | 160 | 7 |
| | Teilmessnetz Landwirtschaft | 103 | 100 | 3 |
| | Evaluierung von Grundwasserschutzmaßnahmen in Trinkwassergewinnungsgebieten** | 1410 | 44 | 1366 |

*EUA-Messnetz ab 2015; ** Messstellen nicht Teil des GLD-Messnetzes

Abb. 60: Grundwassergüte und Grundwasserstände werden in Niedersachsen im Rahmen von verschiedenen Messprogrammen umfassend überwacht (NLWKN 2014).



Abb. 61: Gütebeprobung an einer Grundwassermessstelle.



Abb. 62: Grundwasserstandsmessung.

Zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit im Hunte-Einzugsgebiet wurden Daten von 369 Messstellen (Landesmessstellen, Förderbrunnen, Vorfeldmessstellen, sonstige Brunnen der WVU) ausgewertet (Tab. 15). Grundwassergütedaten aus den WSG und TWGG Alexandersfeld, Donnerschwee, Sandkrug, Großenkneten, Wildeshausen, St. Hülfe, Wagenfeld, Altes Amt Lemförde, Hunteburg, Engter-Niewedde, Bohmte, Dahlinghausen, Harpenfeld sowie Glanebachtal sind von den zuständigen WVU zur Verfügung gestellt worden (Tab. 6).

Insgesamt konnten Daten von 223 GWM und von 146 FB, darunter 29 mittlerweile stillgelegte Brunnen, ausgewertet werden (Tab. 15). Zur Darstellung der Grundwasserstandsentwicklung stehen Landesmessstellen mit Grundwasserstandsdaten zur Verfügung (Tab. 16). Ausgewertet wurden 133 Messstellen, deren Messreihe mindestens 30 Jahre bzw. 20 Jahre umfassen. Im Festgestein standen keine Landesmessstellen mit entsprechend langen Messreihen zur Verfügung.

Tab. 15: Anzahl (Betreiber und Art) der für die Grundwasserbeschaffenheit ausgewerteten Messstellen im Einzugsgebiet der Hunte (Land = Landeseigene Messstelle, WVU = Wasserversorgungsunternehmen, FB = Förderbrunnen, GWM = Grundwassermessstellen).

| GWK | Gesamt | Betreiber | | Art | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Land | WVU | FB | GWM |
| Hunte Lockergestein rechts | 167 | 43 | 124 | 58 | 109 |
| Hunte Lockergestein links | 185 | 74 | 111 | 82 | 103 |
| Hunte Festgestein rechts | 8 | - | 8 | 3 | 5 |
| Hunte Festgestein links | 9 | 3 | 6 | 3 | 6 |
| Gesamt | 369 | 120 | 249 | 146 | 223 |

Tab. 16: Anzahl der für die Entwicklung der Grundwasserstände ausgewerteten Messstellen (Landesmessstellen) im Einzugsgebiet der Hunte.

| GWK | GWM |
|---|---|
| Hunte Lockergestein rechts | 52 |
| Hunte Lockergestein links | 81 |
| Hunte Festgestein rechts | - |
| Hunte Festgestein links | - |
| Gesamt | 133 |



Abb. 63: Trockenbohrung einer Grundwassermessstelle.



Abb. 64: Einsetzen eines Brunnenrohres beim Trockenbohrverfahren.

**Kurzinformation: Kap. 6 Grundwasserüberwachung**

- Der NLWKN unterhält ein Messnetz zur Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit sowie der Grundwasserstände.
- Die Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit stützt sich auf landeseigene Messstellen sowie auf Rohwasser- und Vorfeldmessstellen der WVU.
- Zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit wurde im vorliegenden Bericht auf 369 Messstellen zurückgegriffen.
- Für die Auswertung der Grundwasserstandsbeobachtungen standen 133 landeseigene Messstellen zur Verfügung.

# 7 Grundwasserstandsentwicklung

Der zeitliche Verlauf des Grundwasserstandes wird langfristig beobachtet. Die erforderlichen GWM werden im Rahmen des GÜN durch den NLWKN unterhalten und betrieben und bilden eine wichtige Grundlage für die Aufgabenwahrnehmung des GLD. In Abhängigkeit von der Messtechnik und der Fragestellung wird der Grundwasserstand in monatlichen, wöchentlichen oder täglichen Messungen ermittelt (NLWKN 2012). Vielfach erfolgt die Messung des Abstichs mittels Lichtlot (Abb. 65) oder durch Datensammler. Zunehmend werden die Grundwasserstände per Datenfernübertragung (DFÜ) automatisiert gemessen und übermittelt (Abb. 66). Die Daten bilden die Grundlage für Auswertungen und Beurteilung der Grundwassermenge (NLWKN 2012).

Die Grundwasserstandsdaten werden darüber hinaus zur Konstruktion von Grundwassergleichenplänen genutzt. Daraus sind die Höhen des Grundwasserspiegels in einer ganzen Region abzulesen. Durch Konstruktion der Linien gleichen Grundwasserstands zu einem definierten Beobachtungszeitpunkt (Stichtagsmessung) werden die Grundwassergleichen abgeleitet. Aus dem Grundwassergleichenplan lässt sich die Fließrichtung des Grundwassers bestimmen. Grundwassergleichenpläne werden, wenn möglich, für jeden Grundwasserleiter getrennt angefertigt.

Das LBEG stellt im Rahmen des digitalen niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) auf dem NIBIS-Kartenserver u. a. Grundwassergleichenpläne in den Maßstäben 1:200.000 und 1: 50.000 zur Verfügung.

Die Grundwasserstandsentwicklung und die Mengenvorräte werden durch natürliche Faktoren (insbesondere die Witterungs- und Klimadynamik) und anthropogene Einflüsse (Entnahmen, Entwässerung, Flurbereinigung, Aufstauungen) beeinflusst, die im Ganglinienverlauf sichtbar werden.

Der im Internetportal des MU verfügbare Grundwasserbericht Niedersachsen bietet anhand einer interaktiven Karte die Möglichkeit, sich Ganglinien ausgewählter Messstellen anzeigen zu lassen und Zusatzinformationen hierzu abzurufen.



Abb. 65: Grundwasserstandsmessung mit dem Lichtlot.



Abb. 66: Datenfernübertragungssonde (DFÜ).

## 7.1 Grundwasserganglinien

Bei der Darstellung einer Grundwasserganglinie werden die gemessenen Grundwasserspiegelhöhen gegen die Zeit aufgetragen. Der Verlauf dieser Ganglinie wird maßgeblich durch den Grundwasserzufluss bzw. -abfluss und durch die Grundwasserneubildung bestimmt. In oberflächennahem Grundwasser ist häufig eine direkte Abhängigkeit des Grundwasserstands von Niederschlagsereignissen und von der Evapotranspiration (Verdunstung) zu beobachten.

Meist untergeordnet können noch Schwankungen des Luftdruckes und des Auflastdruckes (insbesondere in gespannten Grundwasserleitern), Einflüsse von Erd- und Meeresgezeiten sowie seismische Aktivitäten den Verlauf der Grundwasserganglinie beeinflussen (NLWKN 2012).

Die Ganglinien zeigen typische Verläufe, die auf den Witterungsablauf im Jahresgang aber auch auf geologische, hydrologische sowie bauliche Faktoren wie Versiegelung und Meliorationsmaßnahmen zurückgeführt werden können.

Der Grundwasserstand und seine Veränderungen werden hauptsächlich von folgenden Faktoren beeinflusst (NLWKN 2014):

a) <u>Natürliche Faktoren:</u>
- Klimatische Verhältnisse (z. B. Niederschlag, Temperatur, Verdunstung)
- Gestalt der Geländeoberfläche (Morphologie)
- Oberirdisches Gewässernetz
- Bodentyp, Bodenart
- Hydrogeologie des Untergrundes

b) <u>Anthropogene Faktoren:</u>
- Landnutzung
- Versiegelung der Erdoberfläche
- Stauhaltungen
- Gewässerausbau
- Meliorationsmaßnahmen
- Einleitungen in das Grundwasser
- Grundwasserentnahmen
- Einbauten in das Grundwasser
- Abbau von Bodenschätzen

In Abb. 67 ist für die GWM Beverbruch 3/6 der Niederschlagseinfluss exemplarisch dargestellt. Der über die Wintermonate ansteigende Grundwasserstand geht einher mit erhöhten Niederschlägen. In den Sommermonaten fallen die Grundwasserstände, in der Regel bis September/Oktober, um nach den Herbstniederschlägen wieder anzusteigen. Extreme Niederschlagsereignisse spiegeln sich in kurzfristig erhöhten Grundwasserständen wider.

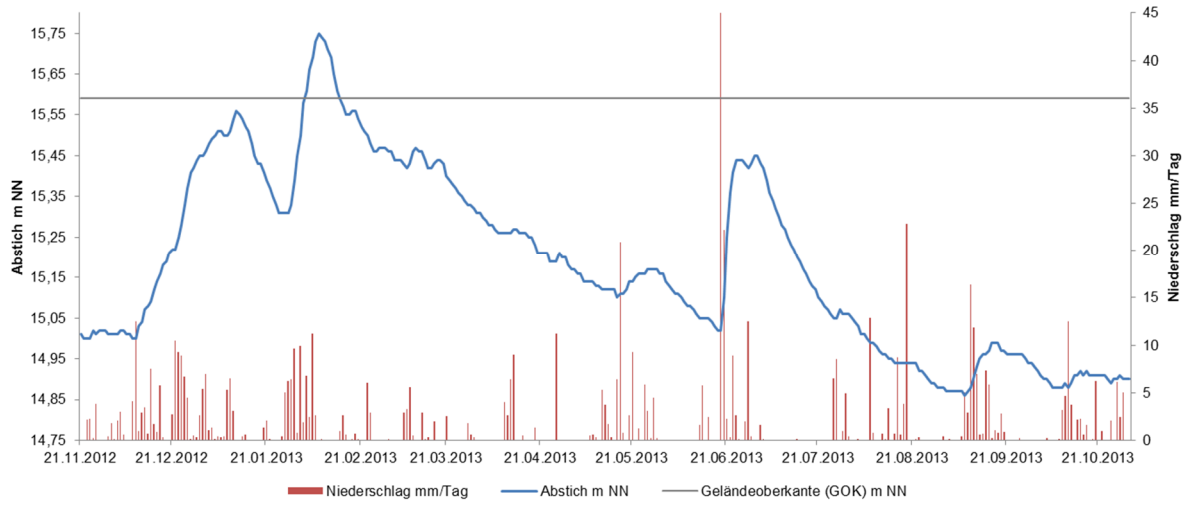



Abb. 67: Ganglinie der Grundwasserstände der Messstelle Beverbruch 3/6 (Teilraum Hunte-Leda Moorniederung) für den Zeitraum vom 21.11.2012 bis zum 31.10.2013 und Tagesniederschläge (DWD Station Großenkneten).

## 7.2 Analyse der Grundwasserstandsentwicklung

Die Auswertungen der Grundwasserstandsentwicklung (Trendanalyse) ermöglicht die Aussage über langfristige Veränderungen der Grundwasservorräte. Die Betrachtung eines Zeitraums von 30 Jahren entspricht sowohl dem Vorgehen in der Meteorologie als auch in der Hydrologie. Es wird davon ausgegangen, dass sich das durchschnittliche Geschehen erst in einem längeren Zeitraum genauer beurteilen lässt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in dieser Zeitreihe bereits alle möglichen Extremwerte aufgetreten sein müssen (NLWKN 2012).

Da nicht von allen Landesmessstellen im Flusseinzugsgebiet der Hunte lückenlos 30-jährige Zeitreihen zur Verfügung stehen, werden hilfsweise auch 20-jährige Zeitreihen dargestellt. Von Bedeutung ist dabei auch der Vergleich der unterschiedlichen Betrachtungszeiträume.

Im Rahmen des Regionalberichtes werden bei der Trendanalyse nur Landesmessstellen berücksichtigt. Messstellen der WVU sind nicht in die Auswertungen einbezogen worden, da hier von einer Beeinflussung der Grundwasserstände durch die Grundwasserentnahme ausgegangen wird.

Bezugsebene für die Auswertungen sind die innerhalb des Huntegebietes liegenden Flächenanteile der hydrogeologischen Teilräume (Kap. 2.5, Abb. 24).

## 7.3 Aus- und Bewertungsmethodik

Im Unterschied zur Gefährdungsabschätzung und zur Bewertung des mengenmäßigen Zustands der GWK gem. EG-WRRL (siehe Kapitel 4.1.1), die in Niedersachsen auf einer in einzelne Prüfschritte gegliederten Matrix basieren, werden im Rahmen des vorliegenden Regionalberichtes keine flächenbezogenen, sondern punktuelle, messstellenbezogene Aussagen getätigt.

Im vorliegenden Bericht werden unabhängig von der Bewertung nach der EG-WRRL Grundwasserstandsdaten nach regionalen Aspekten ausgewertet und in entsprechenden Kartenabbildungen dargestellt. Analog zum Vorgehen Niedersachsens bei der Ermittlung des mengenmäßigen Zustandes der Grundwasserkörper wird eine modifizierte Trendauswertung nach Grimm-Strele (NLWKN 2013 a) zur Auswertung der Grundwasserstandsentwicklung auch für diesen Bericht verwendet.

Für den 30-jährigen Trend wird der Zeitraum vom 01.11.1984 bis zum 31.10.2014 berücksichtigt. Die Zeitreihe vom 01.11.1994 bis zum 31.10.2014 ist für die Berechnung des 20-jährigen Trends relevant.

Der Trendkoeffizient ergibt sich aus dem Verhältnis von Steigung der Regressionsgeraden in Zentimeter pro Jahr (cm/a) und der Spannweite der Extremwerte der Zeitreihe in Zentimeter (cm). Bei dem Verfahren nach Grimm-Strele wird nicht allein die Steigung der Regressionsgeraden, sondern auch die Differenz der beiden Extremwerte durch Division berücksichtigt. Dadurch wird die Schwankungsbreite des Grundwasserstandes (Spannweite der Gesamtamplitude einer Ganglinie) einbezogen. Als Extremwerte werden dabei der maximale und der minimale Einzelwert in der betrachteten Zeitreihe herangezogen (NLWKN 2012). Nach Gleichung 1 wird ein prozentualer positiver oder negativer Trendkoeffizient (in Prozent pro Jahr) berechnet und einer von fünf Klassen von „stark fallend“ bis „stark steigend“ zugeordnet (Tab. 17).

Gleichung (1)

$$\frac{Steigung\ der\ Regressionsgeraden\ (\frac{cm}{a})}{Spannweite\ der\ Extremwerte\ (cm)} = Trendkoeffizient$$

Eine beispielhafte Trendberechnung ist in Abb. 68 für die GWM Stüvenmühle I (Visbek, Teilraum Cloppenburger Geest) dargestellt. Nach Abgleich des Endergebnisses (-0,0183 (Steigung)/1,79 (Spannweite) *100 (Umrechnung %) = Trendkoeffizient -1,1) mit Tab. 17 ergibt sich für das vorliegende Beispiel eine stark fallende Grundwasserstandsentwicklung. Angesichts der starken Schwankungen der Grundwasserstände und des Fehlens eines Trends im Sinne einer stetigen linearen Entwicklung wird deutlich, dass die Trendklassifikation Ausdruck der mittleren Grundwasserstandsveränderung ist, jedoch keine Rückschlüsse auf die Dynamik innerhalb des Betrachtungszeitraumes zulässt.

Die in Tab. 17 dargestellten Klasseneinteilungen wurden der Empfehlung von Grimm-Strele folgend für die niedersächsischen hydrogeologischen Verhältnisse entsprechend angepasst, da die ursprüngliche Klassifizierung für baden-württembergische Verhältnisse entwickelt wurde.

Mit dieser Klasseneinteilung, die den Empfehlungen der Arbeitshilfe der Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2003) entspricht, ergibt sich für die Lockergesteinsgebiete des Flusseinzugsgebietes der Hunte ein plausibles Bewertungsbild, das die wasserwirtschaftlichen Entnahmesituationen der Region widerspiegelt.

Tab. 17: Klasseneinteilung der Bewertung nach Grimm-Strele (NLWKN 2013 a), angepasst an niedersächsische Verhältnisse.

| | |
|---|---|
| -4 % bis < -1 % pro Jahr | stark fallend |
| -1 % bis < -0,5 % pro Jahr | fallend |
| -0,5 % bis < +0,5 % pro Jahr | gleichbleibend |
| +0,5 % bis < +1 % pro Jahr | steigend |
| +1 % bis +4 % pro Jahr | stark steigend |

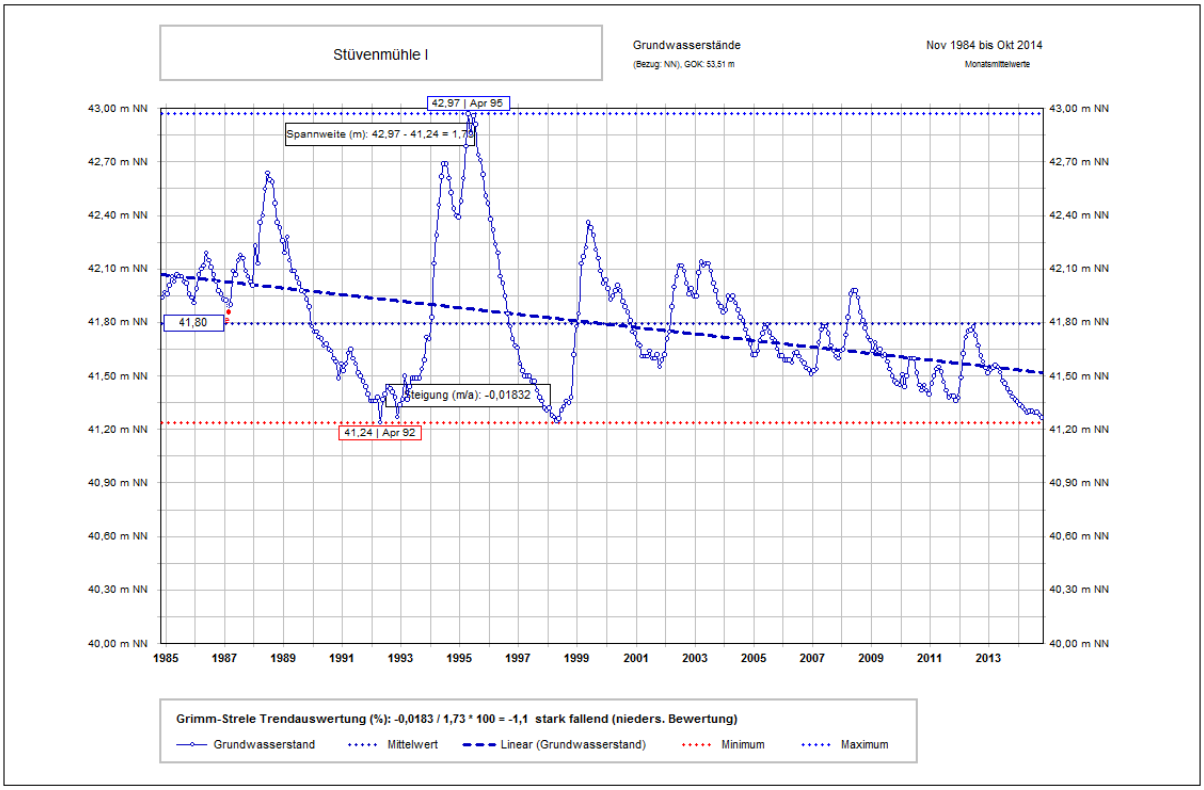



Abb. 68: Beispiel einer Trendberechnung nach Grimm-Strele für einen Zeitraum von 30 Jahren (01.11.1984 - 31.10.2014) für die Messstelle Stüvenmühle I anhand einer exemplarischen Ganglinie. Die blaue gestrichelte Linie zeigt die Regressionsgerade (Linear) an.

## 7.4 Grundwasserstandbeobachtung – Ergebnisse der Datenauswertung

Im Zuge des Berichtes werden unabhängig von der Risikoabschätzung und der Bewertung nach der EG-WRRL die Grundwasserstandsdaten punktuell für jede Messstelle ausgewertet und dargestellt.
In den vorliegenden Auswertungen werden Messstellen berücksichtigt, die eine Zeitreihe von 20 bzw. 30 Jahren aufweisen (siehe auch Kap. 7.2.). Als Bedingung für die Auswertung wurde festgelegt, dass lediglich bis zu 10 % Fehlmonate vorhanden sein dürfen. Für Messstellen mit Fehlmonaten zu Beginn und Ende der Zeitreihe werden keine Auswertungen durchgeführt.

Aufgrund der geringen Messstellendichte in den Festgesteins-GWK konnten in diesen Gebieten keine geeigneten Landesmessstellen ausgewertet werden. Daher beziehen sich die Trendbetrachtungen weitgehend (bis auf eine Messstelle im Bereich des Stemweder Bergs) auf das Lockergestein.
Für die Auswertungen im Hunte-Gebiet standen insgesamt 133 Landesmessstellen zur Verfügung. 133 GWM mit ausreichenden Zeitreihen waren für die Ermittlung einer 20-jährigen Grundwasserstandsentwicklung geeignet (Kap. 7.4.1). Für 120 GWM konnte auch ein 30-jähriger Trend berechnet werden (Kap. 7.4.2).

### 7.4.1 Grundwasserstandsentwicklung über 20 Jahre

Im Flusseinzugsgebiet der Hunte ist bei 51 GWM eine gleichbleibende Entwicklung der Grundwasserstände zu beobachten (Tab. 18). Insbesondere in den Niederungsgebieten (Hunte-Leda-Moorniederung, Diepholzer Moorniederung) und der Unterweser Marsch ist diese Tendenz erkennbar. Die GWM im südlichen Teil der Cloppenburger und Syker Geest im Übergangsbereich zur Diepholzer Moorniederung zeigen ebenfalls gleichbleibende Trends auf. Insgesamt gesehen kann hier von einer relativ ausgeglichenen Grundwassersituation ausgegangen werden. Sieben GWM in der Unterweser Marsch weisen steigende Trends, eine Messstelle in der Hunte-Leda-Moorniederung einen stark steigenden Trend auf. Die Messstelle Harbern II (stark steigende Grundwasserstände) liegt jedoch nicht im Bereich einer Wiedervernässung, sondern in einem Bereich mit intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung. Insgesamt sind 38 % der betrachteten Messstellen hinsichtlich der Grundwasserstandentwicklung unauffällig.

Insbesondere in den Geestgebieten und den Dammer Bergen ist eine stark fallende Tendenz der Grundwasserstände festzustellen. 26 von 133 Messstellen weisen bei einer Trendbetrachtung über 20 Jahre einen fallenden und 48 Messstellen einen stark fallenden Trend (Tab. 18, Abb. 69) auf. Insgesamt zeigen 56 % der Messstellen eine fallende Entwicklung. Die abnehmenden Grundwasserstände können auf anthropogene Ursachen hinweisen, wie beispielsweise Meliorationsmaßnahmen, Grundwasserentnahmen oder natürlich bedingt sein z.B. klimatisch durch zurückgehende Niederschläge (siehe auch Kap. 7.1). Für die Wetterstation Diepholz im Hunte-Einzugsgebiet (Teilraum Diepholzer Moorniederung) konnten im Zeitraum 1984 bis 2014 schwankende, jedoch tendenziell abnehmende Jahresniederschlagssummen ermittelt werden (Abb. 70).

Es ist zu berücksichtigen, dass Mitte der 1990er Jahre ein Grundwasserhochstand zu verzeichnen war, der bei der 20-jährigen Trendbetrachtung in den Beginn des Auswertezeitpunktes fällt und die Regressionsgrade deutlich beeinflusst.

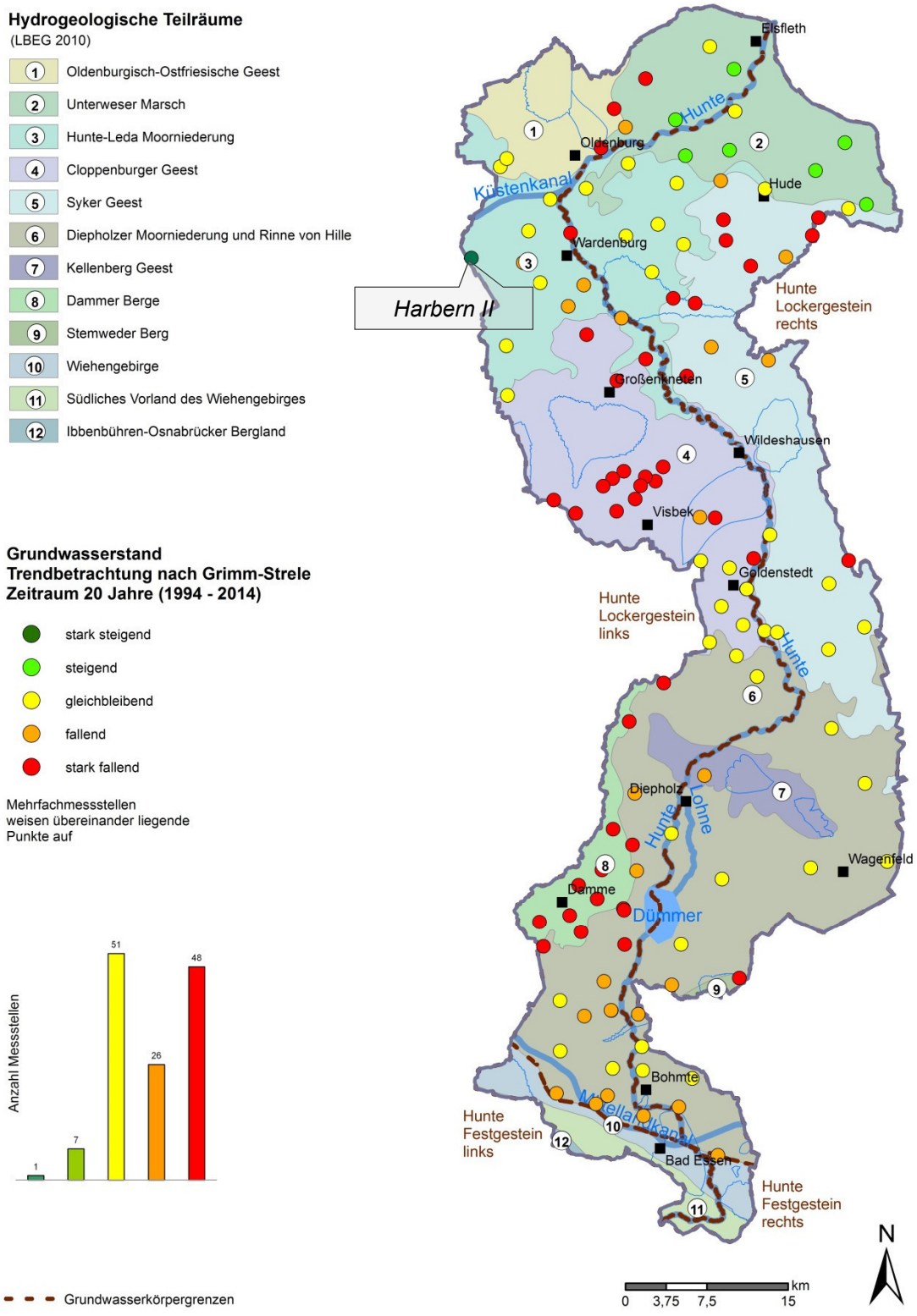



Abb. 69: 20-jährige Trendentwicklung des Grundwasserstandes im Einzugsgebiet der Hunte.

Tab. 18: Anzahl von GWM mit Beurteilung der Grundwasserstandentwicklung nach Grimm-Strele (20 Jahre) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes, Lockergestein.

| Hydrologischer Teilraum | Grimm-Strele Beurteilung | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Stark steigend | steigend | gleich-leibend | fallend | Stark fallend |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | - | - | - | - | 1 |
| Unterweser Marsch | - | 7 | 4 | 1 | 2 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 1 | - | 12 | 4 | 3 |
| Cloppenburger Geest | - | - | 11 | 2 | 16 |
| Syker Geest | - | - | 5 | 4 | 9 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | - | - | 19 | 14 | 8 |
| Kellenberger Geest | - | - | - | 1 | - |
| Dammer Berge | - | - | - | - | 8 |
| Stemweder Berg | - | - | - | - | 1 |
| Gesamt | 1 | 7 | 51 | 26 | 48 |

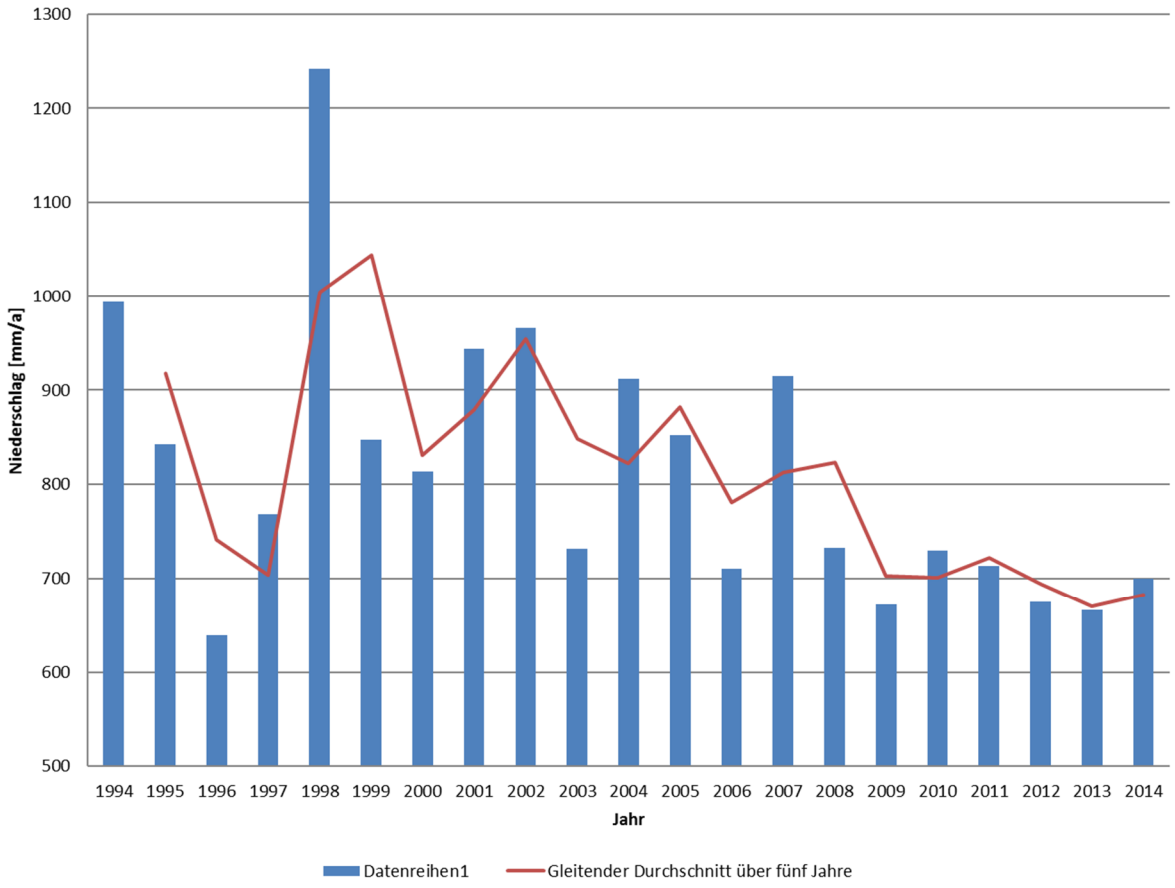



Abb. 70: Jahresniederschlagsmengen (DWD) der Station Diepholz für den Zeitraum 1994 bis 2014.

### 7.4.2 Grundwasserstandsentwicklung über 30 Jahre

Die Auswertung des 30-jährigen Trends der Grundwasserstände (Abb. 71) zeigt ein ähnliches Bild wie bei Heranziehung eines 20-jährigen Zeitraumes. 48 % der Messstellen weisen im langjährigen Vergleich gleichbleibende Grundwasserstände auf. Steigende Grundwasserstände sind lediglich in der Unterweser Marsch bzw. in der Hunte-Leda-Moorniederung im Randbereich zur Unterweser Marsch nördlich von Hude festzustellen.

Der fallende bzw. stark fallende Trend der Messstellen ist in einem Betrachtungszeitraum über 30 Jahre nicht so deutlich ausgeprägt wie bei einer Auswertung über 20 Jahre (Kap. 7.4.1), weil die Ausgangsbedingungen in den 1980er Jahren auf einem ähnlich hohen Niveau wie die Grundwasserstände Mitte der 1990er Jahr lagen. Im Gegensatz zum 20-jährigen Zeitraum hat der Grundwasserhochstand Mitte der 1990er Jahre kaum einen Einfluss auf die Trendberechnung über 30 Jahre. Insgesamt weisen 48 % der Messstellen einen negativen Trend auf. Stark fallend sind dabei 30 von insgesamt 120 Messstellen (Tab. 19).

Auffällig ist dabei die Häufung der Messstellen mit stark fallendem Trend im Nordbereich der Syker und Cloppenburger Geest sowie in den Dammer Bergen. Die abnehmenden Grundwasserstände können durch anthropogene Ursachen haben oder natürlich (z.B. klimatisch) bedingt sein (s. a. Kap. 7.1).

Für 120 Messstellen kann sowohl über einem Zeitraum von 30 Jahren als auch für den 20-jährigen Zeitraum eine Trend-Beurteilung nach Grimm-Strele vorgenommen werden. 36 Messstellen (Abb. 72) weisen dabei unterschiedliche Beurteilungen auf. 26 Messstellen zeigen über 30 Jahre einen besser eingestuften Trend auf, zehn Messstellen zeigen dagegen im 30-jährigen Zeitraum eine schlechtere Trendeinstufung als über 20 Jahre. Diese Messstellen befinden sich in Regionen mit geringen Grundwasserflurabständen wie der Unterweser Marsch bzw. dem Niederungsbereich um Bohmte nördlich des Wiehengebirges (Diepholzer Moorniederung). Hier herrschen Grundwasserflurabstände kleiner 2 m unter Geländeoberkante vor.

Tab. 19: Anzahl von GWM mit Beurteilung der Grundwasserstandentwicklung nach Grimm-Strele (30 Jahre) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes, Lockergestein.

| | Grimm-Strele Beurteilung | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Hydrologischer Teilraum** | **Stark steigend** | **steigend** | **gleich-leibend** | **fallend** | **Stark fallend** |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | - | - | - | - | - |
| Unterweser Marsch | | 4 | 8 | - | 1 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | - | 1 | 11 | 2 | 2 |
| Cloppenburger Geest | - | - | 14 | 5 | 9 |
| Syker Geest | - | - | 8 | 3 | 6 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | - | - | 15 | 16 | 5 |
| Kellenberger Geest | - | - | 1 | - | - |
| Dammer Berge | - | - | - | 1 | 7 |
| Stemweder Berg | - | - | - | 1 | |
| Gesamt | - | 5 | 57 | 28 | 30 |

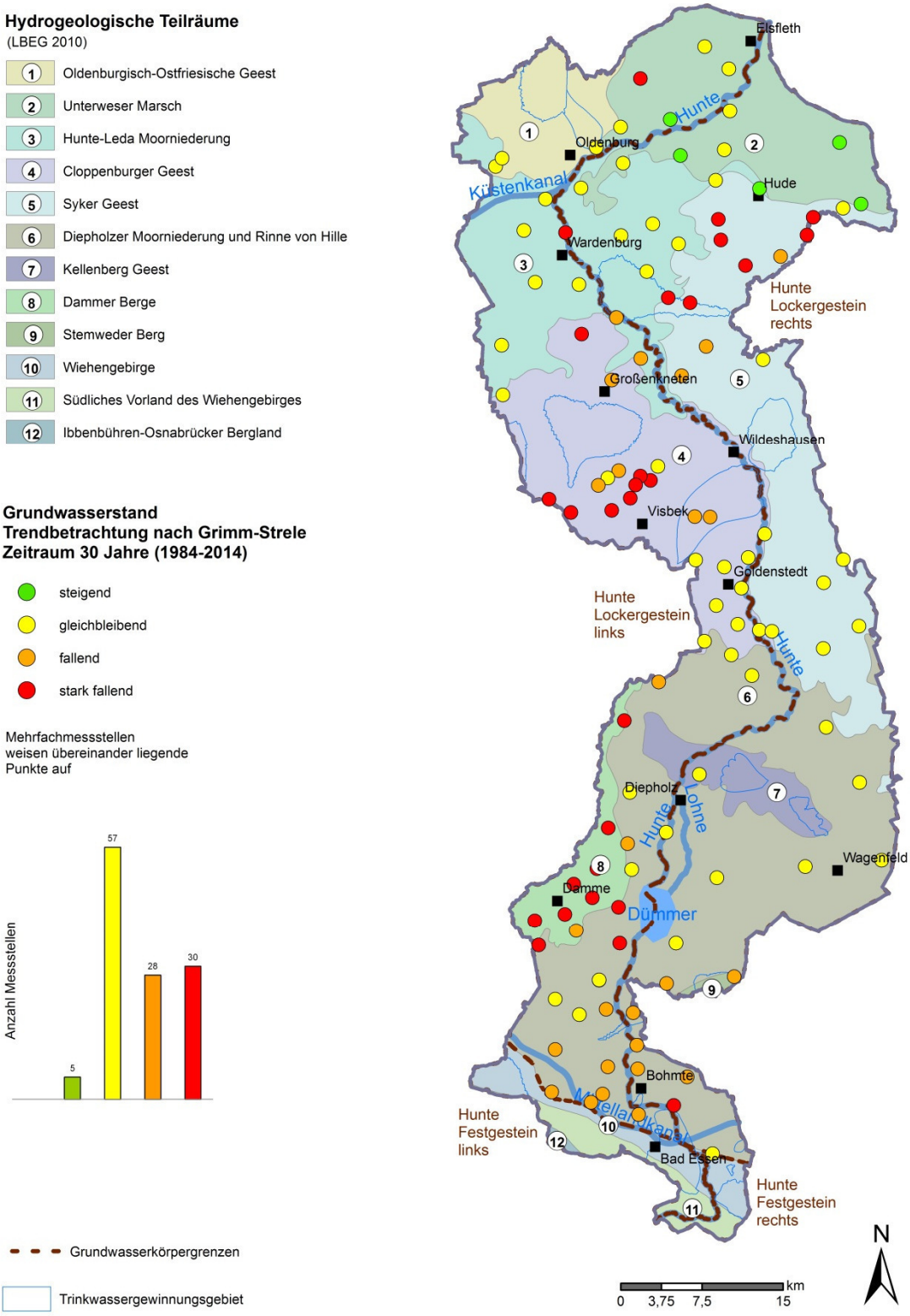



Abb. 71: 30-jährige Trendentwicklung des Grundwasserstandes im Einzugsgebiet der Hunte.

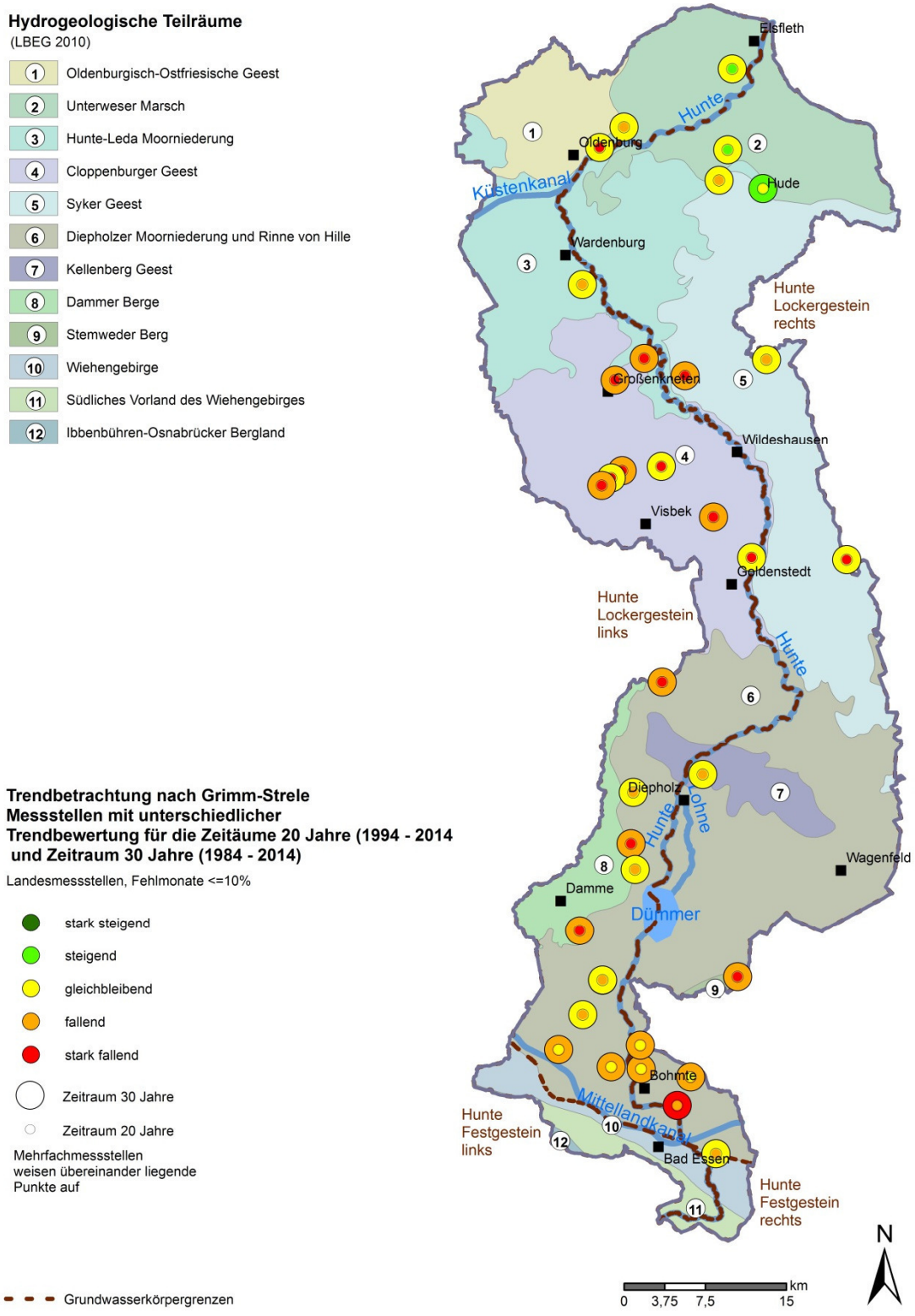



Abb. 72: Messstellen mit unterschiedlicher Trendbewertung des Grundwasserstandes innerhalb des 20- und 30-jährigen Zeitraumes.

Neben jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen die Grundwasserstände mittel- und langfristigen Veränderungen abhängig von klimatischen Schwankungen (Kap. 7.4.1, Abb. 70) und Veränderungen im Umfeld. Gewässerausbau und Entwässerungsmaßnahmen im Zuge von Flurbereinigungsmaßnahmen können zu einem Absenken der Grundwasserstände führen.
Des Weiteren können Erhöhungen der Grundwasserentnahmen (Trinkwasserförderung, Brauchwasser, Beregnung) und bauliche Maßnahmen zurückgehende Grundwasserstände verursachen (Kap. 7.1).
Die Ziele der mengenmäßigen Bewirtschaftung gelten als erfüllt, wenn u.a. die Grundwasserentnahmen das nutzbare Dargebot nicht überschreiten. Die Untere Wasserbehörden haben im Rahmen der Prüfung eines Antrages auf Erteilung einer Erlaubnis oder Bewilligung zur Grundwasserentnahme zu prüfen, wie sich die Wasserförderung auf die örtlichen Verhältnisse auswirkt und ob die Ziele der mengenmäßigen Bewirtschaftung eingehalten werden. Angesicht des Klimawandels wird die Frage nach einer etwaigen Verschlechterung des mengenmäßigen Grundwasserzustandes eine immer größere Rolle in der Wasserrechtpraxis spielen.

Die Trendentwicklungen für den 30-jährigen Zeitraum sind weniger stark ausgeprägt als über einen Zeitraum von 20 Jahren. Dies wird in einem höheren Anteil „stark fallend“ eingestufter Messstellen bei Betrachtung des kürzeren Zeitraumes deutlich (Kap. 7.4.1). Dieser Effekt beruht maßgeblich darauf, dass die Grundwasserstände zu Beginn der 90er Jahre klimatisch bedingt vergleichsweise hoch waren, sodass eine ähnliche Standsdifferenz auf unterschiedlich lange Zeiträume bezogen wird. Für die Beurteilung der Grundwasserstandsentwicklung ist daher die Betrachtung längerer Zeiträume sowie die Analyse der Schwankungen innerhalb der betrachteten Zeiträume erforderlich.

**Kurzinformation: Kap. 7 Grundwasserstandsentwicklung**

- Neben jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen die Grundwasserstände mittel- und langfristigen Veränderungen durch klimatische Schwankungen und Veränderungen im Umfeld, wie Bau- oder Meliorationsmaßnahmen sowie durch Grundwasserentnahmen.
- Die langjährigen Trendauswertungen nach Grimm-Strele zeigen insbesondere für die Geestgebiete fallende und für die Niederungsgebiete weitgehend gleichbleibende Grundwasserstände.
- Für den Betrachtungszeitraum 20 Jahre ist der Trend zu fallenden Grundwasserständen in Abhängigkeit vom Beginn des Auswertezeitraumes klimatisch bedingt ausgeprägter als bei Betrachtung des 30-jährigen Zeitraumes.
- Für die Beurteilung von Grundwasserstandsentwicklungen ist die Betrachtung längerer Zeiträume und die Analyse der Schwankungen innerhalb des Zeitraumes notwendig.
- Die Frage nach einer etwaigen Verschlechterung des mengenmäßigen Grundwasserzustandes wird zukünftig eine immer größere Rolle in der Wasserrechtpraxis spielen.

# 8 Auswertung Grundwasserbeschaffenheit

Die Grundwasserbeschaffenheit unterliegt sowohl geogenen als auch anthropogenen Einflussfaktoren. Die unterschiedliche Intensität dieser Faktoren und die damit verbundenen physikalischen, chemischen und biologischen Wechselwirkungen verleihen der Grundwasserqualität eine besondere Dynamik. Insbesondere in Hinblick auf einen vorbeugenden Grundwasserschutz ist es wichtig, diese Dynamik zu erkennen, um bei einer negativen Veränderung rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können (NLWKN 2012).

In den folgenden Kapiteln werden die Analyseergebnisse der Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit für den 10-jährigen Zeitraum vom 01.01.2005 bis zum 31.12.2014 dargestellt. Insgesamt sind in die vorliegende Auswertung Gütedaten von 369 GWM (Landes- und Vorfeldmessstellen) sowie FB eingeflossen.

Als Indikatoren für eine Belastung der Grundwasservorkommen durch Stoffeinträge wurden Auswertungen für 14 Parameter bzw. Parametergruppen vorgenommen. Als regelmäßig gemessene Größen neben der physikochemischen Kenngröße pH-Wert werden die Gesamthärte (Summe Calcium und Magnesium), die Stickstoffparameter Nitrat, Nitrit, Ammonium sowie Sulfat und Chlorid, Kalium, Eisen und Aluminium betrachtet. Ebenfalls dargestellt werden die in größeren zeitlichen Abständen gemessenen Schwermetalle Nickel und Cadmium.

Bezugsebene für die Auswertungen sind die innerhalb des Huntegebietes liegenden Flächenanteile der hydrogeologischen Teilräume (Kap. 2.5, Abb. 24).
Die Auswertung erfolgt in Form von hydrochemischen Karten und tabellarischen Auswertungen mit Zusatzinformationen. Auf Ebene der hydrogeologischen Teilräume werden Minimum-, Maximum- und Durchschnittswerte der einzelnen Parameter benannt. Die Teilräume „Südliches Vorland des Wiehengebirges“ und „Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland“ weisen keine Messstellenbelegung auf, daher fehlen entsprechende Auswertungen. Der Anteil des Ibbenbüren-Osnabrücker Berglandes am Hunte-Einzugsgebiet ist mit 3,4 km² sehr gering.

Auswertungen zu Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten erfolgen in tabellarischer Form für das Gesamtgebiet Hunte.

Für die Auswertung sind Messstellen zusammengefasst worden, die in unterschiedlichen Güte-Programmen untersucht werden. Die Untersuchungshäufigkeit der Messstellen und der Umfang der Analysen variieren je nach Programm. Durch Änderungen innerhalb des Messnetzes, z.B. durch Messstellenneubauten oder durch Stilllegungen von GWM oder FB, kommt es zu Schwankungen bei der Anzahl jährlich untersuchter Messstellen und zu unterschiedlichen Datenreihen (Abb. 73). Nicht für alle Messstellen liegen komplette Zeitreihen bis 2014 vor. Die Zuordnung des aktuellen Messwertes als letztem Untersuchungswert einer Messstelle ist daher abhängig vom jeweiligen Parameter und dem Messprogramm, in das die Messstelle integriert ist. Das zugehörige Beprobungsjahr kann daher innerhalb des Untersuchungszeitraumes variieren. Für die Auswertung herangezogen wurde der jeweils letzte aktuelle Jahresmittelwert.

Beispielsweise stammen die aktuellen Nitrat-Messwerte innerhalb des Hunte-Gebietes größtenteils aus den Untersuchungen der letzten 4 Jahre (Abb. 73). Für 81 % der Messstellen (300 von 369 Messstellen) liegt ein Nitratwert aus dem Zeitraum 2011 bis 2014 vor. 216 Messstellen (59 %) weisen dabei einen aktuellen Nitratwert (letzter Wert im Betrachtungszeitraum) aus 2014 auf.

Zu beachten ist, dass die in den Karten dargestellten Analysenergebnisse im Lockergestein nur für eine begrenzte Flächenausdehnung im Anstrom der Messstelle gelten bzw. im Festgesteinsbereich nur eine Aussage über den spezifischen Chemismus der verfilterten Gesteinsformation ermöglichen. Infolge kleinräumiger geologischer und bodenkundlicher Inhomogenität sowie örtlich variierender Flächennutzung können sich auf engem Raum große Unterschiede in der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers einstellen.

Zur Erfassung langfristiger Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit wurden für einige Parameter Trendbetrachtungen für den Betrachtungszeitraum 01.01.2005 bis 31.12.2014 durchgeführt. Die signifikanten Trends sind in den hydrochemischen Karten als Richtungspfeile angegeben.

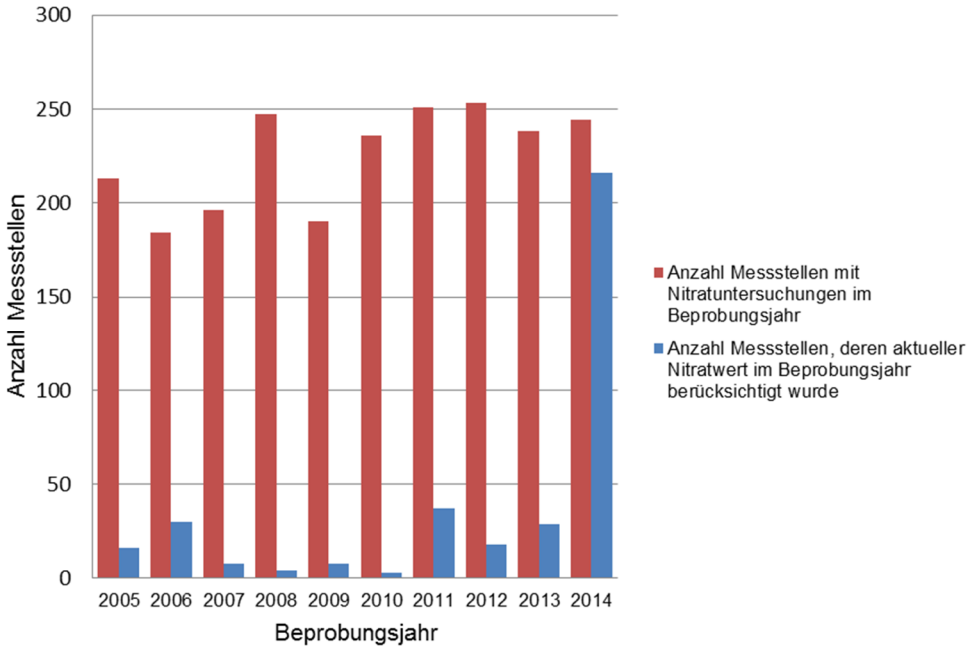



Abb. 73: Anzahl der auf Nitrat untersuchten Messstellen pro Beprobungsjahr (rot) und Anzahl der Messstellen für die das Beprobungsjahr als Bezugsjahr für den aktuellen Nitratwert (letzter Wert) dient (blau).

## 8.1 Schwellen- und Grenzwerte in der Grundwasserüberwachung

Für die Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit werden für die Mehrzahl der Parameter definierte Grenzwerte der TrinkwV 2001 sowie Schwellenwerte der GrwV (2010) zu Grunde gelegt. Die entsprechenden Angaben können für die im Regionalbericht dargestellten Parameter aus Tab. 20 entnommen werden. Die Gesamtanzahl der berücksichtigten Analysen sowie die Anzahl der Messwerte unterhalb Bestimmungsgrenze (BG) sind ebenfalls aufgeführt.

Folgende Wasseruntersuchungen werden regelmäßig durchgeführt:

- jährliche Untersuchungen des Rohwassers der Förderbrunnen durch die Wasserversorger auf die wichtigsten Parameter
- jährliche Untersuchung von Vorfeldmessstellen durch die Wasserversorger
- jährliche Untersuchungen von landeseigenen NLWKN Messstellen (Grundwasser-Güte, WRRL-Güte)
- jährliche Untersuchung der EG-WRRL Messstellen mit Untersuchungen auf Schwermetalle und leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) sowie Pflanzenschutzmittel (PSM) (Überblicksmessnetz EG-WRRL)
- Operative Messstellen in Grundwasserkörpern, die nach der EG-WRRL mit im „schlechten Zustand“ bewertet wurden, werden zweimal jährlich beprobt (operatives Messnetz)

Tab. 20: Übersicht der im vorliegenden Bericht ausgewerteten Parameter mit den jeweiligen Schwellen- bzw. Grenzwerten sowie der Anzahl der Gesamtanalysen und der Analysen kleiner Bestimmungsgrenze (< BG) im Zeitraum 2005 bis 2014.

| Parameter | Grenzwert TrinkwV 2001 | Schwellenwert GrwV | Anzahl Analysen Gesamt | < BG |
|---|---|---|---|---|
| Aluminium gelöst | 0,2 mg/l | - | 2327 | 1130 |
| Ammonium | 0,5 mg/l | 0,5 mg/l | 2.748 | 1.202 |
| Cadmium | 3 µg/l | 0,5 µg/l | 681 | 525 |
| Chlorid | 250 mg/l | 250 mg/l | 2.995 | - |
| Eisen | 0,2 mg/l | - | 2.800 | 509 |
| Gesamthärte in °dH | - | - | 2.677 | - |
| Kalium | - | - | 2.717 | 228 |
| Nickel | 20 µg/l | - | 1.185 | 444 |
| Nitrat | 50 mg/l | 50 mg/l | 2.925 | 1.202 |
| Nitrit | 0,5 mg/l | 0,5 mg/l | 2.802 | 2.308 |
| pH | < 6,5 und > 9,5 | - | 2.755 | - |
| Sulfat | 250 mg/l | 250 mg/l | 2.917 | 91 |
| Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln | Einzel > 0,1 µg/l<br>Summe > 0,5 µg/l | Einzel > 0,1 µg/l<br>Summe > 0,5 µg/l | Keine Angabe | Keine Angabe |

## 8.2 pH-Wert

Der pH-Wert beeinflusst den Ablauf vieler Reaktionen und die Löslichkeit von Stoffen im Grundwasser. Er kennzeichnet den Säuregehalt eines Wassers; er gibt an, ob eine Lösung sauer, alkalisch oder neutral reagiert. Der pH-Wert ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionen-Aktivität. Die pH-Skala reicht von 0 bis 14. Der Neutralpunkt dieser Skala ist pH 7. Ein pH-Wert kleiner als 7 bedeutet saures Milieu; alkalische (basische) Verhältnisse entsprechen pH-Werten über 7. Stoffe im Boden und in den Gesteinen der Grundwasserleiter mit saurem oder alkalischem Charakter (z. B. Kohlensäure, Huminstoffe, Hydrogenkarbonat) bewirken, dass ein natürliches Wasser in der Regel nicht den neutralen pH-Wert 7 aufweist.

Welchen pH-Wert ein Wasser aufweist, hängt hauptsächlich vom Stoffmengenverhältnis der freien Kohlensäure zum Hydrogenkarbonat ab. Bei gut gepufferten Grundwässern liegt der pH-Wert häufig in der Nähe des Neutralpunktes (pH 6,5 bis pH 7,5), bei weichen, jedoch kohlensäurereichen Wässern, etwa zwischen pH 5 und pH 6. Bei sehr kohlensäurereichen Mineralwässern kann der pH-Wert auf Werte von pH 4,5 bis pH 5 absinken. Fehlen im Boden oder Grundwasser puffernde Substanzen wie beispielweise in basenarmen Sanden, führt die Bildung oder der Eintrag von Säuren (z.B. Stickoxide, Stickstoffmonoxyd, Schwefeldioxide mit dem sauren Regen, natürliche Bildung von Huminsäuren in Moorgebieten) zur Versauerung des Grundwassers.

Ein pH-Wert zwischen 6 und 9 gilt für die meisten Organismen als verträglich. Der Reaktionsablauf vieler chemischer und biologischer Vorgänge wird durch den pH-Wert entscheidend bestimmt. Viele Reaktionen sind für einen optimalen Ablauf an bestimmte pH-Bereiche gebunden. Die Schadwirkung bzw. die biologische Verfügbarkeit vieler Stoffe (z. B. Löslichkeit, Mobilität vieler Verbindungen wie Schwermetalle, Aluminium) ist abhängig vom pH-Wert.

Die TrinkwV 2001 legt die Einhaltung des pH-Bereiches von pH 6,5 bis pH 9,5 fest (Tab. 20).

Im Untersuchungsraum des Hunte-Einzugsgebietes wird der untere Grenzwert der TrinkwV 2001 (pH-Wert 6,5) bei 144 von 363

ausgewerteten Messstellen eingehalten, dies entspricht 40 % (Tab. 21). Die obere Grenze von 9,5 kommt im Gebiet nicht zum Tragen. Alle pH-Werte liegen unterhalb pH 8,3.

Die Messstellen wurden in die pH-Wert-Klassen „stark sauer“ (bis pH 5,5), „sauer“ (pH 5,5 bis < pH 6,5), „neutral“ (pH 6,5 bis pH 7,5) und „alkalisch“ (> pH 7,5) eingestuft. Insgesamt weisen 66 von 363 Messstellen einen pH-Wert im stark sauren Bereich auf (Abb. 74). Die pH-Werte des Grundwassers werden entscheidend von den geologischen und bodenkundlichen Gegebenheiten des Untergrundes geprägt, so sind im Flusseinzugsgebiet der Hunte niedrige pH-Werte im sauren Bereich ein Charakteristikum für Lockergesteinsgebiete. Sie sind hauptsächlich begründet durch die calcium- und magnesiumarmen (karbonatarmen) Lockergesteinssedimente der überlagernden Deckschichten, z. B in der Cloppenburger und auch in der Kellenberger Geest. Aber auch in sauren Anmoorgebieten können die Grundwässer Wertebereiche von < pH 6 erreichen. In Regionen, die geprägt sind durch schluff- oder sandlösshaltige Ablagerungen der Drenthe- oder Weichselkaltzeit, sind pH-Werte oberhalb pH 6,5 anzutreffen wie beispielsweise im Bereich um Goldenstedt oder im nördlichen Übergangsbereich zum Wiehengebirge. Die karbonatreichen Kalk- und Mergelgesteine des Festgesteins im Wiehengebirge und im Stemweder Berg führen zu pH-Werten im neutralen bis alkalischen Bereich.

Die Trendanalyse ergab für 79 der 363 ausgewerteten Messstellen einen signifikanten Trend. 46 Messstellen weisen einen steigenden, 33 Messstellen einen fallenden Trend auf. Ein eindeutiger Trend in Abhängigkeit zu den Hydrogeologischen Teilräumen ist dabei nicht erkennbar.

Tab. 21: pH-Wert, Min./Max.- und Mittelwerte sowie Überschreitung von pH 6,5 in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräumen des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | pH-Wert | | | > pH 6,5 Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 152 | 6,19 | 4,12 | 7,80 | 58 | 10 | 48 |
| Unterweser Marsch | 17 | 187 | 6,29 | 3,9 | 7,30 | 61 | 7 | 41 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 223 | 6,09 | 4,2 | 7,30 | 21 | 2 | 5,6 |
| Cloppenburger Geest | 100 | 664 | 5,91 | 4,02 | 7,70 | 109 | 20 | 20 |
| Syker Geest | 33 | 247 | 6,47 | 4,10 | 7,80 | 90 | 21 | 64 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 552 | 6,69 | 4,10 | 7,89 | 346 | 49 | 66 |
| Kellenberger Geest | 46 | 442 | 5,56 | 4,01 | 7,63 | 87 | 6 | 13 |
| Dammer Berge | 9 | 37 | 6,16 | 5,20 | 8,22 | 4 | 2 | 22 |
| Stemweder Berg | 10 | 82 | 7,26 | 6,93 | 7,56 | 82 | 10 | 100 |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 7,51 | 6,00 | 8,23 | 163 | 17 | 100 |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 363 | 2.755 | 6,41 | 3,9 | 8,23 | 10 | 144 | 40 |

*Messstellen, deren aktueller Wert pH 6,5 überschreiten

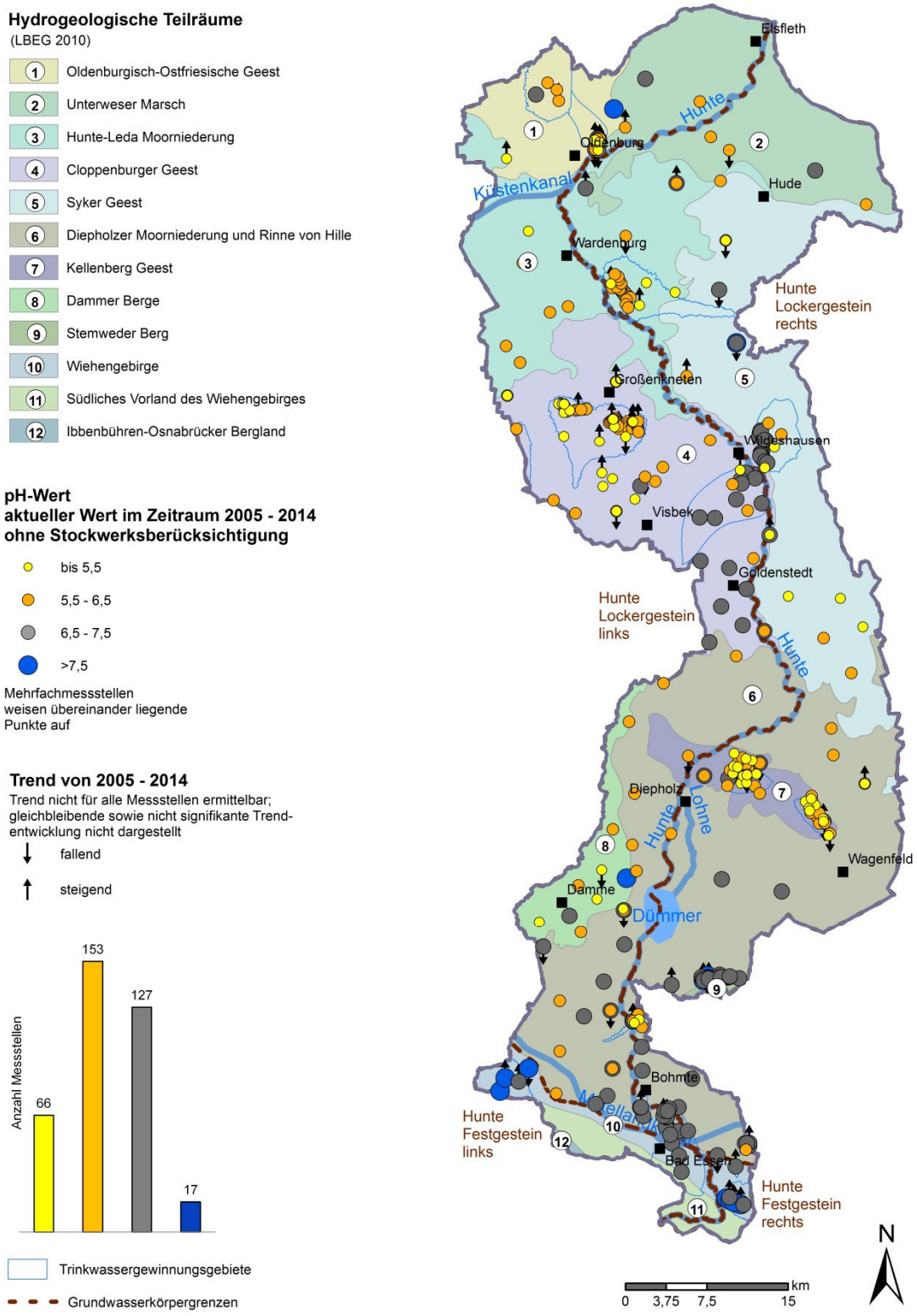



Abb. 74: Aktueller pH-Wert sowie Trendentwicklung im Einzugsgebiet der Hunte.

## 8.3 Wasserhärte

Die Gesamthärte wird als Summe aller Erdalkalimetalle definiert. Calcium und Magnesium sind als die wichtigsten Vertreter dieser Gruppe zu nennen und liegen häufig in Verbindungen mit Karbonaten, Sulfaten und Phosphaten vor.
Bei der Erfassung der Karbonathärte werden lediglich die als Karbonate vorliegenden Erdalkalimetalle berücksichtigt.

Weiche Wässer wirken durch die vorhandene Kohlensäure korrosiv. Zu harte Wässer verursachen unerwünschte Kalkabscheidungen.

Die TrinkwV 2001 sieht keine Grenzwerte für die Wasserhärte vor. In der vorliegenden Auswertung erfolgt daher eine Klasseneinteilung in Anlehnung an das Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG 2007, Fassung 2013):

Härtebereich weich: weniger als 1,5 mmol Calciumkarbonat je Liter (bis 8,4 °dH)
Härtebereich mittel: 1,5 bis 2,5 mmol Calciumkarbonat je Liter (8,4 bis 14 °dH)
Härtebereich hart: mehr als 2,5 mmol Calciumkarbonat je Liter (über 14 °dH)

Karbonatreiches Wasser ist insbesondere in Messstellen der aus Kalk- und Mergelgesteinen aufgebauten Festgesteinsregionen anzutreffen wie in den Teilräumen Stemweder Berg und Wiehengebirge (Tab. 22, Abb. 75).

Auffällig ist die hohe Anzahl von Messstellen mit hartem Wasser im Bereich der Diepholzer Moorniederung. Insbesondere die Messstellen im Randbereich zum Wiehengebirge weisen mittelhartes oder hartes Wasser auf.

Tab. 22: Gesamthärte, Min/Max- und Mittelwerte in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014, (Härtebereich weich = < 8,4°dH, mittel = 8,4 bis 14°dH, hart = > 14 °dH).

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Gesamthärte [° dH] | | | Anzahl GWM Härtebereich | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | weich | mittel | hart |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 152 | 8,74 | 0,57 | 18,87 | 8 | 12 | 1 |
| Unterweser Marsch | 17 | 187 | 14,92 | 2,74 | 64,4 | 9 | 3 | 5 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 35 | 220 | 3,25 | 0,29 | 10,64 | 34 | 1 | |
| Cloppenburger Geest | 84 | 716 | 4,89 | 0,90 | 24,68 | 74 | 7 | 3 |
| Syker Geest | 33 | 256 | 6,82 | 2,36 | 17,81 | 25 | 7 | 1 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 57 | 479 | 18,14 | 1,10 | 145,00 | 15 | 15 | 27 |
| Kellenberg Geest | 46 | 401 | 6,28 | 0,86 | 18,09 | 33 | 11 | 2 |
| Dammer Berge | 4 | 22 | 15,57 | 10,96 | 17,12 | - | 1 | 3 |
| Stemweder Berg | 10 | 78 | 15,96 | 13,16 | 22,00 | - | - | 10 |
| Wiehengebirge | 17 | 166 | 19,57 | 7,80 | 64,26 | 9 | 3 | 14 |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 324 | 2.677 | 11,4 | 0,29 | 145 | 198 | 60 | 66 |

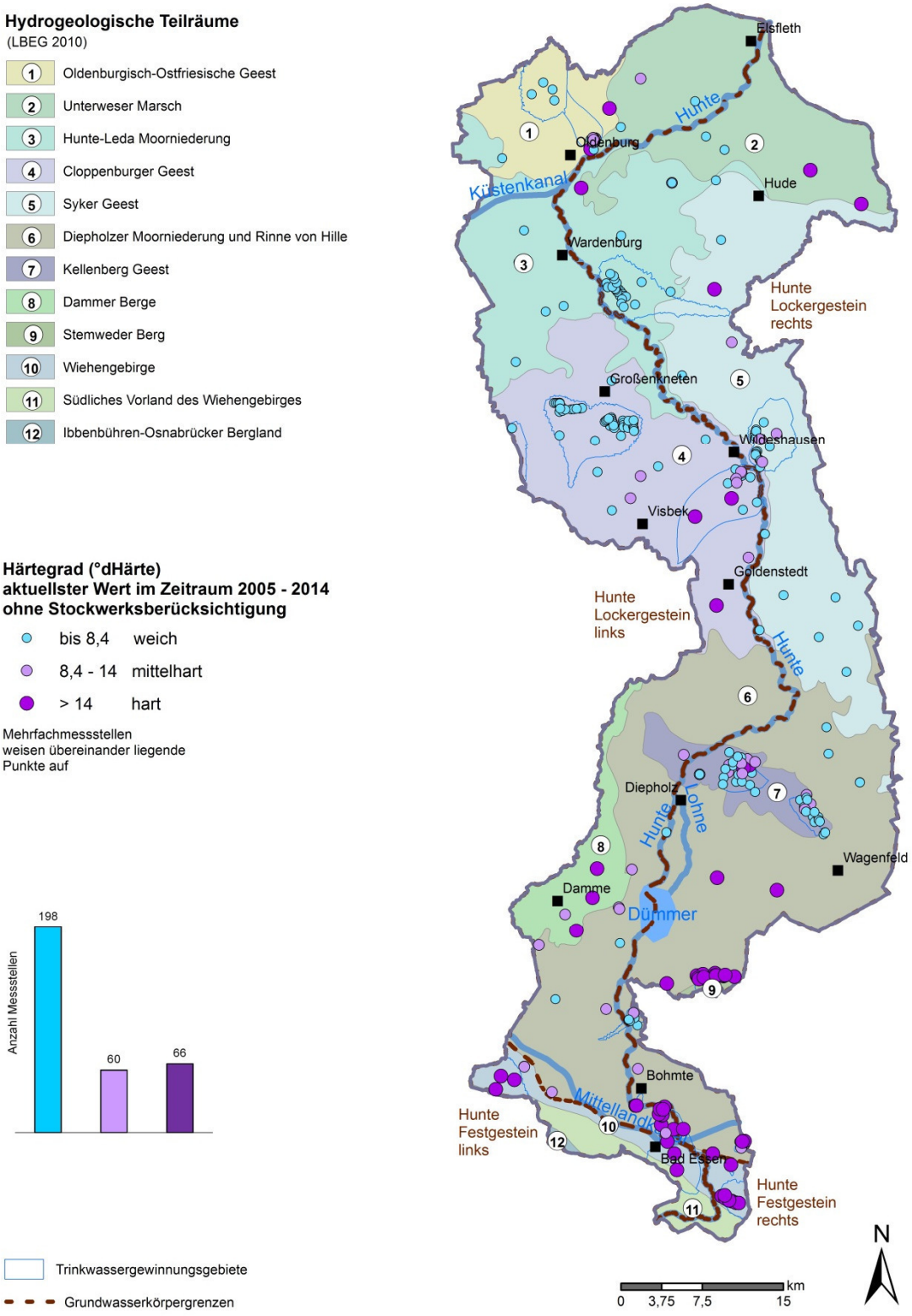



Abb. 75: Gesamthärte der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

## 8.4 Stickstoffhaltige Parameter

Stickstoff ist wichtiger Bestandteil von Eiweißverbindungen. In der Biomasse liegt Stickstoff daher organisch gebunden vor. Unter Sauerstoffeinfluss wird der organisch gebundene Stickstoff über Ammonium zu Nitrit und letztlich zu Nitrat oxidiert. Nitrat und Ammonium stellen die wichtigsten Stickstoffverbindungen im Grundwasser dar. Nitrit tritt nur kurzfristig als Zwischenprodukt im Stickstoffkreislauf auf und ist daher in der Regel nur in geringen Konzentrationen im Grundwasser zu finden (Kölle 2010).
Die Belastung des Grundwassers mit Stickstoffverbindungen ist im Einzugsgebiet der Hunte von besonderer Bedeutung.

Als Ursache für die zum Teil sehr hohen Stickstoffbelastungen kommen vielfältige menschliche Nutzungen in Betracht. Hier ist vorrangig die landwirtschaftliche Bodennutzung mit einhergehenden Stickstoff-Einträgen durch die Düngung zu nennen (Kapitel 3). Als luftbürtige Stickstoffquellen sind neben Industrieabgasen und Verkehr auch Stallabluft und gasförmige Ausbringverluste bei der organischen Düngung zu nennen. Daneben können Sickerwasseraustäge aus Deponien, Abwasser aus der Kanalisationen und Hauskläranlagen usw. zu Belastungen im Grundwasser führen.

### 8.4.1 Stickstoffkreislauf

Nitrat ist das Anion der Salpetersäure. Es spielt eine bedeutende Rolle als Pflanzennährstoff und ist durch verschiedene Stoffumwandlungsprozesse in den sogenannten Stickstoffkreislauf (Abb. 76) eingebunden. Bei der Zersetzung abgestorbener Pflanzenteile (Humifizierung) und dem Abbau von Humus (Mineralisation) wird zunächst Ammonium freigesetzt und anschließend zu Nitrat umgewandelt (Nitrifikation). Nitrat kann unter sauerstoffarmen Bedingungen im Boden und Grundwasser zu Lachgas oder atmosphärischem Stickstoff abgebaut werden (Denitrifikation). Pflanzen nehmen Nitrat und Ammonium wiederum als Nährstoff auf. Spezielle Bakterien verfügen darüber hinaus über die Fähigkeit, Luftstickstoff zu binden und diesen bestimmten Pflanzen (Leguminosen) als Nährstoff zuzuführen (N-Fixierung).

Im sauerstoffarmen Grundwasser kann Nitrat bei Anwesenheit von organischen Kohlenstoffverbindungen und/oder reduzierten Schwefel-Eisen-Verbindungen (Pyrit) zu Lachgas ($N_2O$) oder atmosphärischem Stickstoff ($N_2$) unter Beteiligung von Mikroorganismen abgebaut werden (Denitrifikation). Sauerstofffreie Grundwässer sind daher häufig nitratfrei. Im Sediment abgelagertes organisches Material oder sulfidhaltige Minerale stellen ein nicht erneuerbares Stoffdepot dar. Lediglich der Eintrag von organischem Material aus der Bodenzone zum Beispiel in Auengebieten, anmoorigen und moorigen Böden kann eine Denitrifikation dauerhaft aufrechterhalten (Cremer 2015). Bei flurnahen Grundwasserständen wie bei grundwasserbeeinflussten Böden (u.a. Gleye, Auenböden) können sich auch im oberflächennahen Grundwasser reduzierende Bedingungen ausbilden, unter denen ein Nitratabbau stattfindet (Cremer 2015). Der Übergangsbereich zwischen nitrathaltigem Grundwasser und durch Denitrifikation nitratfreiem Grundwasser (die Denitrifikationsfront) kann je nach Gehalt reaktiver Stoffe und Fließgeschwindigkeit unterschiedlich scharf ausgeprägt sein. Die Aufzehrung der reaktiven Stoffdepots führt zu einer Verlagerung der Denitrifikationsfront.

Die Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff zu Nitrat über die Zwischenstufen Ammonium und Nitrit läuft im sauerstoffreichen Milieu sehr schnell ab, weshalb Ammonium und Nitrit im sauerstoffreichen Grundwasser selten in höheren Konzentrationen gefunden werden. Erhöhte Gehalte an Ammonium treten unter reduzierten Bedingungen und bei hohen Anteilen von organischem Material im Oberboden auf (z. B. in Hochmooren) (NLWKN 2012).

Pflanzen nehmen Stickstoff in Form von Nitrat und Ammonium auf und entziehen ihn so dem Boden. Ein Ausgleich erfolgt bei landwirtschaftlicher Nutzung durch die Stickstoffdüngung. Der aufgebrachte Stickstoff in Form von Mineraldünger und organischem Dünger, Klärschlamm und Gründüngung über Leguminosen beträgt etwa 90 % der dem Boden zugeführten Stickstofffracht.

Rund 10 % stammen aus dem Abbau von Pflanzenmasse und aus den Stickstofffrachten des Niederschlags. Diese entstehen zum einen infolge von Verbrennungsvorgängen bei hohen Temperaturen (Bildung von Stickoxiden), zum anderen auch durch Ammoniak-Emissionen aus der Stallabluft sowie über gasförmige Verluste bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Nach der Umwandlung in Nitrat kann ebenfalls eine Verlagerung in das Grundwasser stattfinden (NLWKN 2012).

Stickoxide und Ammoniak können neben anderen Schadstoffen an Blättern oder Nadeln von Bäumen angelagert werden (Auskämmung). Durch den Niederschlag werden die Schadstoffe in den Boden eingetragen. Durch erhöhte Stickstoffeinträge wird letztlich Nitrat mit dem Sickerwasser in das Grundwasser ausgewaschen. Daneben führt die Deposition über eine Anreicherung mit Sulfat, Nitrat und Ammonium zu einer Versauerung des Bodens.

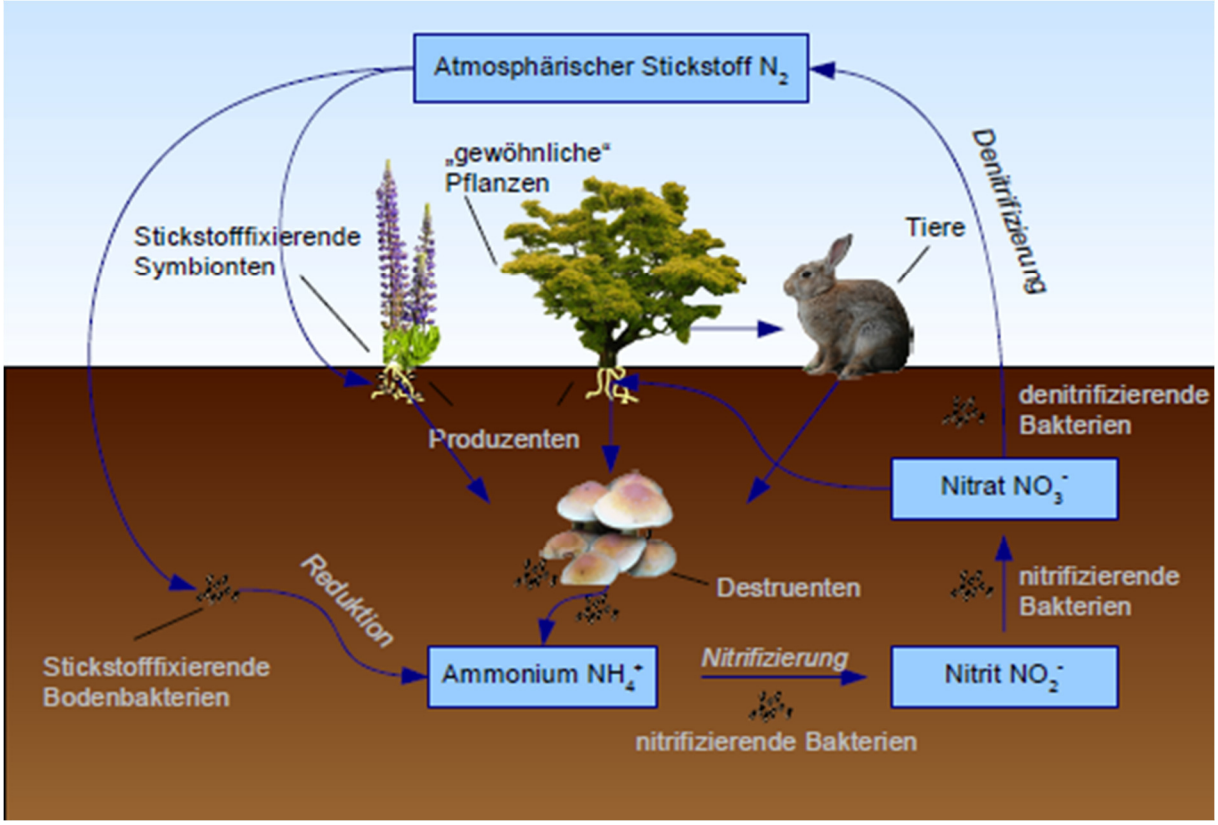



Abb. 76: Stickstoffkreislauf (GEWEB).

### 8.4.2 Nitrat

Nitrat ($NO_3^-$) kommt in der Natur wegen der leichten Löslichkeit der Salze sehr selten in Lagerstätten vor, ist jedoch im Boden in Spuren durch natürliche Umsetzungsvorgänge enthalten. Der Nitratgehalt des anthropogen unbeeinflussten Bodens wird durch den Stickstoff-Kreislauf bestimmt.
Nitrat ist seit Jahren ein Problemstoff im Grundwasser. Während in natürlichen Böden Stickstoff ein Mangelelement ist, tritt bei landwirtschaftlicher Bodennutzung infolge der langjährigen Düngung ein hoher Überschuss an Nitrat auf. Auswaschungen führen zu einem Anstieg des Nitratgehaltes im Grundwasser. Ein durch landwirtschaftliche Nutzung unbeeinflusstes Grundwasser weist in der Regel Nitratgehalte bis 10 mg/l auf. Nitrateinträge über das Sickerwasser führen z. T. zu Konzentrationen von mehreren 100 mg/l Nitrat im Grundwasser führen.
Nitrat hat toxikologisch selbst keine relevante Wirkung, kann jedoch im Verdauungstrakt zu Nitrit umgewandelt werden. Nitrite wirken in Organismen toxisch. Sie sind an der Bildung kanzerogener Nitrosamine beteiligt. Bei Säuglingen kann Nitrit zur Bildung von Methämoglobie (Blausucht) führen (Kap. 8.4.4).

Um die Qualität des Trinkwassers für den Verbraucher sicher zu stellen, gibt die TrinkwV 2001 Vorgaben für die Beschaffenheit des Wassers vor. Für Nitrat ist ein Grenzwert von 50 mg/l festgelegt. Die WVU stellen die Einhaltung des Grenzwertes für das Trinkwasser sicher und geben das Wasser in guter Qualität an den Verbraucher ab (Kap. 4.2).
Zum großflächigen Schutz des Grundwassers in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung hat die Europäische Union die Nitratrichtlinie erlassen, die ebenfalls 50 mg/l Nitrat als Grenzwert festlegt. Auf Grundlage der GrwV 2010 erfolgt ein flächendeckender Grundwasserschutz. Der Schwellenwert für Nitrat beträgt auch hier 50 mg/l.

Für den vorliegenden Regionalbericht wurden für den Parameter Nitrat Untersuchungsergebnisse von 368 Messstellen ausgewertet. Mit einem Gebietsmittelwert von 24,3 mg/l (Tab. 23) liegen die Nitratgehalte im erhöhten Bereich. Die Werte schwanken in einem Bereich von unterhalb der BG bis zu einem Maximalwert von 302 mg/l innerhalb des gesamten 10-jährigen Untersuchungszeitraum.

In der Abb. 77 sind die jeweils aktuellen Nitratgehalte als Jahresmittelwert inkl. einer 10-jährigen Trendbetrachtung im Zeitraum 01.01.2005 bis 31.12.2014 dargestellt.

Aktuell wird in 64 GWM (17 %) der Grenzwert von 50 mg/l Nitrat überschritten (Tab. 23), wobei 27 GWM Extremwerte über 100 mg/l erreichen. Der Nitratwert der Messstellen „Klünenberg“ im Teilraum Dammer Berge (Abb. 77) übersteigt den Grenzwert der TrinkwV 2001 um das sechsfache. Die hohe Belastung dieser GWM wird durch einen 10jährigen Mittelwert von 230 mg/l Nitrat bestätigt.

Vor allem in den sandigen Geestgebieten wie der Cloppenburger, Syker und Kellenberg Geest und der Stauchendmoräne Dammer Berge treten hohe Nitratgehalte auf. In diesen Regionen wird eine sehr intensive Landwirtschaft betrieben. Aufgrund des hohen Tierbesatzes ist der Nährstoffanfall/Stickstoffanfall besonders hoch (Kap. 3.1). Von den fünf belasteten GWM im Bereich der Dammer Berge weisen drei GWM dabei Werte über 100 mg/l Nitrat auf. In der Gemeinde Damme ist mit 3,4 GV/ha LF die höchste Viehdichte innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes zu verzeichnen.

Die Geest-Gebiete wurden aufgrund der hohen Nitratbelastung in die WRRL-Maßnahmenkulisse „Nitratreduktion“ übernommen, in der gezielt Maßnahmen umgesetzt werden, um die Belastung mit Nitrat zu senken (Kap. 4.1.2). In der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest weist lediglich eine Messstelle einen Nitratgehalt über 50 mg/l auf. Durch die Ablagerungen von Lauenburger Schichten ist der Grundwasserkörper gut geschützt (Ad-Hoc-AG Hydrogeologie 2016). Aufgrund der geringen Grundwasserflurabstände herrschen reduzierende Bedingungen vor, sodass Nitratabbauprozesse ablaufen können. Aufgrund der grundwasserbeeinflussten Böden dominiert die Grünlandnutzung, wodurch ein Nitrataustrag in diesem Gebiet verringert wird (Abb. 18 und Kap. 3.1).

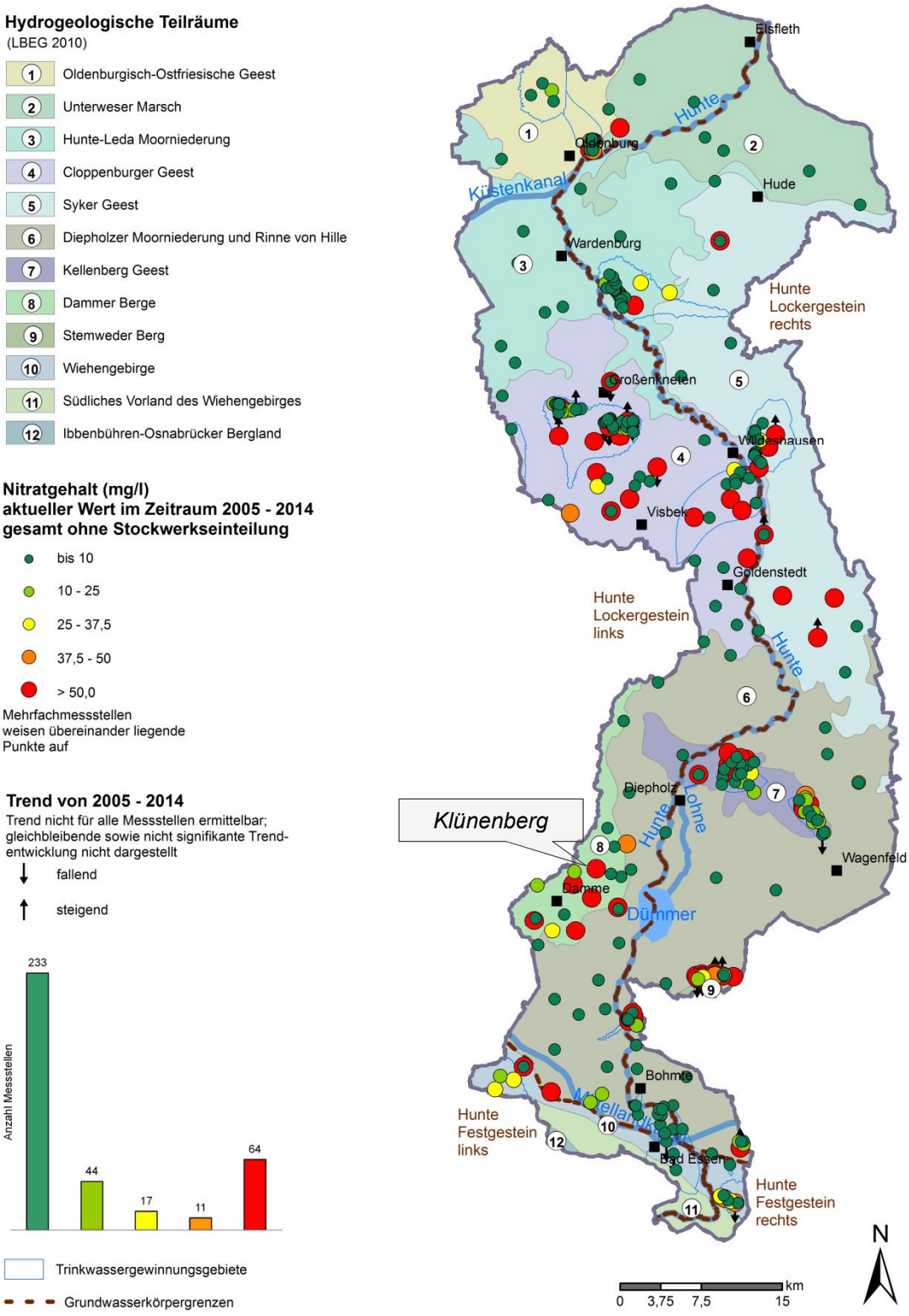



Abb. 77: Nitratgehalte der Grundwassermessstellen sowie deren Trendentwicklung im Einzugsgebiet der Hunte.

Die Flächenanteile der Hunte-Leda-Moorniederung und der Unterweser Marsch weisen ebenfalls nur wenige belastete Messstellen auf. Aufgrund der reduzierenden Verhältnisse und einem hohen Anteil an Organik treten hier verstärkt erhöhte Ammoniumgehalte auf (Kap. 8.4.3).

Auch der Teilraum Diepholzer Moorniederung weist flächig weitestgehend Messstellen mit Nitratgehalten unter 10 mg/l auf (Abb. 77). Bei detaillierterer Betrachtung ist jedoch die relativ hohe Anzahl von belasteten Messstellen (19 %) auffällig (Tab. 23). Beim Blick auf die regionale Verteilung (Abb. 77) der belasteten GWM in diesem Teilraum zeigt sich, dass acht der belasteten 14 GWM im Randbereich zum Teilraum Stemweder Berg verortet sind. In diesem Bereich sind Sande und Flugsande dem Stemweder Berg vorgelagert. Quartäre Sande bilden hier einen ergiebigen Grundwasserleiter (Ad-Hoc-AG Hydrogeologie 2016). Denitrifikationsvorgänge kommen nicht oder kaum zum Tragen. Erhöhte Nitratemissionen können auch aufgrund der fehlenden schützenden Deckschichten schnell ins Grundwasser gelangen. Der Teilraum Wiehengebirge ist weitgehend ohne Nitratbelastung. Ein Großteil des Teilraumes ist bewaldet (Kap. 2.3).

Tab. 23: Nitrat, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Nitrat [mg/l] | | | > 50 mg/l Nitrat Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 20 | 149 | 14,5 | < 0,44 | 72 | 2 | 1 | 4,8 |
| Unterweser Marsch | 17 | 187 | 10,9 | < 0,44 | 88 | 16 | 2 | 12 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 222 | 4,6 | < 0,44 | 81 | 11 | 1 | 2,8 |
| Cloppenburger Geest | 100 | 811 | 23,6 | < 0,44 | 214 | 204 | 18 | 18 |
| Syker Geest | 33 | 281 | 19,8 | < 0,44 | 296 | 69 | 6 | 18 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 554 | 23,6 | < 0,44 | 224 | 98 | 14 | 19 |
| Kellenberger Geest | 46 | 420 | 39,9 | < 0,44 | 260 | 105 | 11 | 24 |
| Dammer Berge | 15 | 46 | 54,8 | < 0,44 | 302 | 31 | 5 | 33 |
| Stemweder Berg | 10 | 83 | 45,7 | 1,56 | 92 | 36 | 5 | 50 |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 18,2 | < 0,44 | 117 | 20 | 1 | 5,9 |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 368 | 2.682 | 24,3 | < 0,44 | 302 | 592 | 64 | 17,3 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 50 mg/l überschreitet

**Nitratgehalte im oberflächennahen Grundwasser**

Die tiefendifferenzierte Darstellung der Nitratgehalte der GWK „Hunte Lockergestein rechts“ und „Hunte Lockergestein links“ zeigt, dass hohe Nitratgehalte hauptsächlich in Filterlagen mit Filteroberkanten (FOK) bis 30 m unter Geländeoberkante (GOK) auftreten (Abb. 78). Nur vereinzelte GWM mit FOK über 30 m u. GOK zeigen ebenfalls hohe Nitratwerte.Die rot gestrichelte Linie markiert den Grenzwert nach TrinkwV 2001 für Nitrat (50 mg/l Nitrat). Zur Beurteilung des jungen Grundwassers sind Messstellen mit FOK bis 20 m herangezogen und einer Trendermittlung unterzogen worden. Als Bezugspunkt der FOK dient die GOK. Un-

terschieden wurde zwischen zwei Tiefenbereichen (FOK bis 10 m; FOK 10 bis 20 m unter GOK). Eine Trendbewertung wurde für den fünfjährigen Zeitraum 2010 bis 2014 durchgeführt (Tab. 24). Von den 120 GWM mit FOK bis 20 m unter GOK konnte lediglich bei 59 GWM eine Auswertung vorgenommen werden, da nur bei diesen GWM vollständige Datensätze vorlagen. Als Signifikanzwert wurde ein p-Wert von 0,1 festgelegt.

Das Verhältnis von GWM mit fallenden zu GWM mit steigenden Trends ist weitgehend ausgeglichen (Tab. 24). Insgesamt zeigen jedoch nur wenige Messstellen einen signifikanten Trend.

Tab. 24: Nitrattrend der GWM mit Filteroberkanten bis 10 m bzw. von 10 bis 20 m unter Geländeoberkante (Signifikanzwert p = 0,1) im Einzugsgebiet der Hunte. (FOK = Filteroberkante, GOK = Geländeoberkante).

| Lage der FOK unter GOK | Anzahl GWM Trend | | | |
|---|---|---|---|---|
| | fallend | signifikant fallend | steigend | signifikant steigend |
| bis 10 m | 17 | 5 | 14 | 4 |
| 10 - 20 m | 15 | 5 | 13 | 3 |
| Gesamt | 32 | 10 | 27 | 7 |

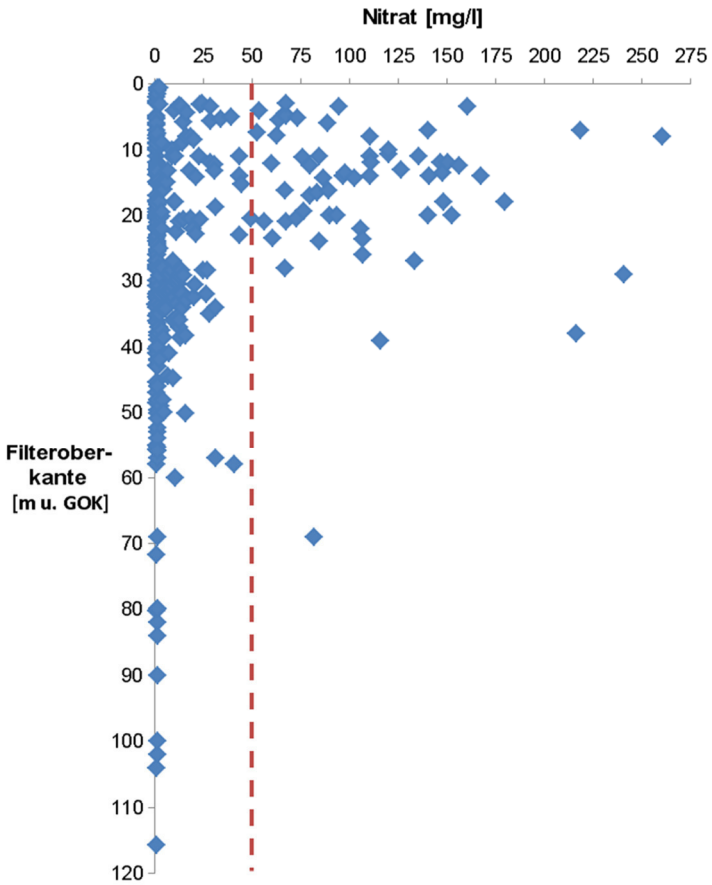



Abb. 78: Nitratgehalte und Filteroberkanten der GWM in den Lockergesteinsgrundwasserkörpern (Rote Linie = Grenzwert nach TrinkwV 2001, Schwellenwert nach GrwV 2010).

### 8.4.3 Ammonium

Ammonium ($NH_4^+$) stellt eine für die Pflanzenernährung wesentliche Stickstoffverbindung dar, die bei der Mineralisation organischer Verbindungen auftritt. Im Zuge der Nitrifikation wird Ammonium über Nitrit zu Nitrat biologisch oxidiert. Da Ammonium im Boden relativ leicht an Kationenaustauscher (Tonminerale) gebunden wird, ist die Gefahr der Verlagerung mit dem Sickerwasser gering. Hohe Ammoniumgehalte deuten auf reduzierte Grundwässer (anoxische Bedingungen) hin und können in Niederungsgebieten ursächlich auch in Verbindung mit langsam ablaufender anaerober Mineralisation gebracht werden (organische Lagen, Torfe). In Einzelfällen können sie auf eine übermäßige Anwendung organischer Düngemittel hinweisen.
In der EG-Trinkwasserrichtlinie (98/83/EG) über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch ist Ammonium zu den unerwünschten aber nicht giftigen Stoffen gezählt worden. Sowohl in der Trinkwasserverordnung als auch in der Grundwasserverordnung wurde der Grenzwert für Ammonium auf 0,5 mg/l festgesetzt (Tab. 20). Im Grundwasser des Flusseinzugsgebietes der Hunte wird dieser Grenzwert bei 11 % der Messstellen überschritten (Tab. 25). Insgesamt können in 38 GWM Ammoniumkonzentrationen über dem Grenzwert von 0,5 mg/l nachgewiesen werden. Insbesondere in den Niederungsgebieten und Marschen treten erhöhte Ammoniumgehalte auf.
Auffällig ist, dass im Süden der Diepholzer Moorniederung im Übergangsbereich zum Festgestein kaum erhöhte Ammoniumgehalte auftreten. Aufgrund des unterlagernden Festgesteins kommen reduzierende Vorgänge nicht zum Tragen (Abb. 79).

Die BG für Ammonium variieren bei den ausgewerteten GWM je nach Messprogramm und Labor zwischen 0,01 und 0,15 mg/l Ammonium. 48 % der im Zeitraum 2005 bis 2014 durchgeführten Analysen zeigen Werte unterhalb der BG an (Tab. 20).

Tab. 25: Ammonium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in den Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Ammonium [mg/l] | | | > 0,5 mg/l Ammonium Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 19 | 132 | 0,14 | < 0,05 | 0,7 | 2 | - | - |
| Unterweser Marsch | 17 | 187 | 3,11 | < 0,05 | 27,05 | 112 | 9 | 55 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 16 | 186 | 1,43 | < 0,05 | 15,5 | 48 | 4 | 25 |
| Cloppenburger Geest | 100 | 732 | 0,12 | < 0,01 | 2,04 | 35 | 6 | 6 |
| Syker Geest | 33 | 280 | 0,14 | < 0,02 | 1,67 | 15 | 1 | 3 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 538 | 0,93 | < 0,01 | 37 | 170 | 18 | 24 |
| Kellenberg Geest | 46 | 416 | 0,08 | < 0,02 | 0,63 | 4 | | - |
| Dammer Berge | 9 | 39 | 0,08 | < 0,05 | 0,1 | - | - | - |
| Stemweder Berg | 10 | 69 | 0,21 | < 0,03 | 0,75 | 2 | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 0,08 | < 0,01 | 1,5 | 6 | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 341 | 2.748 | 0,63 | < 0,01 | 37 | 394 | 38 | 11,1 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 0,5 mg/l überschreitet

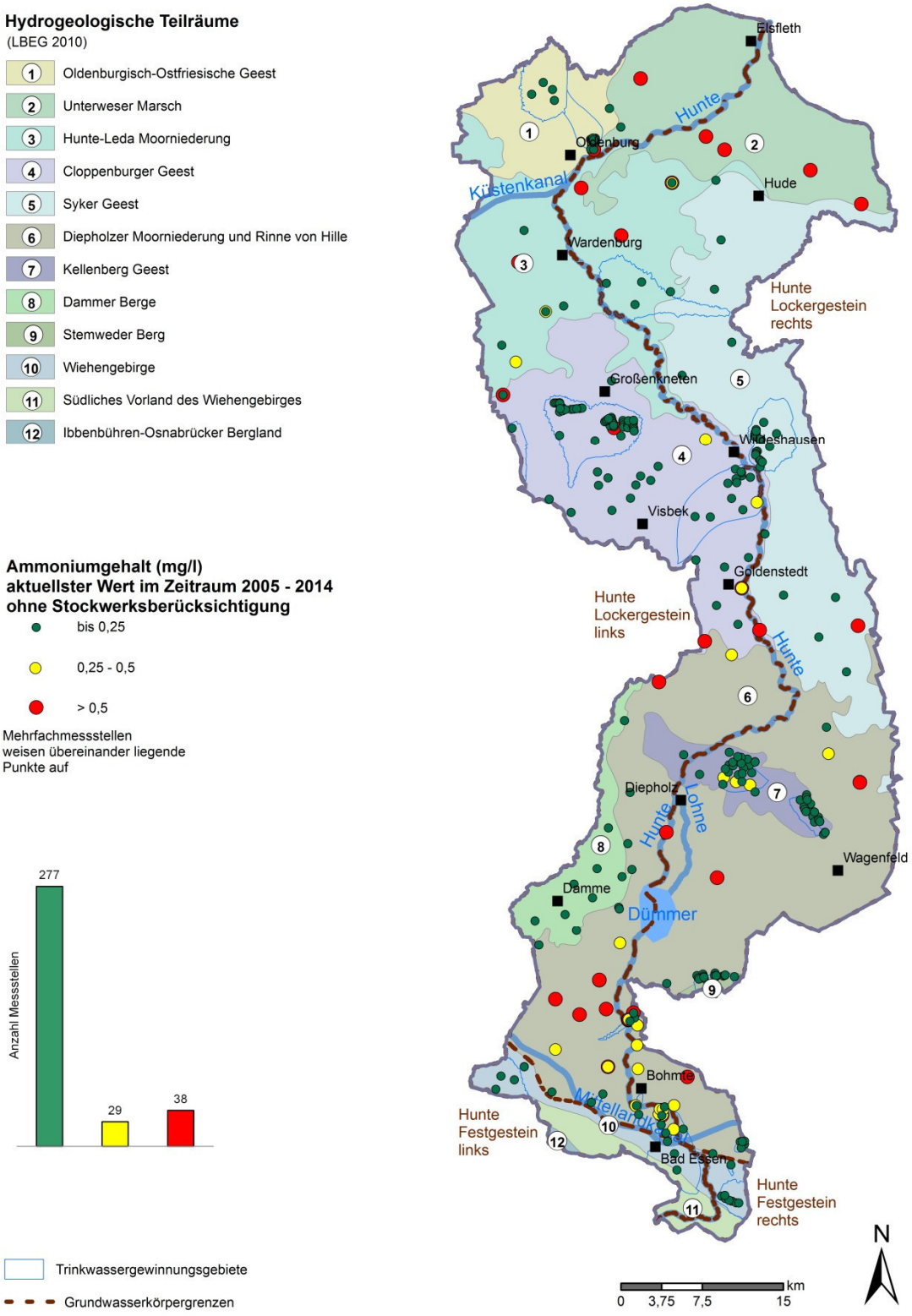



Abb. 79: Ammoniumgehalte der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

### 8.4.4 Nitrit

Nitrit ($NO_2^-$) wird im Boden, in Gewässern und in Kläranlagen von Bakterien durch Oxidation von Ammonium unter Verbrauch von Sauerstoff gebildet. Nitrit ist ein Zwischenprodukt, welches bei der vollständigen Oxidation des Stickstoffs zu Nitrat kurzfristig auftritt (Nitrifikation). Nitrite können auch unter anaeroben Bedingungen bei der Reduktion von Nitrat unter Mitwirkung von Enzymen (Nitratreduktasen) entstehen (NLWKN 2012).

Nitrite wirken in Organismen toxisch. Sie sind an der Bildung kanzerogener Nitrosamine beteiligt. Nitrit beeinträchtigt die Sauerstoffversorgung im Blut von Kleinkindern, da das Nitrit-Ion mit dem im Hämoglobin enthaltenen Eisen reagiert und zu Methämoglobin oxidiert wird. Methämoglobin verliert die Fähigkeit zum Sauerstofftransport und führt zur inneren Erstickung, der sogenannten Blausucht. Bei Erwachsenen besteht die Gefahr einer Blausucht kaum, da das Hämoglobin eine andere Struktur aufweist und nur langsam mit Nitrit reagiert. Das Auftreten von Nitrit kann auf fäkale Verunreinigungen hinweisen.

Im Einzugsgebiet der Hunte treten aktuell keine Belastungen mit Nitrit auf (Tab. 26, Abb. 80). Der Nitrit-Grenzwert nach TrinkwV 2001 von 0,5 mg/l wurde lediglich bei einer einzelnen Analyse im Zeitraum 2005 bis 2014 überschritten. Drei GWM weisen aktuell Nitritwerte zwischen 0,1 und 0,2 mg/l auf.

Über 80 % der Analysen im Zeitraum 2005 bis 2014 weisen Nitritgehalte unterhalb der BG auf (Tab. 20).

Tab. 26: Nitrit, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Nitrit [mg/l] | | | > 0,5 mg/l Nitrit Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 152 | 0,04 | < 0,01 | 0,17 | - | - | - |
| Unterweser Marsch | 17 | 187 | 0,06 | < 0,01 | 0,18 | - | - | - |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 221 | 0.06 | < 0,01 | 0,30 | - | - | - |
| Cloppenburger Geest | 100 | 732 | 0,02 | < 0,005 | 0,32 | - | - | - |
| Syker Geest | 33 | 279 | 0,03 | < 0,005 | 0,48 | - | - | - |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 536 | 0,03 | < 0,01 | 0,48 | - | - | - |
| Kellenberg Geest | 46 | 420 | 0,02 | < 0,002 | 0,51 | 1 | - | - |
| Dammer Berge | 9 | 39 | 0,03 | < 0,01 | 0,07 | - | - | - |
| Stemweder Berg | 10 | 67 | 0,04 | < 0,03 | 0,19 | - | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 0,02 | < 0,01 | 0,29 | - | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 363 | 2.633 | 0,04 | < 0,002 | 0,51 | 1 | - | |

*Messstellen, deren aktueller Wert 0,5 mg/l überschreitet

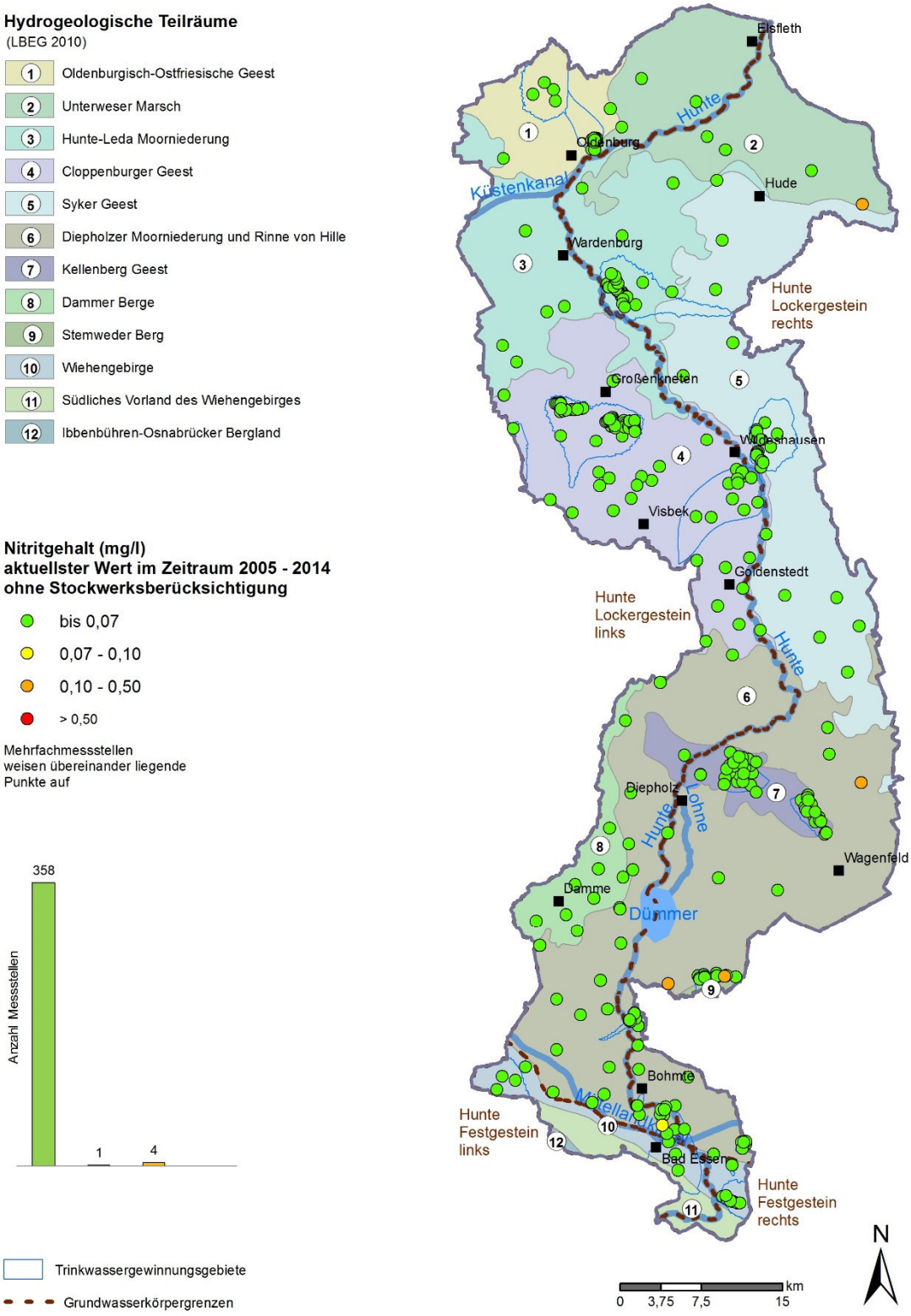



Abb. 80: Nitritgehalte der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

## 8.5 Sulfat

Sulfate ($SO_4^{2-}$), die Salze der Schwefelsäure, sind wichtige Gesteinsbestandteile. Die häufigsten sulfathaltigen Minerale sind Calciumsulfat (Gips, Anhydrit), Magnesiumsulfat (Bittersalz), Bariumsulfat (Schwerspat) und Natriumsulfat (Glaubersalz). Sulfate sind in der Mehrzahl gut wasserlöslich und werden relativ schnell ausgewaschen. Geogene Sulfatgehalte liegen in Gesteinen ohne sulfathaltige Minerale üblicherweise unter 30 mg/l Sulfat. In Wässern aus sulfathaltigen Gesteinen können auch deutlich höhere Gehalte bis mehrere 100 mg/l Sulfat typisch sein (NLWKN 2012).

Erhöhte Sulfatkonzentrationen finden sich im huminstoffhaltigen Grundwasser bei Kontakt mit Torfen und Mooren (NLWK 2001). Ein Anstieg der Sulfatgehalte kann auch durch die Oxidation von Pyrit durch Sauerstoff oder Nitrat (autotrophe Denitrifikation) hervorgerufen werden. Ablaugungsvorgänge aus Gipshut über Salzstöcken können Ursache erhöhter Sulfatgehalte sein.

Höhere Gehalte von wenigen 100 mg/l machen sich gemeinsam mit Natrium oder Magnesium im Trinkwasser geschmacklich nachteilig bemerkbar. Die GrwV legt für Sulfat einen Grenzwert von 250 mg/l fest (Tab. 20).

Die landwirtschaftliche Düngung, insbesondere mit den Mineraldüngern Superphosphat, Ammoniumsulfat und Kaliumsulfat, kann insbesondere im oberen Grundwasserstockwerk zu erhöhten Sulfatkonzentrationen führen. Ein messbarer Sulfateintrag kann auch über den Niederschlag erfolgen. Der saure Regen als anthropogene Auswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe ist hierfür ein bekanntes Beispiel.

Hohe Sulfatgehalte über Grenzwert finden sich nur in wenigen Messstellen. In 7 GWM wird der Grenzwert von 250 mg/l Sulfat im Einzugsgebiet überschritten (Tab. 27).

Tab. 27: Sulfat, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in den Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Sulfat [mg/l] | | | > 250 mg/l Sulfat Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 152 | 68 | 3,5 | 142 | - | - | - |
| Unterweser Marsch | 17 | 186 | 119 | 0,3 | 1.000 | 7 | 1 | 5,9 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 222 | 31 | 0,1 | 155 | - | - | - |
| Cloppenburger Geest | 100 | 811 | 45 | 0,5 | 241 | | | |
| Syker Geest | 33 | 281 | 50 | 7 | 145 | - | - | - |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 554 | 245 | 0,2 | 8.310 | 36 | 6 | 8,1 |
| Kellenberg Geest | 46 | 420 | 60 | 9,2 | 194 | - | - | - |
| Dammer Berge | 9 | 39 | 65 | 18 | 120 | - | - | - |
| Stemweder Berg | 10 | 83 | 43 | 23 | 52 | - | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 65 | 2,9 | 145 | - | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 363 | 2.748 | 78 | 0,1 | 8.310 | 43 | 7 | 1,9 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 240 mg/l Sulfat überschreitet

Auffällig sind die hohen Sulfatgehalte in der Messstelle Schönemoor-Batt A im Teilraum Unterweser Marsch (Abb. 81). Die sehr hohen Sulfatgehalte von bis zu 1.000 mg/l sind hier verbunden mit unauffälligen Chloridgehalten um 40 mg/l (Abb. 82). Die hohen Calciumgehalte geben einen Hinweis auf kalkhaltiges Substrat. Marsch- und Moorböden können sehr hohe Gehalte an organisch gebundenem Schwefel und Eisensulfiden aufweisen. Die in Niedersachsen weit verbreiteten Böden des Küstenholozäns wie See- und Brackmarschen enthalten bis zu 12 % Gesamtschwefel, der überwiegend als Pyrit vorliegt (Langer et al. o.J.). Durch Entwässerung und Belüftung der Böden wird Pyrit oxidiert und Sulfat freigesetzt (Sulfurikation). Bei kalkfreien bzw. kalkarmen Böden wird Schwefelsäure gebildet, woduch sulfatsaure Böden entstehen können. Im Bodenwasser sowie im Sickerwasser können deutlich erhöhte Sulfatkonzentrationen auftreten (Schäfer et al. 2010). Im Umfeld der Messstelle Schönemoor sind potentiell sulfatsaure Böden ausgewiesen, teilweise mit Über- oder Unterlagerungen von Torf und Ton. Voraussetzung für die Ablagerung sulfatsaurer Sedimente ist die Zufuhr von sulfathaltigem Wasser (Meerwassereinfluss), reduzierte Bedingungen und organisches Material zur Sulfatreduktion sowie das Vorhandensein feinklastischer Sedimente (Tone). In kalkhaltigen Substraten, wie im Umfeld von Schönemoor, wird die Schwefelsäure neutralisiert, sodass es nicht zu einem Absinken des pH-Wertes kommt.

Die Messstellen Schwege I und II zeigen an erhöhten Chlorid-, Sulfat- und Natriumgehalten eine Versalzung auf. Die Gehalte nehmen mit der Tiefe zu (Schwege I: Chlorid 237 mg/l, Sulfat 700 mg/l, Schwege II: Chlorid 425 mg/l, Sulfat 1.190 mg/l). Das molare Verhältnis Sulfat/Chlorid liegt in beiden Messstellen gleichbleibend bei 1. Versalzungsstrukturen sind für den Bereich Schwege jedoch nicht bekannt (Vergleich Kapitel 8.6). Die Basis des Grundwasserleiters bilden hier Tonsteine. Sedimentgesteine (insbesondere Tonminerale) können erhöhte Konzentrationen an Natriumchlorid enthalten und zu einer Zunahme der Salzkonzentration führen (Kölle 2010).

Die flach verfilterte Messsstelle P2F im Süden des Einzugsgebietes zeigt hohe Sulfatgehalte. Die Messstelle weist im Untersuchungszeitraum schwankende Sulfatgehalte in einer Spanne von 32 mg/l bis 1.730 mg/l auf. Die Ganglinie der Chloridgehalte verläuft ähnlich. Ein Zusammenhang zwischen den hohen Sulfatgehalten und Denitrifikationsprozesse kann daher ausgeschlossen werden. Die in der Nähe liegende flache Messstelle AP10F zeigt ein ähnliches Sulfat/Chloridverhältnis. Die Nitratgehalte sind unauffällig.

Im Übergangsbereich von der Diephozer Moorniederung zum Wiehengebirge weisen auffällig viel Messstellen Sulfatgehalte bis 160 mg/l oder Überschreitungen des Grenzwertes von 250 mg/l auf. Die Messstellen befinden sich im Bereich einer Salzintrusion bzw. im Abstrom der Intrusion (Abb. 26). Auch die Chloridgehalte sind auffällig erhöht (Kap. 8.6, Abb. 84).

Auch die Messstelle Rabber zeigt deutlich erhöhte Sulfatgehalte, verbunden mit hohen Calciumgehalten. Das Schichtenverzeichnis der Messstelle weist als Basis des Grundwasserleiters Tonstein mit Wealdenkohle auf. Neben Tonstein kann Wealdenkohle deutlich erhöhte Schwefelgehalte aufweisen und so zu geogen erhöhten Sulfatgehalten im Grundwasser führen.

Die Heilquellen von Bad Essen und Hüsede weisen hohe Gehalte an Calciumsulfat- und Natriumchloridwässer auf, die wahrscheinlich aus den nach Norden anschließenden Münder Mergel stammen (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Die deutlich erhöhten Sulfat- und Calciumgehalte insbesondere der Messstellen Rabber (aktueller Wert 580 mg/l Calcium, 1.300 mg/l Sulfat) und P2F (756 mg/l Calcium, 1.730 mg/l Sulfat) könnten ebenfalls darin begründet sein.

Ein Bezug erhöhter Sulfatgehalte zur landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftung kann anhand der vorliegenden Daten nicht hergestellt werden.

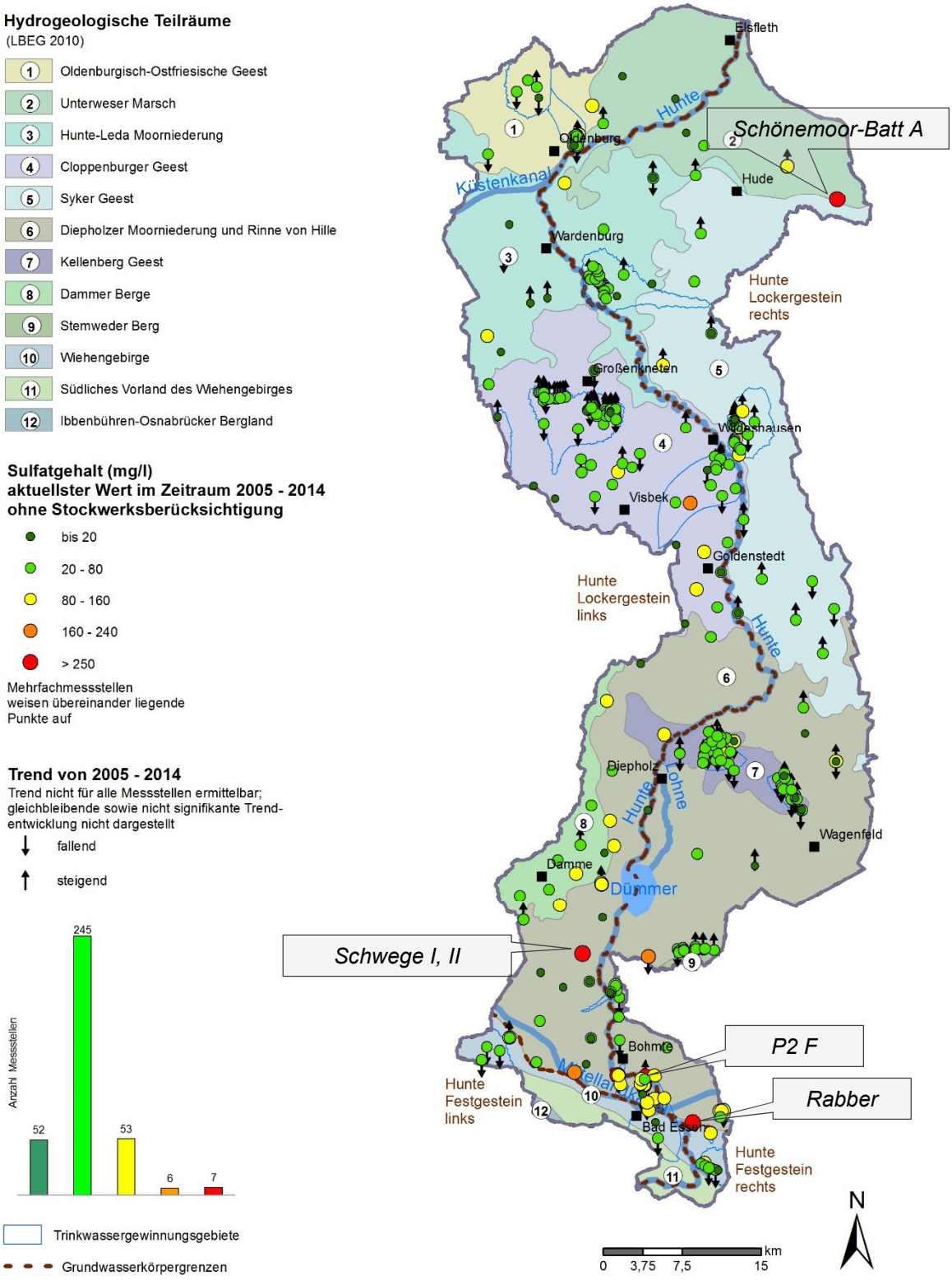



Abb. 81: Sulfatgehalte der Messstellen im Einzugsgebiet Hunte.

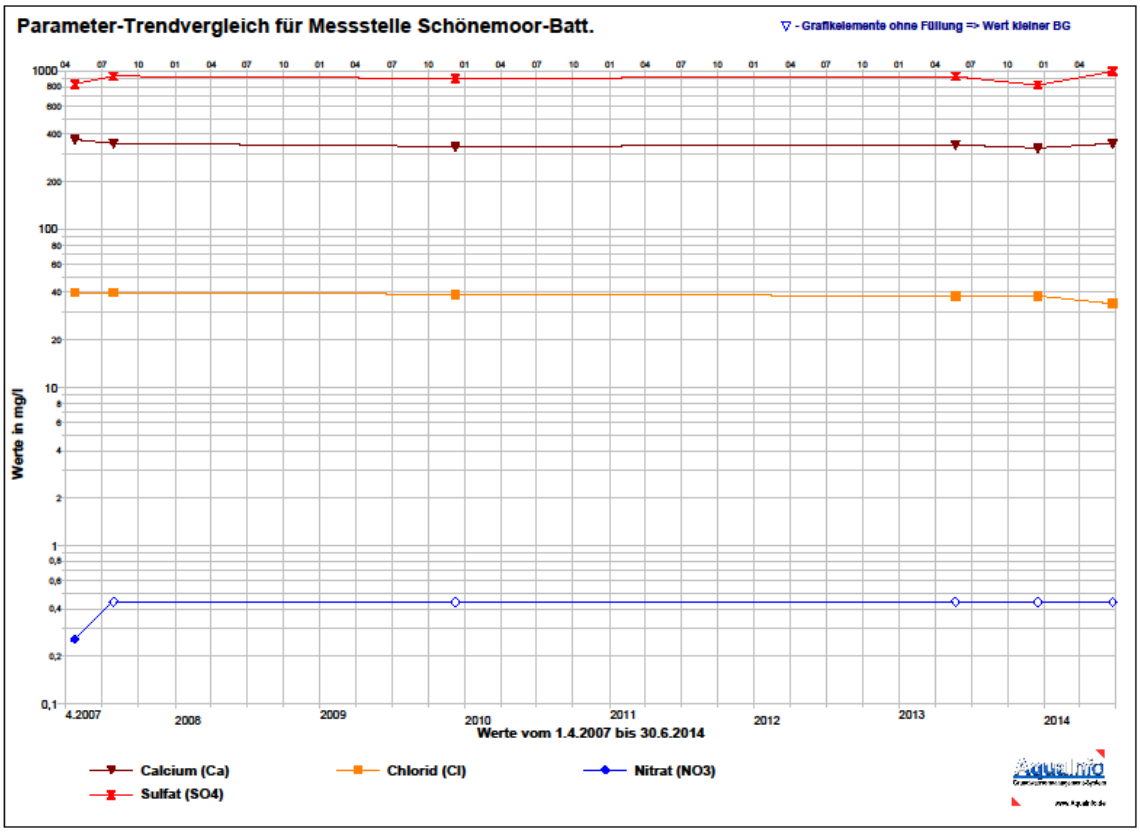
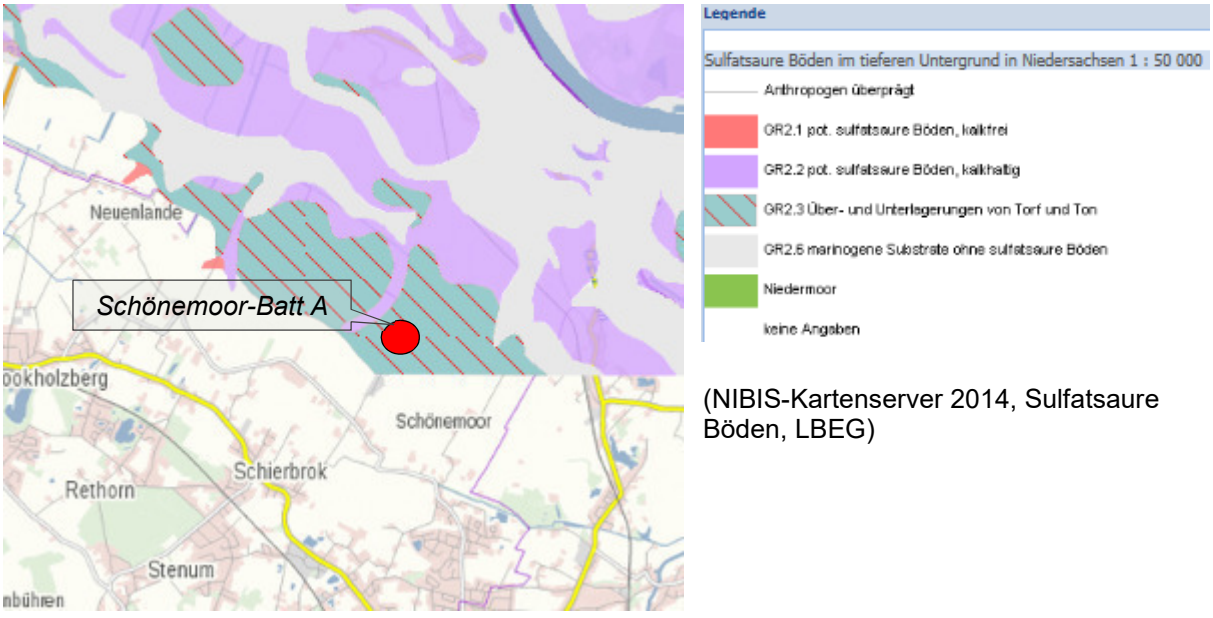



Abb. 82: Parametervergleich (Calcium, Chlorid, Nitrat, Sulfat) der Messstelle Schönemoor-Batt. A.




(NIBIS-Kartenserver 2014, Sulfatsaure Böden, LBEG)

Abb. 83: Sulfatsaure Böden im Umfeld der Messstelle Schönemoor-Batt A in der Wesermarsch.

## 8.6 Chlorid

Als Leitparameter für den Grad der Versalzung wird der Chloridgehalt des Grundwassers herangezogen.
Chloride ($Cl^-$) treten hauptsächlich als Natriumchlorid im Steinsalz, als Kaliumchlorid und als Magnesiumchlorid in den Abraumsalzen der Steinsalzlager auf. Die geogene Verbreitung ist sehr unterschiedlich und reicht von sehr geringen Konzentrationen in magmatischen Gesteinen bis hin zu Salzlagerstätten (aus NLWK 2001).

Die meisten Chloride sind gut wasserlöslich. Grundwasser weist natürlich bedingte Chloridgehalte bis etwa 20 mg/l auf. In der Nähe von Salzlagerstätten können die Chloridgehalte wesentlich höher sein. Chloride werden vom Boden nicht adsorbiert und somit leicht ausgewaschen. Sie gelangen mit dem Grundwasser über die Flüsse ins Meer und reichern sich dort an. Die Durchschnittskonzentration im Meerwasser beträgt 18 g/l Chlorid (NLWKN 2012).

In der TrinkwV 2001 ist für Chlorid ein Grenzwert von 250 mg/l festgesetzt worden. Stark erhöhte Chloridgehalte im Grundwasser, die nicht geogen bedingt sind, können Indikatoren für punktuelle Eintragsquellen wie Abwassereinleitungen, Belastungen aus Deponien, Streusalzeinflüsse usw. sein. Auch der Einsatz von Düngemitteln, bei denen Chlorid oft ein unerwünschter Nebenbestandteil ist, kann eine Belastungsquelle darstellen (NLWKN 2012).

Ab 200 mg/l Chlorid ist im Grundwasser bereits ein salziger Geschmack feststellbar (NLWK 2001).

Überschreitungen des Grenzwertes von 250 mg/l Chlorid treten an 10 GWM auf (Tab. 28), wobei 7 GWM im Teilraum Diepholzer Moorniederung verortet sind. Hervorgerufen sind die hohen Chloridgehalte vermutlich durch aufsteigende chloridhaltige Tiefenwässer.

Tab. 28: Chlorid, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Chlorid [mg/l] | | | > 250 mg/l Chlorid Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 152 | 37 | 4,5 | 188 | - | | - |
| Unterweser Marsch | 17 | 186 | 523 | 14 | 4.820 | 22 | 2 | 9,5 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 222 | 29 | 6,9 | 339 | 1 | - | - |
| Cloppenburger Geest | 100 | 831 | 26 | 5,7 | 73 | - | - | - |
| Syker Geest | 33 | 342 | 33 | 9,3 | 219 | - | - | - |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 554 | 79 | 4,3 | 773 | 29 | 7 | 9,5 |
| Kellenberg Geest | 46 | 420 | 32 | 2,4 | 322 | 2 | 1 | 2,2 |
| Dammer Berge | 9 | 39 | 33 | 14 | 48 | - | - | - |
| Stemweder Berg | 10 | 80 | 26 | 15 | 39 | - | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 40 | 4,5 | 230 | - | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 363 | 2.995 | 86 | 2,4 | 4.820 | 54 | 10 | 2,8 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 250 mg/l Chlorid überschreitet

Tab. 29: Chloridgehalte (Min/Max- und Mittelwerte, Grenzwertüberschreitungen) in Grundwassermessstellen (GWM) der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 bis 2014 ohne Versalzungsmessstellen (< 250 mg/l Chlorid).

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl GWM | Chlorid [mg/l] Mittel | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 37 | 4,5 | 188 |
| Unterweser Marsch | 15 | 39 | 14 | 85 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 29 | 6,9 | 248 |
| Cloppenburger Geest | 100 | 26 | 5,7 | 73 |
| Syker Geest | 33 | 33 | 9,3 | 219 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 69 | 52 | 4,3 | 245 |
| Kellenberg Geest | 46 | 31 | 2,4 | 225 |
| Dammer Berge | 9 | 33 | 14 | 48 |
| Stemweder Berg | 10 | 26 | 15 | 39 |
| Wiehengebirge | 17 | 40 | 4,5 | 230 |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - |
| Gesamt | 356 | 35 | 2,4 | 248 |

Werden die Versalzungsmessstellen (> 250 mg/l Chlorid) für die Auswertung nicht berücksichtigt, zeigt sich ein ausgeglichenes Bild in den hydrogeologischen Teilräumen mit mittleren Chloridwerten um 35 mg/l (Tab. 29).

Auffällig sind die hohen Chloridgehalte der flach verfilterten Mehrfachmessstelle Krögerdorf I und II (Filterlagen 2,6 - 5,6 m bzw. 9,7-20,7 m). Gehalte von 3.900 mg/l bzw. 4.500 mg/l Chlorid zeigen deutlich den Einfluss der Küstenversalzung auf. Der Grundwasserleiter gilt in diesem Bereich als vollständig versalzt (Abb. 84).

Der Einfluss von Salzintrusion, Zufluss von salzhaltigen Tiefenwässern, kommt südlich von Bohmte im Vorland zum Wiehengebirge zum Tragen. Die Trinkwasserförderung ist insbesondere im Trinkwassergewinnungsgebiet Harpenfeld beeinträchtigt. Hier weisen die Förderbrunnen III und V Chloridbelastungen von aktuell 326 bzw. 434 mg/l mit steigendem Trend auf (Abb. 85). Eine Verschneidung mit weiteren Förderbrunnen ist notwendig, um den Grenzwert von 250 mg/l im Reinwasser einhalten zu können. Der in ca. 40 m entfernt liegende Brunnen Harpenfeld IV weist lediglich Chlorid-Werte um 130 mg/l auf. Die neuen Förderbrunnen VI und VII ca. 500 m nördlich von Brunnen III zeigen Chloridgehalte unterhalb von 100 mg/l auf. Hier ist nach Information des WVU Wittlage zu vermuten, dass der Brunnen III im direkten Zustrom die Salzfahne zieht und die nördlich gelegenen Brunnen schützt. Der Peilbrunnen P2 F (Filterlage 0,61 - 1,11 m u. GOK) in direkter Nachbarschaft zum Förderbrunnen Harpenfeld III (Filterlage 21,17 - 29,17 m unter GOK) weist den höchsten Chloridwert mit 652 mg/l auf. Die Grundwassermessstelle zeigt ebenfalls erhöhte Sulfatgehalte (Kapitel 8.5). Im Bereich der belasteten Messstellen ist eine Salzintrusion ausgewiesen (Abb. 84).

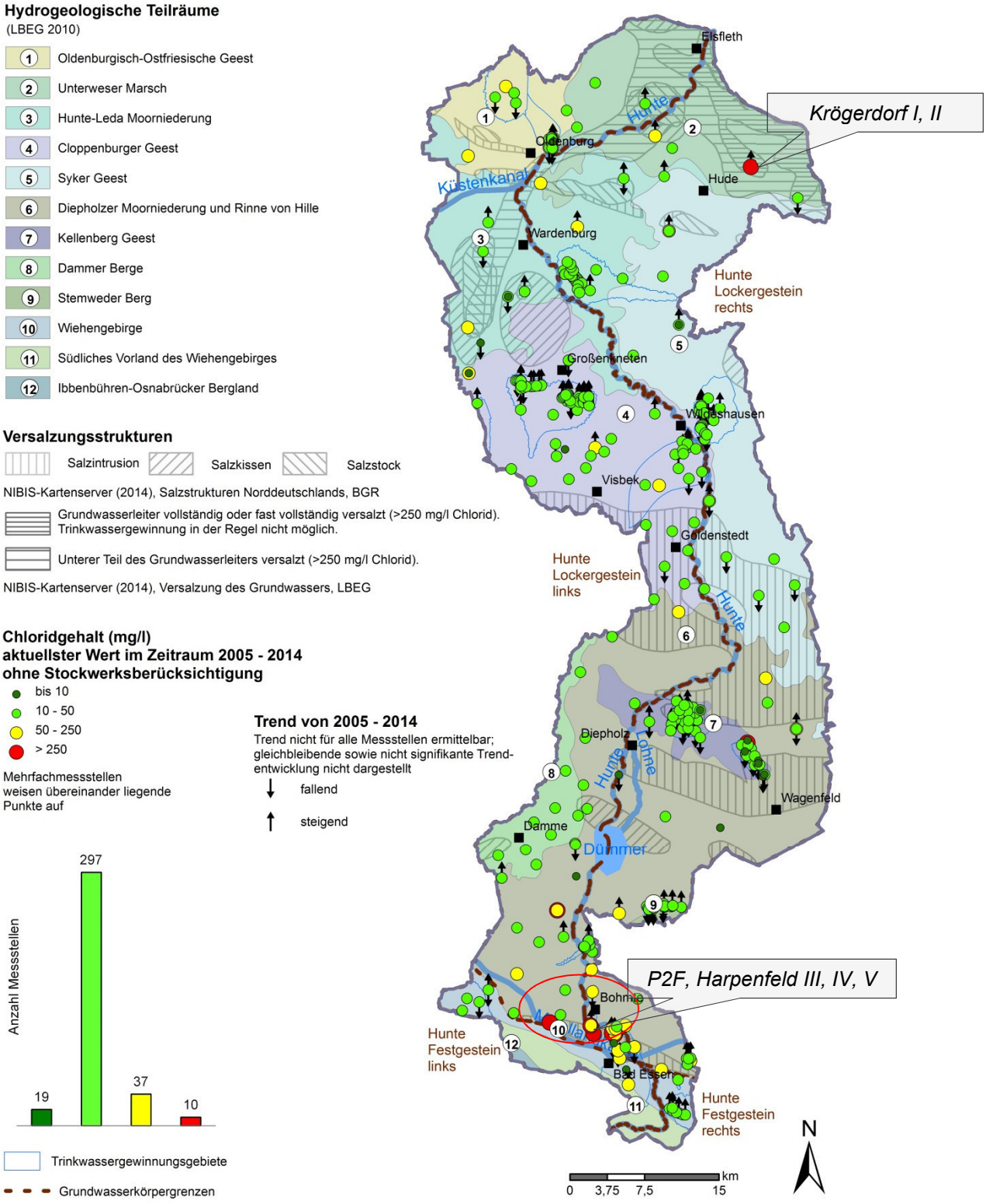



Abb. 84: Chloridgehalte der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet Hunte.

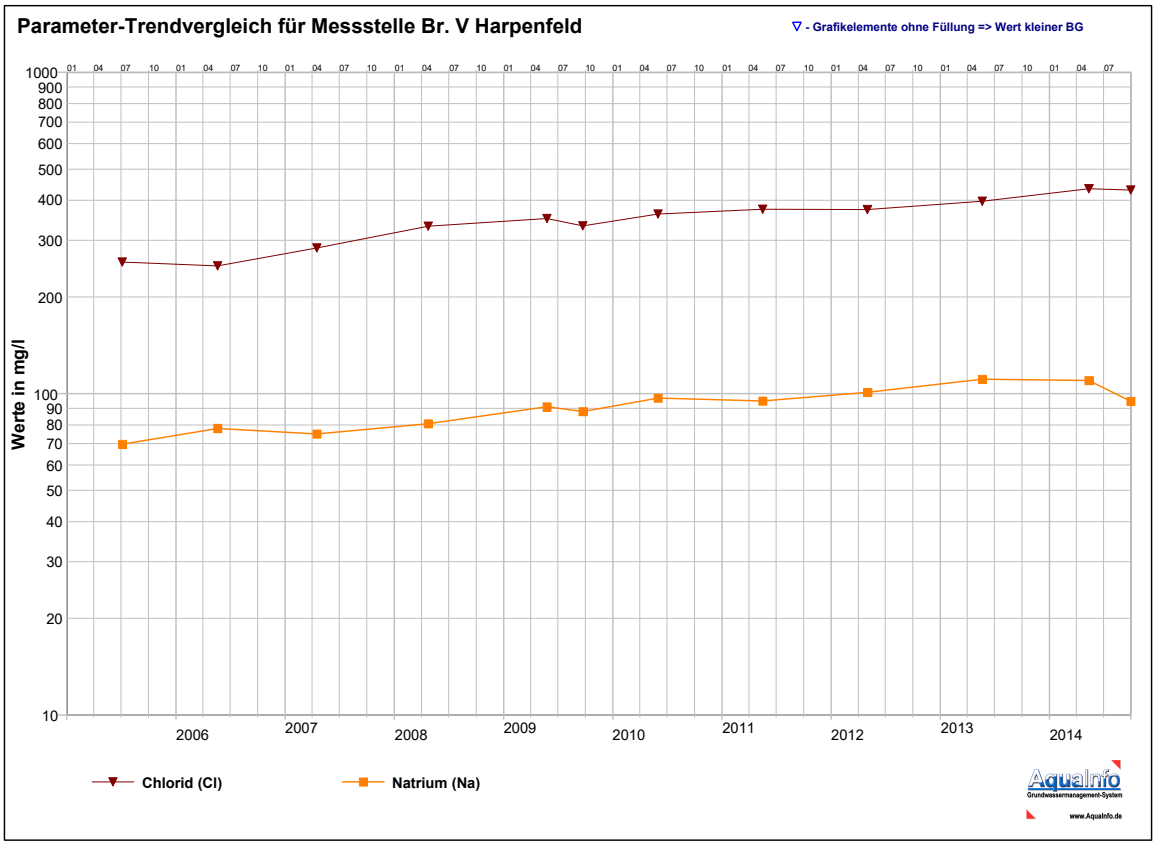



Abb. 85: Entwicklung der Chlorid- und Natriumgehalte der Messstelle Brunnen Harpenfeld V im Zeitraum 2005 - 2014.

## 8.7 Kalium

Kalium (K) gehört zu den Alkalimetallen und ist sehr reaktionsfähig. Geogene Quellen für Kalium sind die Gesteinsbestandteile Kalifeldspat, Glimmer und andere Kalisilikate sowie Kalisalzlager. Kalium wird bei der Verwitterung von silikatischen Gesteinen und durch die Mineralisation von abgestorbenem pflanzlichem Material freigesetzt. Ist der Kaliumgehalt des Grundwassers höher als der Natriumgehalt, weist dies auf besondere geochemische Verhältnisse oder auf fäkale Verunreinigungen hin (NLWK 2001). Hohe Kaliumgehalte deuten auf anthropogene Einflüsse, da geogen nur selten höhere Konzentrationen auftreten. Im Gegensatz zu Natrium wird Kalium in Tonmineralen fixiert oder in Mineralneubildungen eingebaut und gilt daher aus geochemischer Sicht als nicht sehr mobil. In sandigen Sedimenten kann Kalium jedoch leicht ins Grundwasser gelangen. Von den Kaliumverbindungen sind besonders Kaliumchlorid und -sulfat als Düngemittel von großer Bedeutung und weit verbreitet (NLWK 2001). Natürliche Konzentrationen erreichen nach Schleyer & Kerndorff (1992) i. d. R. nur wenige mg/l, die natürlichen Hintergrundwerte liegen bei etwa 3 bis 4 mg/l (LUA 1996). In der Fassung der Trinkwasserverordnung von 1990 wurde für Kalium ein Grenzwert von 12 mg/l festgelegt, wobei geogen bedingte Überschreitungen bis 50 mg/l toleriert wurden. In der neuesten Fassung der TrinkwV 2001 wurde kein Grenzwert für Kalium benannt. Um trotzdem eine Bewertung der Kaliumgehalte vornehmen zu können, werden Kaliumgehalte > 12 mg/l in diesem Bericht als „erhöhte Gehalte“ eingestuft.

Lediglich 8 % der ausgewerteten Messstellen weisen im Einzugsgebiet der Hunte erhöhte Kaliumgehalte über 12 mg/l auf (Tab. 30). Eine Häufung innerhalb der sandigen Geestgebiete wird dabei jedoch nicht deutlich. Bei 28 der 30 Messstellen mit erhöhten Kaliumgehalten han-

delt es sich um flach verfilterte Messstellen mit einer Filterunterkante bis maximal 20 m unter Geländeoberkante.

Die flach verfliterte GWM Barver I (Filterlage 5,8 - 7,8 m) weist einen aktuell sehr hohen Kaliumwert von 62 mg/l auf (Abb. 86). Die Nitratgehalte dieser GWM schwanken, erreichen jedoch ebenfalls Werte über 70 mg/l, sodass von einem hohen Nährstoffeintrag im Umfeld der Messstelle auszugehen ist. Barver II (Filterlage 20 - 40 m) hingegen zeigt mit 2,3 mg/l einen sehr geringen Kaliumgehalt auf. Hier trennt eine Schluffschicht in 9,0 - 14,5 m zwei Grundwasserstockwerke, sodass die tiefer verfilterte Messstelle gut geschützt ist.

Die GWM Ahlhorn I (Abb. 86) weist im Schichtenverzeichnis lediglich Feinsand auf. Eine Fixierung durch Tonminerale ist nicht oder kaum möglich, daher kann Kalium leicht verlagert werden. Ein Kaliumgehalt von 25 mg/l ist daher nicht ungewöhnlich. Auch hier deuten erhöhte Nitratgehalte von bis zu 93 mg/l auf einen hohen Nährstoffeintrag hin.

Von den 362 ausgewerteten Messstellen weisen 90 Messstellen einen signifikanten Trend auf, wobei 57 steigende Tendenzen aufzeigen. Ein Zusammenhang mit den hydrogeologischen Teilräumen ist dabei nicht erkennbar. Steigende Werte treten sowohl in der Geest als auch in Niederungsgebieten und im Bergland auf (Abb. 86).

Tab. 30: Kalium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Kalium [mg/l] | | | erhöhte Gehalte (> 12 mg/l) Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 72 | 5,79 | 1,08 | 17 | 5 | 1 | 4,8 |
| Unterweser Marsch | 17 | 149 | 5,84 | 0,7 | 20 | 12 | 1 | 5,9 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 186 | 3,5 | 1 | 15 | 7 | 1 | 2,8 |
| Cloppenburger Geest | 100 | 765 | 4,9 | 0,46 | 51 | 122 | 8 | 8 |
| Syker Geest | 33 | 281 | 3,37 | 0,78 | 15 | 9 | 1 | 3,0 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 554 | 4,15 | 0,4 | 132 | 57 | 6 | 8,1 |
| Kellenberg Geest | 46 | 420 | 8,1 | 0,8 | 67 | 92 | 11 | 24 |
| Dammer Berge | 8 | 38 | 5,16 | 1,5 | 15 | 1 | 1 | 12,5 |
| Stemweder Berg | 10 | 83 | 2,16 | 1,5 | 3,32 | - | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 1,92 | 0,4 | 17 | 3 | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 362 | 2.717 | 4,5 | 0,4 | 132 | 308 | 30 | 8,3 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 12 mg/l Kalium überschreitet

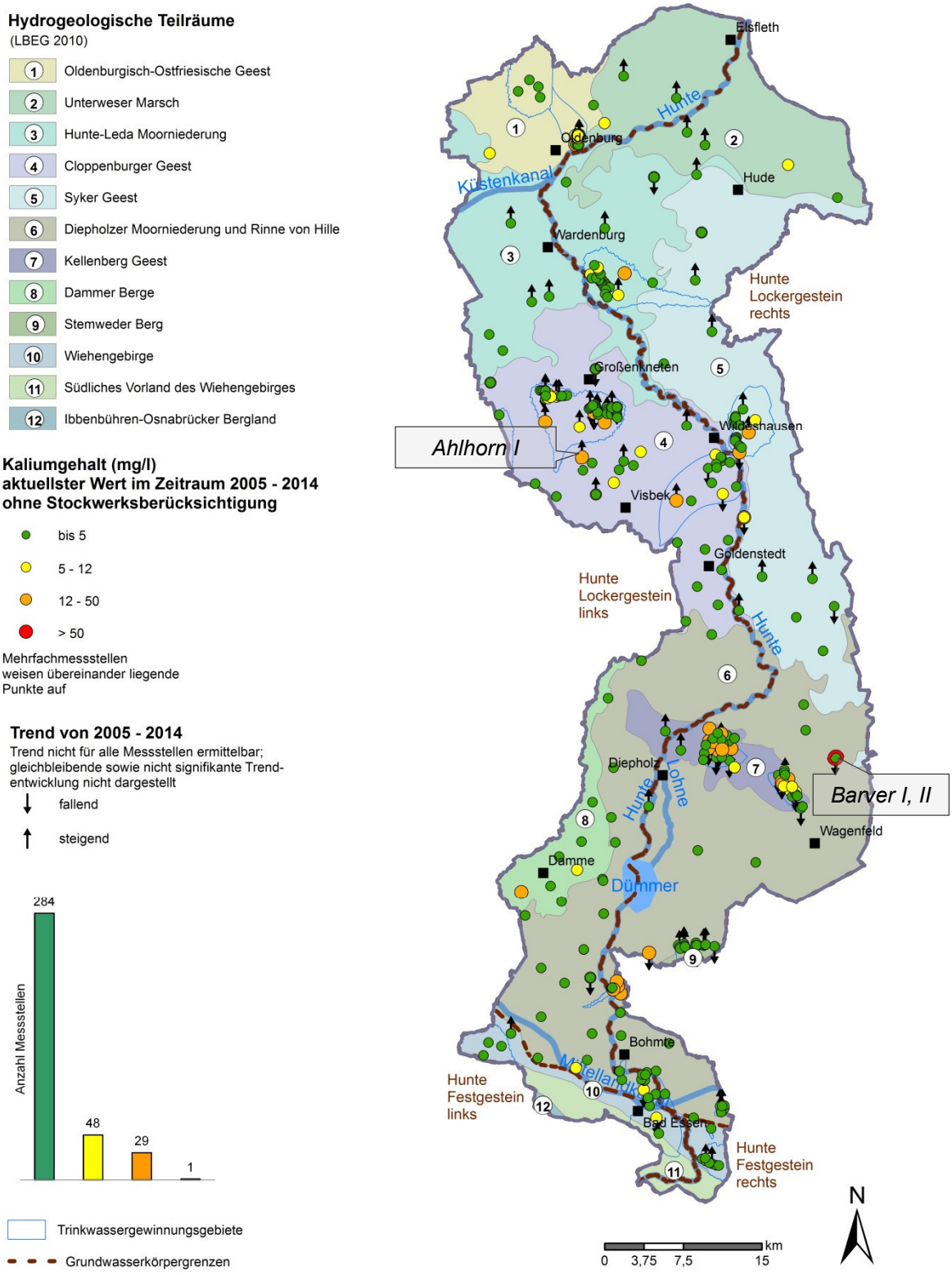



Abb. 86: Aktuelle Kaliumgehalte der Messstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

## 8.8 Eisen

Eisen (Fe) kommt in fast allen Böden und Gesteinen vor, da Eisen Bestandteil vieler silikatischer Minerale und Erzminerale ist. Oberflächennahe Gesteine enthalten im Mittel 4 Masse-% Eisenoxid (Blume et al. 2010). Die Eisengehalte im Grundwasser sind abhängig von der Höhe des pH-Wertes, dem Redoxpotential und dem Gehalt an organischen Verbindungen. In sauerstoffhaltigem Milieu liegt Eisen in weitgehend unlöslichen dreiwertigen Verbindungen vor, so dass Grundwasser mit hohem Sauerstoffgehalt i. d. R. nur geringe Eisengehalte aufweist. Unter reduzierenden Bedingungen (Sauerstoffmangel) und durch biologische Vorgänge entstehen zweiwertige Eisenverbindungen von wesentlich höherer Löslichkeit und Mobilität. Erhöhte Eisenwerte sind daher regelmäßig in reduziertem Grundwasser, meist Tiefenwasser, zu beobachten. Auch in organisch belasteten oberflächennahen Grundwässern (Huminwässer), in denen Eisen komplexgebunden vorkommt, sind erhöhte Eisengehalte nicht selten. Bei pH-Werten unter 5 ist auch die Löslichkeit dreiwertiger Eisenverbindungen erhöht (NLWK 2001). Ein Anstieg der Eisengehalte kann wie bei Sulfat durch Denitrifikationsvorgänge bei der Oxidation von Eisensulfiden durch Nitrat im anaeroben Grundwasser hervorgerufen werden (NLWKN 2012).

In sauerstoffarmem Wasser gelöste farblose Eisenverbindungen werden durch Luftsauerstoff leicht wieder zum schwer löslichen Eisen-III-Hydroxid oxidiert, was zu einer rötlich braunen Färbung des Wassers führen kann. Eisengehalte ab ca. 0,1 mg/l machen sich durch einen charakteristischen metallischen Geschmack bemerkbar (NLWK 2001). Eisen muss fast immer aus dem Grundwasser gefiltert werden. Durch Oxidation ist dies technisch relativ einfach möglich und eine gängige Art der Wasseraufbereitung. Eisen kommt häufig gemeinsam mit Mangan im Wasser vor.

Die TrinkwV 2001 nennt für Eisen einen Grenzwert von 0,2 mg/l (Tab. 20). Um technische Probleme bei der Versorgung in Form von Trübungen, Ablagerungen und Rostflecken beim Waschvorgang zu vermeiden, sollte jedoch bereits ab einem Eisengehalt von etwa 0,05 mg/l eine Aufbereitung (Oxidation und Filtration) zur Beseitigung des Eisens vorgesehen werden (NLWK 2001).

Insgesamt übersteigen 72 % der Messstellen im Hunte-Einzugsgebiet den Grenzwert nach TrinkwV 2001 von 0,2 mg/l Eisen. Deutlich erhöhte Eisengehalte über 20 mg/l treten vor allem in den Niederungsgebieten auf (Abb. 87). Messstellen im Bereich von Hochmooren oder in Regionen mit grundwasserabhängigen Böden (Gleye u. a.) wie im Süden der Diepholzer Moorniederung (Abb. 18) zeigen deutlich erhöhte Werte. Die GWM Venner Moor mit 32 mg/l Eisen und die GWM v. d. Bruche mit einem aktuellen Eisenwert von 64 mg/l können als Beispiele angeführt werden.

Tab. 31: Eisen, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Eisen [mg/l] | | | > 0,2 mg/l Eisen Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 152 | 3,01 | < 0,01 | 20 | 113 | 18 | 86 |
| Unterweser Marsch | 17 | 187 | 6,62 | < 0,01 | 87 | 148 | 13 | 77 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 36 | 222 | 6,70 | 0,02 | 39 | 184 | 33 | 92 |
| Cloppenburger Geest | 100 | 730 | 4,67 | 0,02 | 26 | 617 | 76 | 76 |
| Syker Geest | 33 | 278 | 8,27 | 0,02 | 40 | 237 | 28 | 85 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 74 | 534 | 10,5 | 0,01 | 166 | 435 | 57 | 77 |
| Kellenberg Geest | 46 | 418 | 2,60 | 0,01 | 17 | 217 | 22 | 48 |
| Dammer Berge | 9 | 39 | 0,97 | 0,01 | 6,1 | 8 | 4 | 44 |
| Stemweder Berg | 10 | 71 | 0,01 | 0,01 | 1,6 | 5 | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 169 | 1,10 | < 0,01 | 181 | 14 | 11 | 65 |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 363 | 2.800 | 4,45 | < 0,01 | 181 | 2082 | 262 | 72 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 0,2 mg/l Eisen überschreitet

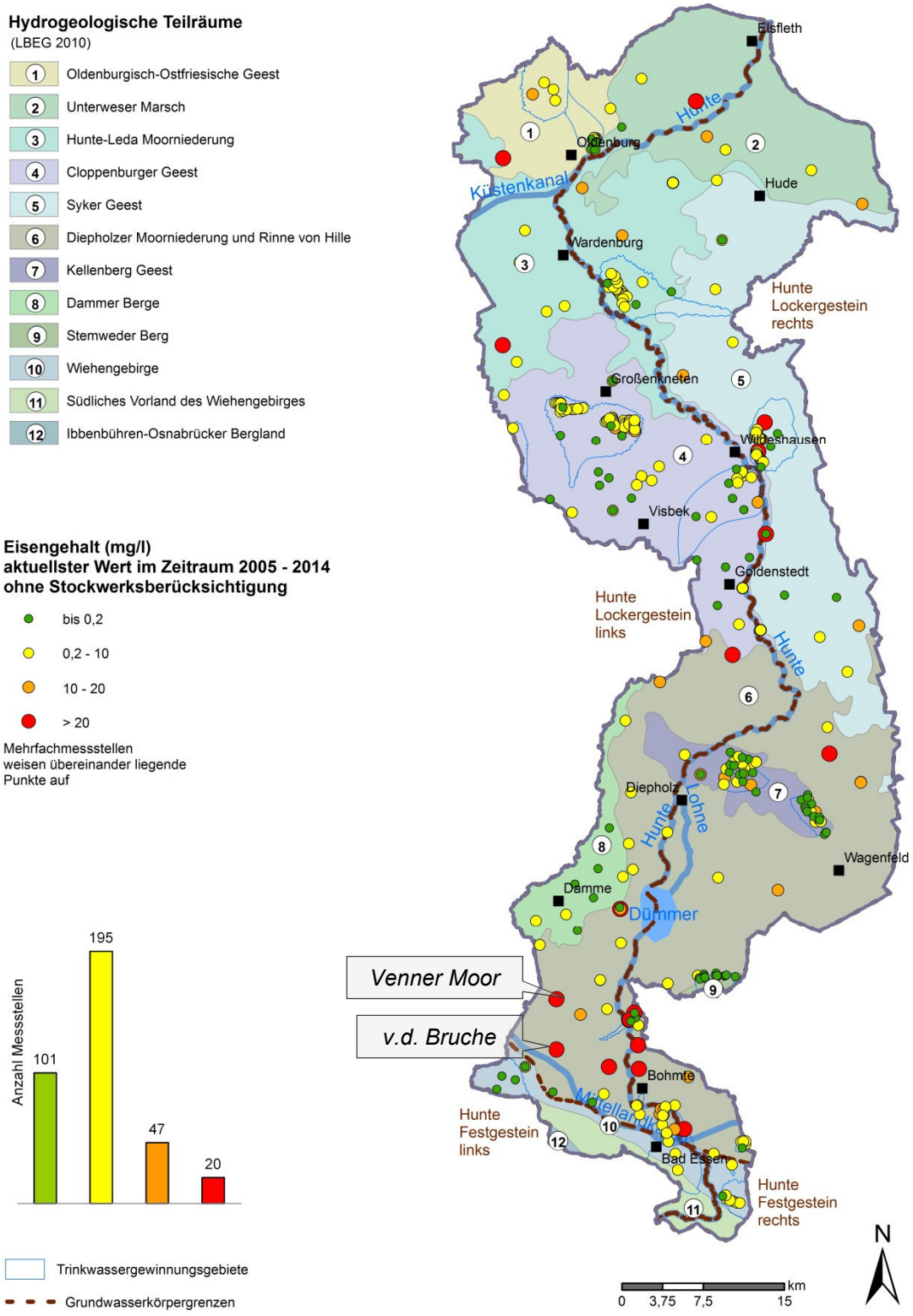



Abb. 87: Aktuelle Eisengehalte der Messstellen im Einzugsgebiet Hunte

## 8.9 Aluminium

Aluminium (Al) ist in Form seiner Verbindungen eines der am häufigsten in der Erdkruste vorkommenden Elemente. Als Begleiter und Stellvertreter des Siliziums in Silikatmineralen (Feldspat, Glimmer als Schichtsilikat, Hornblende) und deren Verwitterungsprodukten (Tonminerale) ist es praktisch allgegenwärtig anzutreffen. Alumosilikate sind Bestandteil von Gesteinen wie Gneis und Granit. Anthropogene Quellen spielen trotz der umfangreichen technischen Nutzung des Aluminiums kaum eine Rolle (NLWKN 2012). Aus diesem Grund ist bei dem in Boden und Grundwasser vorgefundenen Aluminium in der Regel von einer geogener Herkunft auszugehen (NLÖ 1999). Die meisten Aluminiumverbindungen sind in Wasser schwer löslich. Aus diesem Grund gilt Aluminium aus geochemischer Sicht als wenig mobil. Anthropogen unbeeinflusstes Grundwasser enthält weniger als 0,05 mg/l Aluminium (NLÖ 1999).

Im sauren Milieu wird Aluminium zunehmend gelöst und wirkt auf viele Lebewesen toxisch (MU 2006). Kritisch ist ein pH-Wert-Bereich unter pH 4,2 anzusehen, da hier verstärkt Aluminiumionen freigesetzt werden. Unter diesen Bedingungen erfolgt durch den Zerfall der Tonminerale eine massive Aluminiumfreisetzung.

Aluminium nimmt chemisch bei der Regulierung des Säuregehaltes im Boden eine wichtige Rolle ein (Aluminium-Pufferbereich). Puffer im Boden sind organische und anorganische Verbindungen, die $H^+$-Ionen aufnehmen können und damit eine saure Reaktion oder einen sauren Eintrag abschwächen (NLWKN 2012).

Die TrinkwV 2001 setzt für Aluminium einen Grenzwert von 0,2 mg/l fest. Bereits Konzentrationen ab 0,1 mg/l Al führen zu Trübungen im Trinkwasser. Im Zuge der Wasseraufbereitung kann Aluminium durch einfache chemische Prozesse problemlos aus dem Grundwasser herausgefiltert werden (NLWKN 2012).

Im Flusseinzugsgebiet der Hunte treten Grenzwertüberschreitungen (> 0,2 mg/l Al) in 25 % der Messstellen auf (Abb. 88, Tab. 32). Insbesondere in der Hunte-Leda-Moorniederung können Al-Gehalte über 0,2 mg/l in vielen Messstellen nachgewiesen werden. Jedoch werden die höchsten Aluminiumgehalte in den Geestgebieten gemessen. Werden nur Messstellen mit erhöhten Aluminiumgehalten über 1 mg/l (19 GWM) näher betrachtet, zeigt sich, dass es sich dabei durchweg um flach verfilterte Messstellen (FOK bis 15 m unter GOK) handelt. 14 der 19 Messstellen weisen dabei pH-Werte < pH 5,5 auf.

Die Messstelle Sandersfeld I (Filterlage 11 - 17 m) weist bei einem pH-Wert von 4,1 einen aktuellen Aluminiumgehalt von 16 mg/l auf. Die tiefer verfilterte Messstelle Sandersfeld II (Filterlage 22 - 41 m) hingegen enthält nur 0,15 mg/l Al bei einem pH-Wert von 6,0.

Hohe Aluminiumgehalte im Grundwasser stehen oft im Zusammenhang mit einer voranschreitenden Versauerung des Bodens, beispielweise durch saure Niederschläge. Eine Gegenüberstellung der Aluminiumgehalte und der pH-Werte der GWM im Einzugsgebiet der Hunte zeigt deutlich, dass hohe Aluminiumkonzentrationen mit niedrigen pH-Werten verknüpft sind (Abb. 89). Unterhalb eines pH-Wertes von pH 4,5 nimmt die Aluminiumkonzentration dabei deutlich zu.

Die BG für Ammonium variieren bei den ausgewerteten GWM je nach Messprogramm und Labor zwischen 0,001 und 0,1 mg/l Aluminium, wobei größtenteils 0,02 mg/l verwendet wurde. 49 % der im Zeitraum 2005 - 2014 durchgeführten Analysen zeigen Werte unterhalb der BG an (Tab. 20).

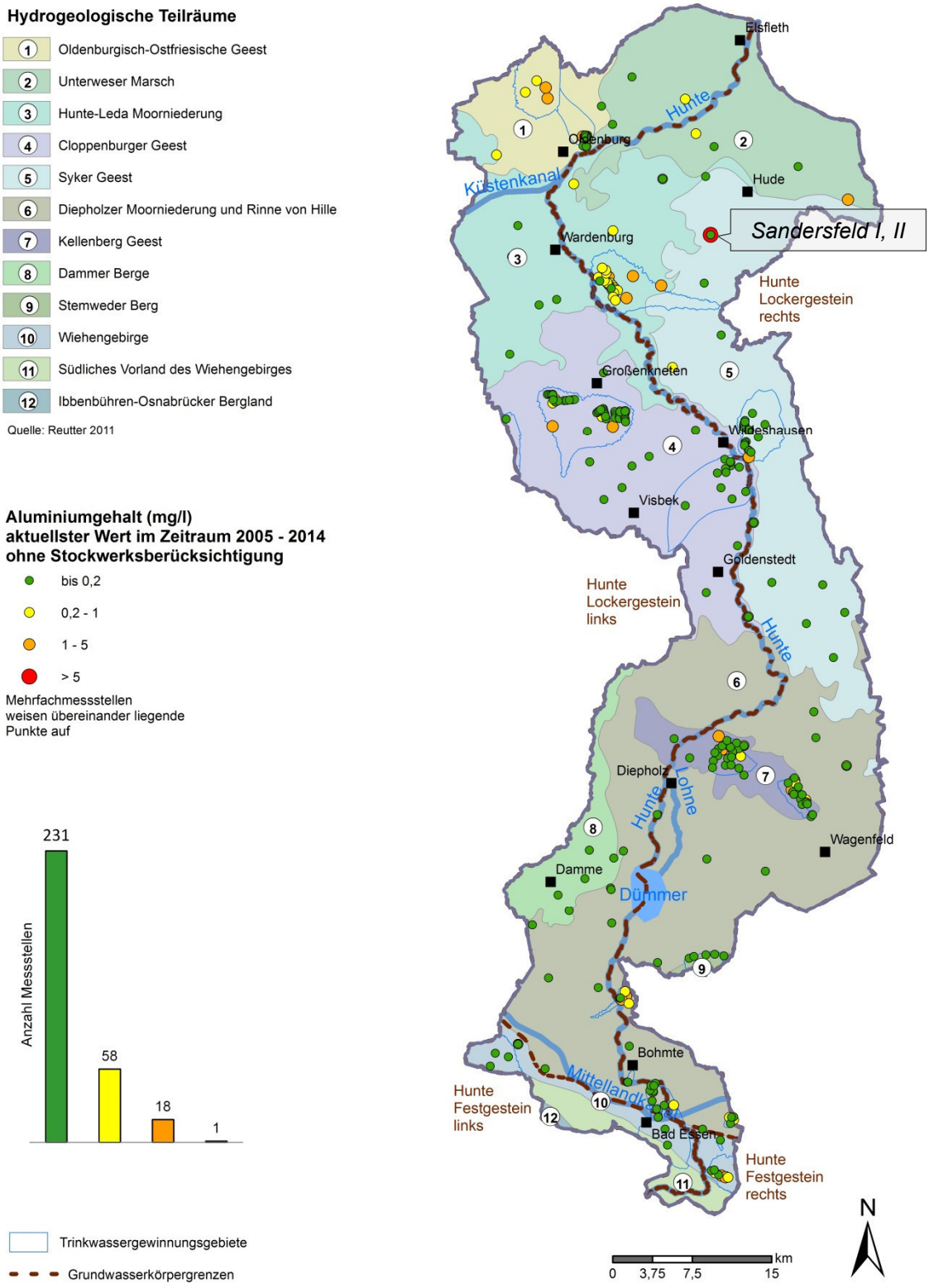



Abb. 88: Aktuelle Aluminiumgehalte der Messstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

Tab. 32: Aluminium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Aluminium [mg/l] | | | > 0,2 mg/l Aluminium Anzahl | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Analysen | GWM* | GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 21 | 150 | 0,34 | < 0,001 | 4,15 | 90 | 10 | 48 |
| Unterweser Marsch | 17 | 182 | 0,27 | < 0,01 | 2,3 | 38 | 5 | 29 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 35 | 208 | 0,64 | < 0,01 | 6,4 | 115 | 25 | 71 |
| Cloppenburger Geest | 84 | 682 | 0,14 | < 0,007 | 11 | 116 | 11 | 13 |
| Syker Geest | 33 | 270 | 0,53 | < 0,002 | 16 | 26 | 2 | 6,1 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 49 | 403 | 0,13 | < 0,001 | 2,06 | 48 | 9 | 18 |
| Kellenberg Geest | 45 | 238 | 0,33 | < 0,01 | 5,7 | 45 | 10 | 22 |
| Dammer Berge | 5 | 23 | 0,02 | < 0,01 | 0,04 | - | - | - |
| Stemweder Berg | 3 | 22 | 0,01 | < 0,01 | 0,14 | - | - | - |
| Wiehengebirge | 17 | 149 | 0,07 | < 0,001 | 1,0 | 13 | 5 | 29 |
| Südliches Vorland des Wiehen-gebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 309 | 2.327 | 0,30 | < 0,001 | 16 | 503 | 77 | 25 |

*Messstellen, deren aktueller Wert 0,2 mg/l Aluminium überschreitet

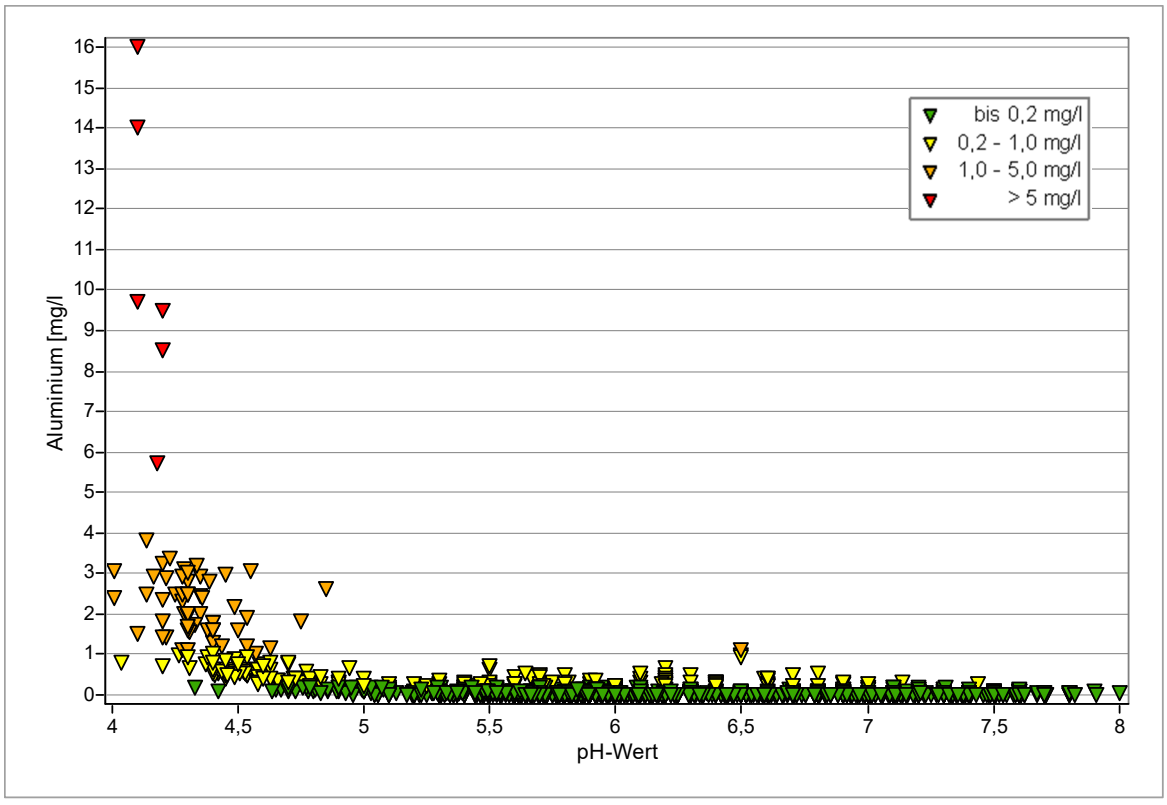



Abb. 89: Aluminiumgehalte (gelöst) und pH-Wert der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

## 8.10 Schwermetalle

Eine grundwasserrelevante Schadstoffgruppe stellen die Schwermetalle dar. Unter den Schwermetallen werden eine Vielzahl von Metallen und Halbleitermetallen wie z. B. Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber zusammengefasst. Sie sind ein natürlicher Bestandteil der Geosphäre, kommen in den Mineralien des Bodens vor und treten als Anreicherungen während der Gesteinsbildungsprozesse in Erzmineralen auf (NLÖ 1999).

Schwermetalle sind normalerweise im Boden oder in den Gesteinen chemisch fest eingebunden und in neutralem Milieu weniger löslich, so dass nur geringe Spurenkonzentrationen in wässrige Lösung übergehen können. Bei anhaltend niedrigen pH-Werten (pH < 5,5) kann es jedoch zu einer Beschleunigung der natürlichen Lösungs- und Ionenaustauschvorgängen und damit zu einer höheren Belastung des Sicker- und Grundwassers kommen (NLÖ 1999).

Durch natürliche Verwitterungsprozesse können Schwermetalle freigesetzt und in bodentypische Bindungsformen überführt werden. Natürliche (geogene) Schwermetallkonzentrationen im Grundwasser variieren in Abhängigkeit zum jeweiligen Boden bzw. Ausgangsgestein der Umgebung (NLWKN 2012).

Schwermetalle können im Zuge der Rohstoffgewinnung oder auch als Abfall (Altablagerungen, Altlasten) in die Umwelt gelangen und unterliegen dann ebenfalls den oben genannten chemischen Prozessen (NLÖ 1999).

Ein weiterer Eintragungspfad für Schwermetalle ist die atmosphärische Deposition (Luftpfad). In Industrie- und Siedlungsgebieten reichert sich die Atmosphäre mit Schwermetallen wie z.B. Cadmium an und gelangt mit dem Niederschlag in Boden und Gewässer.

Schwermetalle können jedoch auch infolge technischer Nutzung freigesetzt werden. Bei der Verteilung von Trinkwasser kann eine korrosionschemische Mobilisierung von Schwermetallen aus den verwendeten Metalllegierungen im Rohrnetz erfolgen. Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel werden daher in der TrinkwV 2001 unter „chemische Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann“, geführt.

Durch Anreicherungen bzw. Lösungsvorgänge in verschiedenen Wasseraufbereitungsstadien wie z. B. in Förderbrunnen, Filterstufen, Zwischenspeicher, Pumpen kann es zu einer Zunahme von Schwermetallgehalten kommen (NLWKN 2012).

Schwermetalle können sich über die landwirtschaftliche und gartenbauliche Flächennutzung im Boden anreichern und in das Grundwasser verlagert werden (Kapitel 3). Viele Mineraldünger enthalten Schwermetalle als Begleitstoffe. Auch Klärschlamm- und Wirtschaftsdünger können Schwermetalle enthalten, die nach der Aufbringung auf den Boden in das Grundwasser gelangen können.

Die für die Tierernährung essentiellen Spurenelemente Zink und Kupfer werden den Futtermitteln als mineralische Zuschlagstoffe beigemischt, wobei ein Großteil von den Tieren wieder ausgeschieden und mit dem Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlichen Flächen aufgebracht wird.

Im Flusseinzugsgebiet der Hunte sind die Schwermetallgehalte in den GWM überwiegend (Arsen, Blei, Quecksilber) auf einem sehr niedrigen Niveau. Lediglich einzelne Analysewerte innerhalb des Betrachtungszeitraumes 2005 bis 2014 zeigten Belastungen auf. Lediglich bei Cadmium und Nickel werden Belastungen in einzelnen GWM aufgezeigt. Daher wird im Folgenden nur auf diese Parameter eingegangen.

## 8.10.1 Cadmium

Cadmium (Cd) ist ein äußerst seltenes Element. Sein Anteil an der Erdkruste beträgt nur ca. 0,000003 %. Natürliche Cadmiumvorkommen in der Natur sind sehr selten, so dass bislang noch keine abbauwürdigen Lagerstätten entdeckt wurden. Cadmium wird ausschließlich als Nebenprodukt bei der Zinkverhüttung, in kleinem Umfang auch bei der Blei- und Kupferverhüttung gewonnen. In kleineren Mengen kann Cadmium beim Recycling von Eisen und Stahl anfallen.

Mögliche Eintragsquellen für dieses Schwermetall kann neben cadmiumhaltigen Phosphatdüngern, die im Bergbau gewonnen werden, auch eine natürliche Freisetzung aus Karbonatmineralen sein.

Der Parameter Cadmium wird im Grundwasser häufiger dort nachgewiesen, wo die Pufferkapazität der überdeckenden Boden- oder Gesteinsschichten gering ist (z. B. pleistozäne Sande der Cloppenburger Geest). Grund hierfür ist die steigende Cadmiummobilität mit sinkendem pH-Wert (NLWKN 2012).

Im Gebiet weisen 21 GWM (10%) eine Überschreitung des Grenzwertes nach GrwV 2010 (> 0,5 µg/l) auf. Davon überschreitet eine GWM auch den deutlich höheren Grenzwert nach TrinkwV 2001 von 3 µg/l (Tab. 33). Erhöhte Cadmiumgehalte treten vor allem in den Geestgebieten auf (Abb. 90). Im Bereich der Cloppenbuger Geest weisen 10 GWM Cadmiumgehalte über 0,5 µg/l auf. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Cadmiumgehalte im Grundwasser und den pH-Werten ist dabei nicht klar erkennbar (Abb. 91). Auffällig ist, dass die Messstelle GWM Wagenfeld 20027 mit deutlicher Cadmiumbelastung von 3,2 µg/l Cadmium ebenfalls einen sehr hohen Nitratgehalt (260 mg/l Nitrat) aufweist.

Tab. 33: Cadmium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Cadmium [µg/l] | | | > 3 µg/l | > 0,5 µg/l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Anzahl GWM* | |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 13 | 27 | 0,8 | < 0,1 | 1 | - | 1 |
| Unterweser Marsch | 9 | 53 | 0,38 | < 0,1 | 2,00 | - | 2 |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 31 | 89 | 0,1 | < 0,1 | 1 | - | - |
| Cloppenburger Geest | 67 | 140 | 0,47 | < 0,1 | 1,54 | - | 10 |
| Syker Geest | 16 | 95 | 0,39 | < 0,1 | 1,30 | - | 4 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 27 | 125 | 0,35 | < 0,1 | 1,00 | - | - |
| Kellenberg Geest | 22 | 98 | 0,45 | < 0,1 | 4,20 | 1 | 4 |
| Dammer Berge | 2 | 7 | 0,29 | < 0,1 | 0,50 | - | - |
| Stemweder Berg | 3 | 15 | 0,34 | < 0,1 | 0,50 | - | - |
| Wiehengebirge | 10 | 27 | 0,43 | < 0,1 | 1,00 | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 200 | 680 | 0,42 | < 0,1 | 4,2 | 1 | 21 |

* Messstellen, deren aktueller Wert 3 µg/l bzw. 0,5 µg/l Cd überschreitet

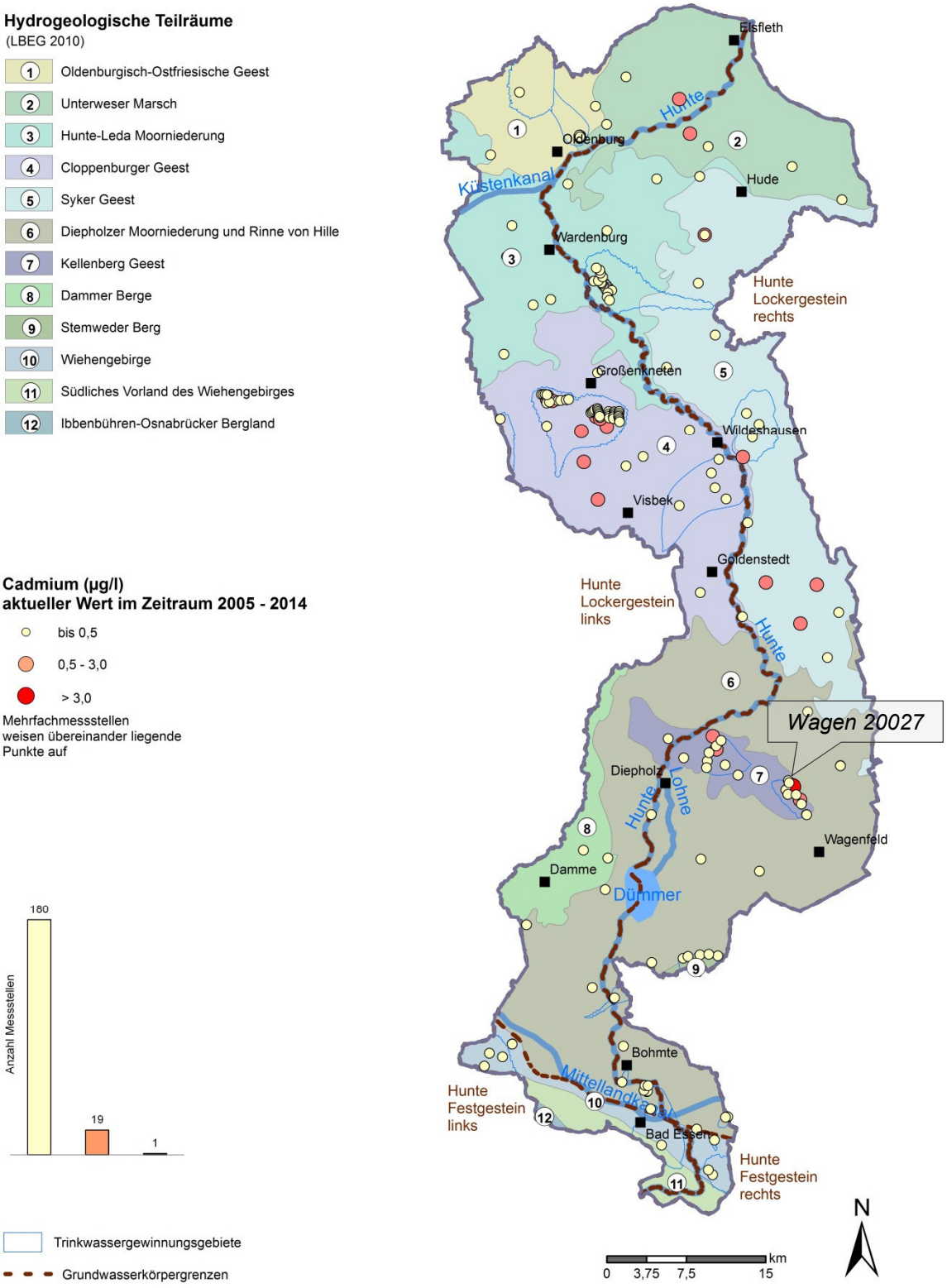



Abb. 90: Aktuelle Cadmiumgehalte der Messstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

Die Kombination hoher Nitratwerte und hoher Cadmiumgehalte lässt einen Zuammenhang mit einem erhöhten Düngungsniveau vermuten. Cadmium wird als Nebenbestandteil vieler Phosphatdünger auf den Boden aufgebracht und kann dann ins Grundwasser ausgetragen werden.

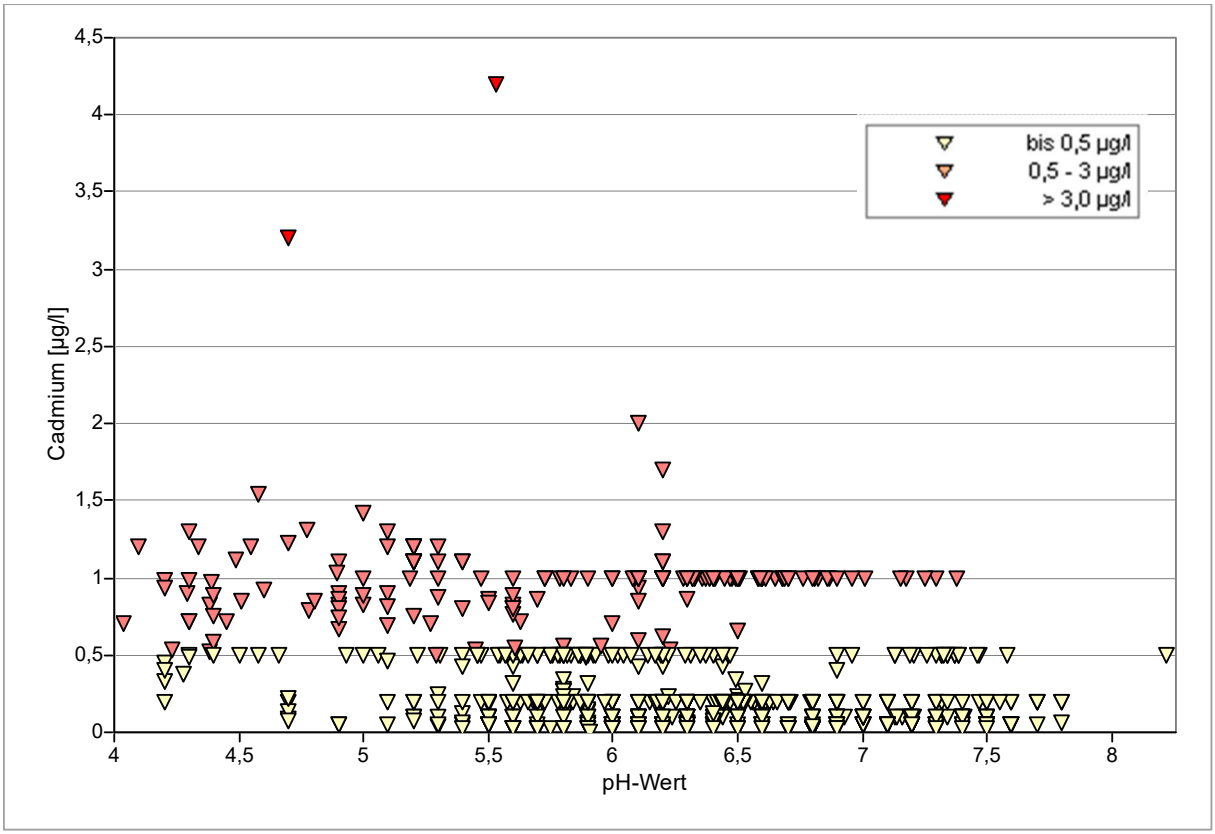



Abb. 91: Cadmiumgehalt und pH-Wert der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Hunte im Zeitraum 2005 bis 2014.

## 8.10.2 Nickel

Nickel (Ni) zählt wie Cadmium zu den seltenen Schwermetallen. Der Anteil an Nickel in der Erdkruste beträgt nur ca. 0,01 %, so dass abbauwürdige Nickelvorkommen weltweit selten sind. Der größte Teil der Nickelvorräte wird aus nickel- und kupferhaltigen Erzen gewonnen.

Die Belastung des Grundwassers mit diesem Schwermetall ist oftmals auf nickelhaltige Minerale und ihre Auflösung in saurem Milieu zurückzuführen. Als Nebenbestandteil kann Nickel auch in Düngemitteln enthalten sein (NLWKN 2012). Durch Denitrifikationsreaktionen nickelhaltiger Eisensulfide können die Nickelgehalte im Grundwasser erhöht sein (Kölle 2010). Für Trinkwasser stellen die Vernickelung von Bauteilen der Hausinstallation sowie verchromte Armaturen, die Nickel als Legierungsbestandteil enthalten, eine Belastungsquelle dar (Kölle 2010). Die TrinkwV 2001 sieht vor diesem Hintergrund für Nickel einen Grenzwert von 20 µg/l vor. Durch die Festlegung eines Nickelgrenzwertes für Trinkwasser soll eine weitere Zunahme der verbreiteten Nickelallergien vermieden werden (Kölle 2010). In der GrwV ist kein Schwellenwert vorgegeben.

Im Einzugsgebiet der Hunte weisen 37 % der im Zeitraum 2005 bis 2014 durchgeführten Analysen Nickelgehalte unter BG auf (Tab. 20).

Die BG variieren je nach Messprogramm und verwendeter Messmethode zwischen 0,02 und 1 µg/l.

Der Grenzwert nach TrinwV 2001 wird bei 15 % der ausgewerteten Messstellen überschritten. Die Belastungen sind auf die Geestgebiete beschränkt (Tab. 34) und damit auf Regionen mit pleistozänen Sanden, die durch geringe Karbonatgehalte und damit durch eine geringe Pufferkapazität gekennzeichnet sind. Durch saure Niederschläge und anschließende Infiltration in die schwach gepufferten Sande kann es in diesen Gebieten zu einer Freisetzung von Nickel und den damit verbundenen erhöhten Nickelgehalten im Grundwasser kommen.

Ein verstärktes Auftreten hoher Nickelgehalte ist bei tief verfilterten Förderbrunnen oder stillgelegten Förderbrunnen zu beobachten. Insgesamt sind 58 % der betroffenen Messstellen ab 20 m unter GOK verfiltert. Ein Zusammenhang mit Denitrifikationsreaktionen nickelhaltiger Eisensulfide ist unwahrscheinlich, da alle betroffen Messstellen Nitrat über BG aufweisen, wobei in 16 der betroffenen 38 Messstelen der Grenzwert von 50 mg/l deutlich überschritten wird. Auffällig ist, dass die Mehrzahl der Messstellen pH-Werte unter 6 aufweisen. Das Beziehungsdiagramm der Parameter Nickel und pH-Wert (Abb. 93) bestätigt diesen Zusammenhang. Eine vergleichbare Beziehung zwischen Nickelgehalt und pH-Wert konnte auch im angrenzenden Einzugsgebiet Leda-Jümme nachgewiesen werden (NLWKN 2016 b). Unterhalb pH 6 nehmen im Boden die Gehalte an wasserlöslichem und austauschbarem Nickel im Boden deutlich zu, sodass die Verlagerbarkeit mit dem Sickerwasser mit abnehmenden pH-Werten deutlich steigt (Blume et al. 2010).

Ob die diffusen Belastungen durch Nickel auf ackerbauliche Nutzungen und den damit verbundenen Düngemitteleinsatz oder aber auf die natürliche Boden- und Gesteinsausprägung zurück zu führen ist, ist noch zu klären.

Tab. 34: Nickel, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen (Überschreitung) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Hydrogeologischer Teilraum | Anzahl | | Nickel [µg/l] | | | > 20 µg/l Nickel | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GWM | Analysen | Mittel | Min. | Max. | Anzahl Analysen | GWM* | % GWM |
| Oldenburgisch-Ostfriesische Geest | 14 | 30 | 24 | < 1 | 110 | 7 | 4 | 29 |
| Unterweser Marsch | 9 | 53 | 3,8 | < 1 | 12 | - | - | - |
| Hunte-Leda-Moorniederung | 31 | 89 | 4,9 | < 1 | 13 | - | - | - |
| Cloppenburger Geest | 80 | 470 | 16 | < 0,2 | 105 | 137 | 24 | 30 |
| Syker Geest | 31 | 116 | 8 | < 1 | 73 | 33 | 4 | 13 |
| Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille | 28 | 154 | 3,5 | < 0,2 | 49 | 6 | - | - |
| Kellenberg Geest | 45 | 204 | 11 | < 0,2 | 85 | 29 | 6 | 13 |
| Dammer Berge | 2 | 7 | 6 | 2 | 12 | - | - | - |
| Stemweder Berg | 3 | 15 | 3,6 | < 0,6 | 5 | - | - | - |
| Wiehengebirge | 10 | 47 | 3,4 | < 1 | 11 | - | - | - |
| Südliches Vorland des Wiehengebirges | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ibbenbüren-Osnabrücker Bergland | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gesamt | 253 | 1.185 | 8,5 | < ,2 | 110 | 212 | 52 | 15 |

* Messstellen mit aktuellem Messwert >20 µg/l

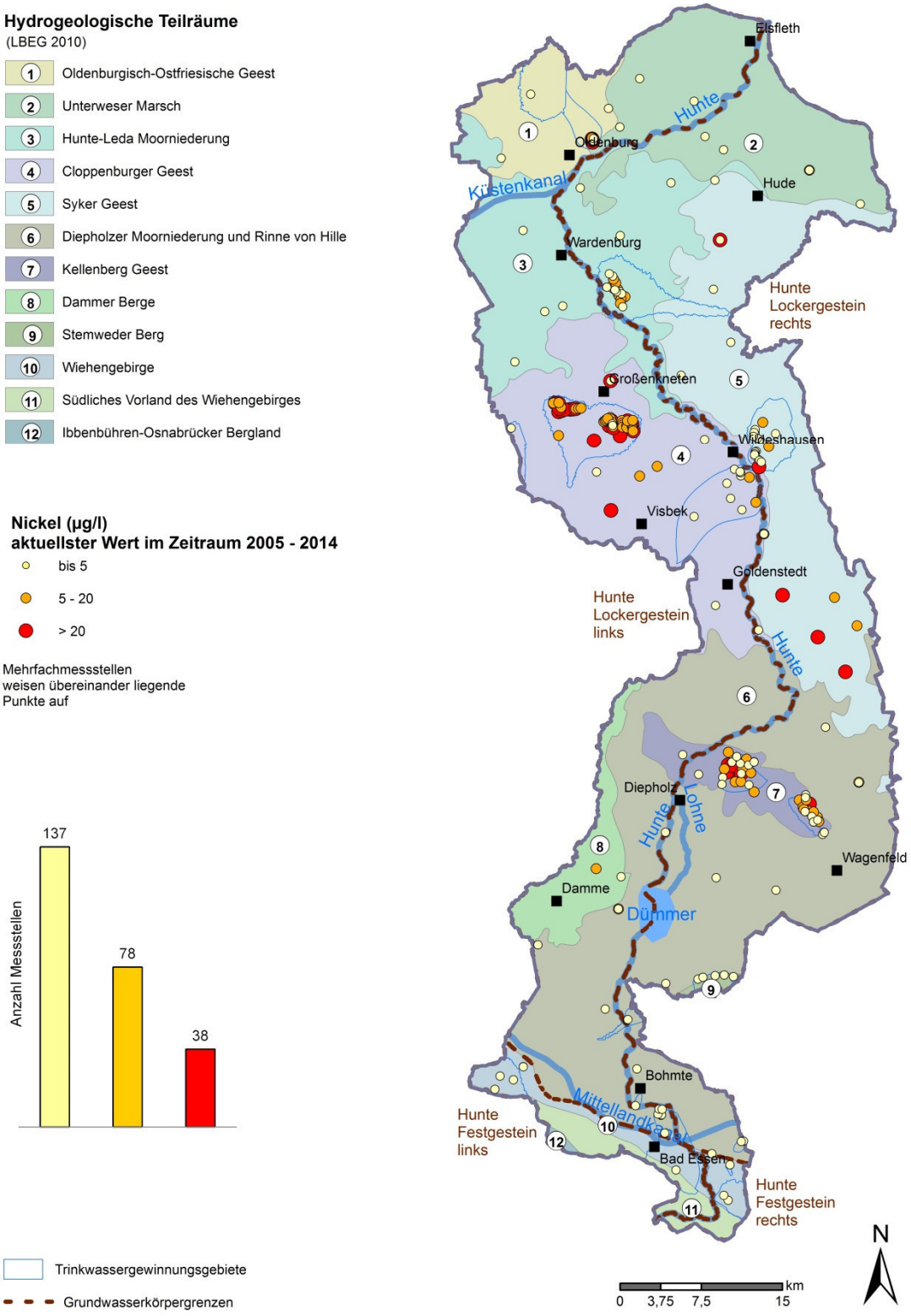



Abb. 92: Aktuelle Nickelgehalte der Messstellen im Einzugsgebiet der Hunte.

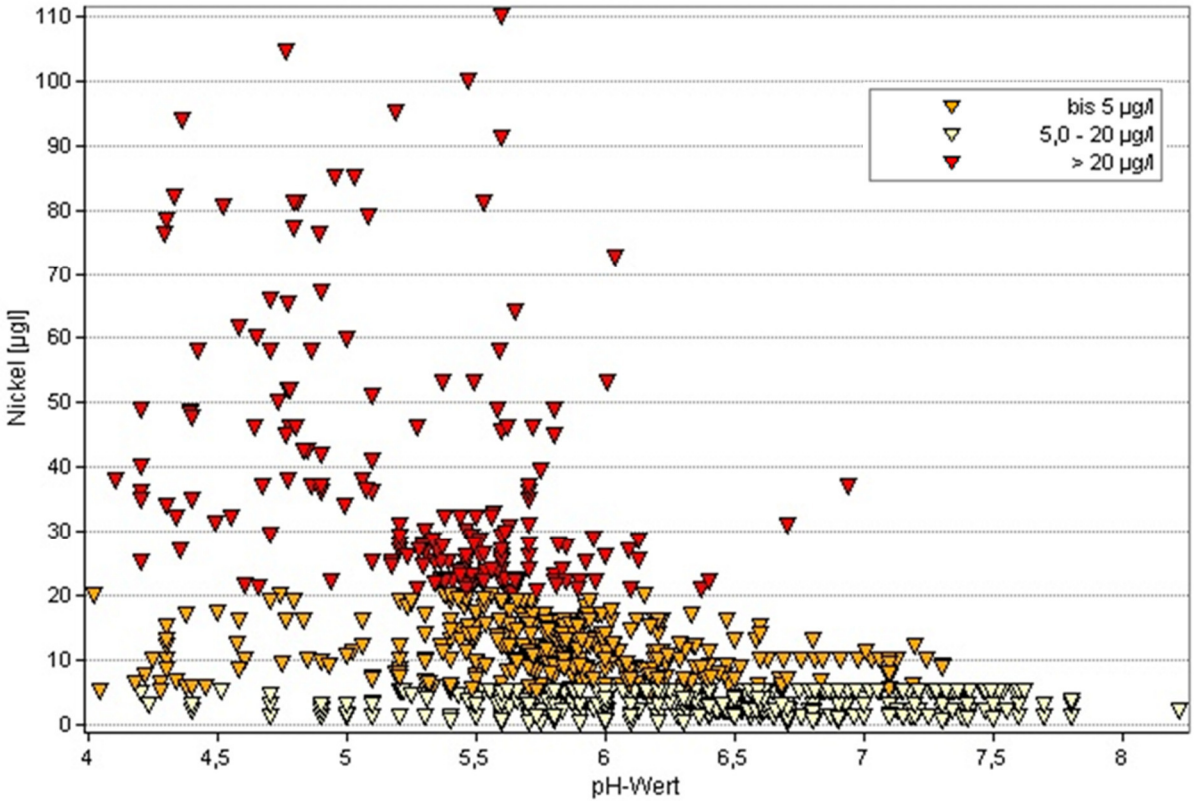



Abb. 93: Nickelgehalt und pH-Wert der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Hunte im Zeitraum 2005 - 2014.

## 8.11 Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten

Unter PSM werden chemische oder biologische Wirkstoffe und Wirkstoffgemische verstanden, die Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen (z.B. Fungizide und Insektizide) und unerwünschten Konkurrenzpflanzen (Herbizide) schützen oder in einer anderen Weise auf Pflanzen einwirken (z. B. Wachstumsregulatoren) (NLWKN 2012).

Biozide sind in der Schädlingsbekämpfung eingesetzte Wirkstoffe, Chemikalien und Mikroorganismen gegen Schadorganismen wie z.B. Ratten, Insekten, Pilze oder Mikroben (z.B. Desinfektionsmittel, Rattengift oder Holzschutzmittel).

PSM können flächig oder punktuell oder linienhaft über das Sickerwasser in das Grundwasser eingetragen werden:

- Diffus (flächenhaft): Pflanzenschutzmaßnahmen bei der landwirtschaftlichen oder erwerbsgärtnerischen Flächenbewirtschaftung, kommunale und private Pflanzenschutzmaßnahmen
- Punktuell: z. B. Beseitigung von Restmengen, unsachgemäße Tankreinigung, unsachgemäße Entsorgung von Alt-PSM usw.
- Linienhaft: z.B. Freihalten von Gleiskörpern durch Herbizide

Relevante Metaboliten sind Abbauprodukte von PSM, die rechtlich wie Wirkstoffe zu bewerten sind. Sie besitzen dieselbe pestizide biologische Aktivität wie die Muttersubstanz. Von ihnen geht eine Gefährdung für das Grundwasserökosystem aus oder sie weisen toxische, kanzerogene oder mutagene Eigenschaften auf (NLWKN 2015 a).

Für die PSM-Wirkstoffe und ihre relevanten Metaboliten setzt die TrinkwV 2001 den Grenzwert in Höhe von 0,1 µg/l (Tab. 20) fest. Für den Summenparameter (alle gefundenen Pflanzenschutzmittel und relevanten Metaboliten) beträgt der Grenzwert 0,5 µg/l. In der WRRL und der GrwV sind die Grenzwerte entsprechend übernommen worden.

Abbauprodukte von PSM, die kein pestizides, ökotoxisches oder humantoxisches (Rest)-Wirkungs-Potential mehr besitzen, werden als nicht relevante Metaboliten (nrM) bezeichnet. Aus Gründen der Gesundheitsvorsorge sind sie trinkwasserrelevant, weil sie oft hochbeweglich und nicht flüchtig sind und daher auch im aufbereiteten Trinkwasser vorkommen können. Die TrinkwV 2001 enthält keine Grenzwerte für nrM. In der Verordnung ist jedoch ein Minimierungsgebot festgeschrieben. Die Konzentration von chemischen Stoffen, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit verändern können, ist nach TrinkwV 2001 so niedrig zu halten, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist.
Für nrM gilt für dauerhafte Belastungen ein gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) von 1 µg/l bzw. 3 µg/l in Abhängigkeit von der vorhandenen Datenbasis. Der GOW ist umso höher, desto aussagekräftiger und vollständiger die toxikologische Datenbasis für den zu bewertenden Stoff ist. Bei unvollständiger Datenbasis wird der sensiblere GOW von 1 µg/l angesetzt. Neben den GOW empfiehlt das Umweltbundesamt einen Vorsorge-Maßnahmenwert (VMW) von 10 µg/l für nrM, der im Trinkwasser nicht dauerhaft zu tolerieren ist und damit quasi eine Grenzwertfunktion einnimmt, da dadurch Maßnahmen indiziert werden (NLWKN 2015 a).

Ebenso wie in Kläranlagen ist auch in der Trinkwasseraufbereitung eine Eliminierung von PSM und Metaboliten kaum möglich. Lediglich kostenintensive Verfahren wie der Einsatz von Aktivkohle zeigt eine gewisse Wirkung (Mutschmann und Stimmelmayer 2014).

Informationen über zugelassene PSM können in der Onlinedatenbank des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit unter https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/ abgerufen werden. Zurzeit (Stand 23.01.2016) sind dort 1388 PSM-Handelsprodukte mit 275 Wirkstoffen vermerkt.

Eine landesweite Auswertung zur Pflanzenschutzmittelproblematik im Grundwasser kann dem Themenbericht Pflanzenschutzmittel aus der NLWKN Schriftenreihe Grundwasser Band 23 (NLWKN 2015 a) entnommen werden.

### 8.11.1 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und relevante Metaboliten

Untersuchungen auf Pflanzenschutzmittel werden in den Rohwassermessstellen der Wasserversorger im Abstand von drei Jahren gemäß dem Erlass zu Rohwasseruntersuchungen und Untersuchungen an Vorfeldmessstellen (MU 2013 a) durchgeführt.

Im Rahmen des GÜN wurden vor 2008 deutlich weniger Messstellen auf PSM untersucht. Im Rahmen des PSM-Monitorings für die Zustandsbeurteilung nach EG-WRRL wurden in den Jahren 2008 und 2009 alle Messstellen des Überblicksmessnetzes WRRL Güte auf PSM-Befunde geprüft. Aktuell werden ausgewählte Messstellen in einem speziellen PSM-Messnetz alle 6 Jahre untersucht.

Für den vorliegenden Regionalbericht wurden die zur Verfügung stehenden Landesmessstellen und Messstellen Dritter hinsichtlich PSM Wirkstoffe ausgewertet. Für den Zeitraum 2005 bis 2014 konnten insgesamt 58.419 Einzeluntersuchungen auf PSM unter Berücksichtigung von 167 Wirkstoffen und relevante Metaboliten betrachtet werden. In der Tabelle 1 im Anhang sind alle untersuchten Wirkstoffe und relevanten Metaboliten aufgeführt. Die Analysenhäufigkeit einzelner Wirkstoffe und Metaboliten variiert. Seit 2008 sind an Landesmessstelen 104 Parameter kontinuierlich untersucht worden, ab 2011 erfolgte eine Aufstockung auf 129 Parameter, wobei vorrangig eine Erweiterung auf nrM vorgenommen wurde. Der Fokus liegt auf PSM-Wirkstoffe und deren Abbauprodukte, die häufig in der Anwendung sind. GWM mit PSM-Befunden werden regelmäßig weiter beobachtet. Herbizide wie beispielsweise Atrazin, Bentazon, Chlortoluron, Diuron, Isoproturon, Mecoprop oder Simazin sind daher häufig im Untersuchungsumfang enthalten (Tab. 35).

In der unten stehenden Tabelle (Tab. 35) sind die Wirkstoffe mit Befunden (> 0,1 µg/l) im Einzugsgebiet der Hunte aufgeführt.

Tab. 35: Funde von PSM-Wirkstoffe und Metaboliten (> 0,1 µg/l) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Wirkstoff | Anwendung | Untersuchungen Anzahl | | Funde > 0,1 µg/l PSM Anzahl | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Analysen | GWM | Analysen | GWM |
| Bromacil | Herbizid | 1.204 | 262 | 11 | 2 |
| Diuron | Herbizid | 1.192 | 262 | 2 | 1 |
| Ethidimuron | Herbizid | 1.052 | 253 | 3 | 1 |
| Isoproturon | Herbizid | 1.179 | 262 | 1 | 1 |
| Linuron | Herbizid | 615 | 134 | 1 | 1 |
| Mecoprop (MCPP) | Herbizid | 1.102 | 244 | 9 | 1 |
| Metalaxyl | Fungizid | 924 | 206 | 1 | 1 |
| Methabenzthiazuron | Herbizid | 998 | 244 | 8 | 1 |
| Metolachlor | Herbizid | 738 | 262 | 3 | 3 |
| Metoxuron | Herbizid | 985 | 253 | 1 | 1 |
| Propiconazol | Fungizid | 321 | 106 | 1 | 1 |
| Simazin | Herbizid | 1.177 | 262 | 1 | 1 |

Im Einzugsgebiet Hunte wurden im Zeitraum 2005 bis 2014 insgesamt an zehn Grundwassermessstellen Funde von PSM-Wirkstoffen bzw. Metaboliten festgestellt (Tab. 36), wobei Belastungen durch 12 unterschiedliche Wirkstoffe aufgetreten sind (Tab. 35).

Neben zehn Herbiziden traten Befunde von zwei Fungiziden auf (Tab. 35). Davon sind derzeit nur der Herbizid-Wirkstoff Isoproturon und der Fungizid-Wirkstoff Propiconazol zugelassen (Tab. 37). Die Anwendung von Bromacil ist seit 1993 verboten. Für Diuron ist ab 1997 ein anwendungsabhängiges Verbot ausgesprochen worden, wobei die Anwendung in der Landwirtschaft bis 2007 zulässig war. Für Ethidimuron und Simazin besteht ein Anwendungsverbot ab 1988.

Belastungen einzelner Messstellen durch die Herbizide Bromacil, Diuron, Ethidimuron, Mecoprop und Methabenzthiazuron haben sich durch mehrere Analysen mit Befunden bestätigt. Die Mehrzahl der Belastungen trat jedoch einmalig auf (Tab. 35).

Zwei Messstellen wiesen im Zeitraum 2005 bis 2014 Mehrfachbelastungen auf (Tab. 36), wobei eine Messstelle sowohl Herbizid- als auch Fungizid-Wirkstofffunde zeigte.

Tab. 36: Funde und Mehrfachfunde von PSM-Wirkstoffen und Metaboliten(> 0,1 µg/l) in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 bis 2014.

| **Wirkstoff** | **Anzahl GWM** |
|---|---|
| Bromacil | 2 |
| Methabenzthiazuron, Simazin | 1 |
| Diuron | 1 |
| Ethidimuron | 1 |
| Isoproturon | 1 |
| Linuron, Mecoprop (MCPP), Metoxuron, Metolachlor, Propiconazol | 1 |
| Metalaxyl | 1 |
| Methabenzthiazuron | 1 |
| Metolachlor | 1 |

Für die jeweiligen Pflanzenschutzmittel und ihre Anwendungsgebiete werden bei der Zulassung Anwendungsbestimmungen festgesetzt, um beispielsweise Schäden am Naturhaushalt vorzubeugen. Die Anwendungsbestimmungen zur Thematik Naturhaushalt-Grundwasser (NG) sollen Verunreinigungen des Grundwassers verhindern. Für Bentazon besteht beispielsweise ein bußgeldbewehrtes Anwendungsverbot auf Böden der Bodenarten Sand, schwach schluffiger Sand und schwach toniger Sand (NG 407), da die Wirkstoffe auf leichten Böden eine erhöhte Versickerungsneigung aufweisen. Für Chloridazon gilt ein verschärftes Anwendungsverbot (NG 415) auf weiteren leichten Bodenarten (BVL 2015). Berufliche Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln dürfen seit November 2015 nur mit gültigem Sachkundenachweis im Scheckkartenformat durchgeführt werden.

Tab. 37: Zulassungsstatus der PSM-Wirkstoffe mit Fund > 0,1 µg/l im Einzugsgebiet der Hunte (BVL 2009, BVL 2016).

| Wirkstoff | AnwV* | Bemerkung | Begründung | EU Gen** | Zulassung BRD | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bromacil | 1 | Verbot ab 1993 | - Hohe Persistenz vom Bromacil im Boden in Kombination mit hohem Versickerungspotential<br>- Schädliche Auswirkungen auf das Grundwasser sind zu erwarten<br>- Umwelt- und bodenbelastende Auswirkungen (Versickerungsneigung) | nein | 1971 - 1990 | nein |
| Diuron | 3A, 4 | Verbot anwendungsabhängig ab 1997 erweitert 2003 | - Versickerungsneigung<br>- Funde im Grund- und Oberflächengewässern<br>- Häufung von Funden in Grundwasser in Ballungsgebieten auf Grund von nicht genehmigten Anwendungen | ja | 1971 - 2007 | nein |
| Ethidimuron | 3B | Anwendungsverbot in Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten ab1988 | | nein | 1975 - 1990 | nein |
| Isoproturon | | | | ja | ab 1975 | ja |
| Linuron | | | | ja | 1971 - 1997 | nein |
| Mecoprop | | | | ja | 1971 - 1992 | nein |
| Metalaxyl | | | | ja | 1979 - 2005 | nein |
| Methabenzthiazuron | | | | nein | 1971 - 1996 | nein |
| Metolachlor | | | | nein | 1976 - 2003 | nein |
| Metoxuron | | | | nein | 1974 - 1989 | nein |
| Propiconazol | | | | ja | ab 1981 | ja |
| Simazin | 3B | Anwendungsverbot in Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten eingeschränkt ab 1980, vollständig ab1988 | | nein | 1971 - 1998 | nein |

* AnwV: Anlage der Anwendungsverordnung
**EU Gen: Status EU, gibt an, ob der Wirkstoff gemäß Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 in der EU genehmigt ist

### 8.11.2 Nicht relevante Metaboliten

Abbauprodukte von PSM, die kein pestizides, ökotoxisches oder humantoxisches (Rest)Wirkungs-Potential besitzen, werden als nicht relevante Metaboliten bezeichnet. Sie stellen eine zusätzliche Fremdbelastung des Grundwassers dar, die zu vermeiden ist.

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes sind sowohl Untersuchungen des Landes als auch der WVU auf nicht relevante Metaboliten ausgewertet worden. Insgesamt wurde auf 39 nicht relevante Metaboliten (Tab. 38) im Zeitraum 2005 bis 2014 untersucht.
Auffällig sind die häufigen Funde der Abbauprodukte des Maisherbizid-Wirkstoffs Metolachlor. Dieses Ergebnis ist aufgrund der Anbaubedeutung des Maises für das Einzugsgebiet Hunte mit einem Anteil von 33 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche nicht unerwartet (siehe Kap. 3.1). In einigen Teilräumen wie der Hunte-Leda-Moorniederung oder den Dammer Bergen nimmt der Maisanbau bis zu 45 % der landwirtschaftlichen Fläche ein. Funde des Abbauproduktes des Rapsherbizids Metazachlor treten ebenfalls in erhöhtem Umfang auf. Raps nimmt zwar im gesamten Einzugsgebiet lediglich einen Umfang von 3 % ein, jedoch bestehen in der Cloppenburger und Syker Geest sowie im Bereich des Wiehengebirges regionale Anbauschwerpunkte. Deutlich weniger häufig werden Abbauprodukte von Chloridazon (Rübenherbizid) gefunden. Lediglich in der Syker Geest wird ein nennenswerter Anbau von Futter- oder Zuckerrüben durchgeführt.

Landesweite Untersuchungen des NLWKN zeigen für die nrM der Wirkstoffe Chloridazon, Metazachlor und Metolachlor, dass regionale Nachweisschwerpunkte in den entsprechenden Anbauregionen für Rüben, Raps und Mais erkennbar sind (NLWKN 2015 a).

Tab. 38: Untersuchungen auf nicht relevante Metaboliten im Zeitraum 2005 bis Jahr 2014, Anzahl der Analysen und untersuchten GWM, Funde (> BG).

| Nicht relevante Metaboliten (nrM) | Analysen | | GWM | |
|---|---|---|---|---|
| | Gesamt | mit Befund | GWM | mit Befund |
| | [Anzahl] | | [Anzahl] | |
| 2,6-Dichlorbenzamid | 730 | 123 | 237 | 20 |
| AMPA | 402 | 2 | 182 | 2 |
| Benalaxyl-M (Met:M1) | 13 | - | 13 | - |
| Benalaxyl-M (Met:M2) | 13 | 2 | 13 | 2 |
| Chloridazon-desphenyl (Metabolit B) | 489 | 30 | 191 | 18 |
| Chloridazon-methyl-desphenyl (Metabolite B1) | 472 | 10 | 190 | 5 |
| Chlorthalonil (Metabolit R 611965/M5) | 38 | | 38 | |
| Chlorthalonil-Sulfonsäure (Metabolit R 417888/M12) | 89 | 13 | 79 | 9 |
| Dimethachlor (Metabolit CGA 369873) | 89 | 6 | 79 | 5 |
| Dimethachlor-Säure (Metabolit CGA 50266) | 89 | - | 79 | - |
| Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 354742) | 89 | - | 79 | - |
| Dimethenamid-Säure (Metabolit M23) | 43 | - | 43 | - |
| Dimethenamid-Sulfonsäure (Metabolit M27) | 89 | 2 | 79 | 2 |
| Dimoxystrobin-m-säure (Met: 505M09/BF 505-8) | 13 | - | 13 | - |
| Dimoxystrobin-o-säure (Met:505M08/BF505-7) | 13 | - | 13 | - |
| Flufenacet-Sulfonsäure (Metabolit M2) | 89 | 2 | 79 | 2 |
| Metalaxyl-Dicarbonsäure (Metabolit CGA 108906) | 89 | 3 | 79 | 3 |
| Metalaxyl-Säure (Metabolit CGA 62826/NOA 409045) | 89 | 4 | 79 | 4 |
| Metazachlor-Dicarbonsäure (Metabolit BH 479-12) | 89 | 6 | 79 | 2 |
| Metazachlor-Säure (Metabolit BH 479-4) | 472 | 62 | 190 | 34 |
| Metazachlor-Sulfoessigsäure (Metabolit BH 479-9) | 43 | - | 43 | - |
| Metazachlor-Sulfomethan (Metabolit BH 479-11) | 43 | - | 43 | - |
| Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8) | 472 | 71 | 190 | 38 |
| N,N-Dimethylsulfamid (DMS) | 394 | 42 | 191 | 26 |
| Petoxamid (Metabolit MET-42) | 14 | - | 14 | - |
| Picoxystrobin (Metabolit M3) | 13 | - | 13 | - |
| Picoxystrobin (Metabolit M8) | 13 | - | 13 | - |
| Quinmerac-Säure (Metabolit BH 518-2) | 38 | - | 38 | - |
| Quinmerac-Säure (Metabolit BH 518-5) | 13 | - | 13 | - |
| S-Metolachlorsäure (Metabolit CGA 51202/CGA 351916) | 421 | 86 | 232 | 52 |
| S-Metolachlorsulfonsäure (Met:CGA 380168/ CGA 354743 ) | 472 | 106 | 231 | 67 |
| S-Metolachlor (Metabolit CGA 357704) | 89 | 11 | 79 | 7 |
| S-Metolachlor (Metabolit CGA 368208) | 89 | 4 | 79 | 4 |
| S-Metolachlor (Metabolit CGA 50267) | 13 | - | 13 | - |
| S-Metolachlor (Metabolit CGA 50720) | 13 | - | 13 | - |
| S-Metolachlor (Metabolit NOA 413173) | 89 | 25 | 79 | 20 |
| Thiacloprid-Sulfonsäure (Metabolit M 30/YRC 2894) | 14 | 1 | 14 | 1 |
| Trifloxystrobin (Metabolit CGA 321113) | 13 | - | 13 | - |
| Triosulfuron-desamid (Metabolit BH 635-4/635M01) | 44 | - | 44 | - |

**Kurzinformation: Kap. 8 Auswertung Grundwasserbeschaffenheit**:

- pH
  - Im Hunte-Gebiet sind pH-Werte unterhalb pH 6,5 vorherrschend.
  - Werte oberhalb pH 6,5 treten insbesondere in den karbonatreichen Grundwasserleitern der Festgesteinsgebiete und in Regionen mit schluffigen und lösshaltigen eiszeitlichen Ablagerungen auf.

- Wasserhärte
  - Das Wasser im Einzugsgebiet Hunte ist in den Geestgebieten und der Hunte-Leda-Moorniederung eher weich.
  - Die karbonatreicheren Grundwasserleiter des Festgesteins weisen hartes Wasser auf.
  - Die Diepholzer Moorniederung zeigt insbesondere in Übergangsbereichen zum Festgestein calciumreiches Wasser an.

- Stickstoffhaltige Parameter (Nitrat, Ammonium, Nitrit)
  - Aktuell weisen rund 17 % der Messstellen im Hunte-Gebiet Nitratwerte über 50 mg/l auf. Überschreitungen des Grenzwertes treten vor allem in den Geestgebieten auf oder in den Übergangsbereichen der Niederungsgebiete in die Geestgebete.
  - Grundwassermessstellen mit Filterlagen bis 30 m unter GOK weisen deutlich erhöhte Nitratgehalte auf.
  - Denitrifikationsvorgänge in den Niederungs- und Marschgebieten führen zu unauffälligen Nitratgehalten.
  - Eine Zunahme der Nitratbelastung im jungen, oberflächennahen Grundwasser kann an Hand der vorliegen Untersuchungsergebnisse nicht eindeutig nachgewiesen werden.
  - Lediglich 11 % der Messstellen überschreiten den Grenzwert der TrinkwV 2001 von 0,5 mg/l für Ammonium.
  - In den Niederungsgebieten sowie in der Marsch sind geogen bedingt hohe Ammoniumgehalte anzutreffen.
  - Belastungen mit Nitrit treten im Gebiet nicht auf.

- Sulfat
  - Erhöhte Sulfatgehalte über Grenzwert von 250 mg/l treten im Hunte-Einzugsgebiet in sieben Messstellen auf.
  - In der Unterweser Marsch sind die hohen Sulfatgehalte im Grundwasser auf Sulfurikation pyrithhaltiger Meeresablagerungen zurückzuführen.
  - Im Süden des Einzugsgebietes können hohe Sulfatgehalte durch sulfathaltige Tonsteine im Untergrund begründet sein.
  - Salzintrusionen im Bereich des Wiehengebirges bewirken erhöhte Sulfatgehalte.

- Chlorid
  - Bei acht Messstellen sind Chloridgehalte über Grenzwert von 250 mg/l aufgetreten.
  - Erhöhte Chloridgehalte über Grenzwert von 250 mg/l treten im Hunte-Einzugsgebiet in der Unterweser Marsch an der Mehrfachmessstelle Krögerdorf I, II aufgrund der Küstenversalzung auf.
  - Im Süden der Diepholzer Moorniederung treten deutlich erhöhte und steigende Chloridgehalte im Übergangsbereich zum Wiehengebirge auf. Hier ist als Ursache der Zufluss von salzhaltigen Tiefenwässern wahrscheinlich.
  - Salzintrusionen im Bereich der Festgesteinsgrundwasserkörper führen zu erhöhten Chloirdgehalten.

- Kalium
  - Vor allem Messstellen mit einer flachen Verfilterung (FUK bis 20 m unter GOK) in sandigen Sedimenten ohne wesentliche Tonanteile weisen erhöhte Kaliumgehalte auf.
  - Hohe Kaliumgehalte in Verbindung mit hohen Nitratgehalten weisen auf einen Kaliumeintrag aus der landwirtschaftlichen Düngepraxis hin.

- Eisen
  - Deutlich erhöhte Eisengehalte (> 20 mg/l Fe) sind vor allem unter reduzierenden Bedingungen in den Niederungsgebieten (Moore und Gleye) zu beobachten.

- Aluminium
  - Deutlich erhöhte Aluminiumgehalte (> 1mg/l Al) sind vor allem in flach verfilterten GWM (FOK bis 15 m unter GOK) anzutreffen.
  - Hohe Al-Gehalte treten in den Geestgebieten auf.
  - Unterhalb von pH 4,5 nimmt die Aluminiumkonzentration (gelöst) im Grundwasser deutlich zu.

- Schwermetalle (Cadmium, Nickel)
  - Erhöhte Cadmiumgehalte (> 0,5 µg/l Cd) treten verstärkt in Messstellen der Geestgebiete auf.
  - Tendenziell nehmen die Cadmiumgehalte ab pH 6 zu. Eine deutliche Abhängigkeit ist jedoch nicht erkennbar
  - Cadmiumgehalte über Trinkwasser-Grenzwert sind mit hohen bzw. sehr hohen Nitratgehalten und niedrigen pH-Gehalten verbunden.
  - Nickelgehalte über Grenzwert (20 µg/l) treten in den Geestgebieten verstärkt ab pH 6 auf. Die Nickel-Mobilität steigt mit sinkendem pH-Wert.

- Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten (Wirkstoffe, rM, nrM)
  - Im Einzugsgebiet Hunte wurden im Zeitraum 2005 bis 2014 an 15 Grundwassermessstellen Funde von PSM-Wirkstoffen bzw. Metaboliten festgestellt.
  - Belastungen durch 13 unterschiedliche PSM-Wirkstoffe traten auf. Neben zwei Fungiziden traten Befunde von elf Herbiziden auf.
  - Größtenteils treten PSM-Funde als einmalige Belastungsereignisse auf. Belastungen einzelner Messstellen durch die Herbizide Bromacil, Mecoprop und Methabenzthiazuron haben sich jedoch durch mehrere Analysen mit Befunden bestätigt.
  - Auffällig sind die häufigen Funde nrM im Grundwasser (diffuse Belastung).
  - Die hohe Maisanbauintensität im Gebiet spiegelt sich in der Befundhäufigkeit der Abbauprodukte des Maisherbizid-Wirkstoffs Metolachlor wider.
  - Auffällig sind ebenfalls Befunde der Metaboliten des Rapsherbizids Metazachlor sowie der Abbauprodukte von Chloridazon (Rübenherbizid).

# 9 Zusammenfassung

Kenntnisse über die Grundwassersituation sind wichtige Voraussetzungen für ein zielgerichtetes wasserwirtschaftliches Handeln und Planungen. Wichtig ist zum einen die Beobachtung der Grundwasserstände zur Erfassung der Wasservorräte. Zum anderen lassen Auswertungen von Grundwasserbeschaffenheitswerten Aussagen über die Qualität der Grundwassergüte zu und geben Auskunft über Belastungsparameter und Belastungsschwerpunkte. Um eine möglichst repräsentative Aussage zur Grundwasserbeschaffenheit im Hunte-Einzugsgebiet tätigen zu können, sind die vom NLWKN als GLD erhobenen Daten landeseigener Messstellen durch Untersuchungsergebnisse von Rohwasser- und Vorfeldmessstellen der WVU ergänzt worden.

Im Hunte-Einzugsgebiet zeigen annähernd 50 % der untersuchten Messstellen einen fallenden Trend beim Grundwasserstand. Die Bewertung nach EG-WRRL ergab jedoch für alle Grundwasserkörper einen mengenmäßig guten Zustand. Insbesondere in den Geestgebieten zeigt sich eine negative Entwicklung. Neben jahreszeitlichen Schwankungen wirken sich mittel- und langfristige Veränderungen abhängig von klimatischen Schwankungen, Veränderungen im Umfeld (Baumaßnahmen, Melioration usw.) sowie Grundwasserentnahmen negativ auf die Grundwasserstände aus. Insgesamt sind im Hunte-Einzugsgebiet Entnahmemengen von rund 58 Mio. m³/a genehmigt worden, 76 % davon zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung. Fragen nach einer möglichen Verschlechterung des quantitativen Grundwasserzustandes werden zukünftig eine immer größere Rolle in der Wasserrechtspraxis spielen.

Die Grundwasserbeschaffenheit unterliegt sowohl geogenen als auch anthropogenen Einflüssen. Da das Hunte-Einzugsgebiet stark landwirtschaftlich geprägt ist (fast 70 % der Fläche wird ackerbaulich genutzt oder als Grünland bewirtschaftet), spielt die diffuse Nährstoffbelastung durch landwirtschaftliche Flächenbewirtschaftung eine bedeutende Rolle. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf Belastungen durch Nitrat. Aktuell weisen 17 % der Messstellen Nitratgehalte über 50 mg/l auf. Vor allem in den intensiv landwirtschaftlich genutzten Geestgebieten zeigen Messstellen Grenzwert-Überschreitungen. In den Geestregionen mit den sandigen Böden ist die Veredelung die vorherrschende landwirtschaftliche Ausrichtung. Der durchschnittliche Viehbesatz im Huntegebiet ist mit 1,7 GV/ha LF hoch. Regional wird ein Viehbesatz von 3 GV/ha LF noch überschritten und der Stickstoffanfall ist deutlich höher als die Stickstoffobergrenze der DüV von 170 kg N zulässt.

Hohe Nitratgehalte treten insbesondere im oberflächennahen Grundwasser auf. Messstellen mit Filterlagen bis 30 m unter GOK weisen z.T. deutliche Überschreitungen des Grenzwertes mit Spitzenwerten bis 300 mg/l Nitrat auf. Auch die erhöhten Kaliumgehalte in oberflächennahen Messstellen können ein Indiz für einen verstärkten Düngemittelaustrag sein. Ein generell steigender Trend der Nitratgehalte im oberflächennahen, jungen Grundwasser (FOK bis 20 m u. GOK) konnte im Hunte-Einzugsgebiet nicht nachgewiesen werden.

Aufgrund der Nitratbelastungen sind die Geestgebiete des Hunte-Einzugsgebietes Teil der WRRL-Maßnahmenkulisse Nitratreduktion, in der sowohl Agrarumweltmaßnahmen als auch Beratung für Landwirte angeboten werden. Auch die Trinkwassergewinnungsgebiete zeigen Belastungen auf. In allen Gebieten müssen Verbesserungen erzielt werden bzw. sind weitergehende Sanierungen notwendig. Neben ordnungsrechtlichen Maßnahmen sind Zusatzberatung und auf die Gebiete zugeschnittene freiwillige Vereinbarungen insbesondere zu Düngebeschränkungen wichtige Instrumente.

Aufgrund von Denitrifikationsvorgängen sind die Nitratgehalte der Messstellen der Niederungsgebiete und der Marsch unauffällig. Hier sind flächendeckend erhöhte Ammoniumgehalte mit Spitzenwerten über 30 mg/l anzutreffen, wobei von geogen erhöhten Werten (Mineralisation organischer Verbindungen) ausgegangen werden kann. Reduzierende Bedingungen führen in den Niederungsgebieten auch zu hohen Eisengehalten. Bei oberflächennahen Messstellen ist ein Ammonium-

Eintrag durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung nicht auszuschließen.

In der landwirtschaftlichen Praxis werden neben Düngungsmaßnahmen auch Pflanzenschutzmaßnahmen flächendeckend durchgeführt. An einigen Messstellen im Hunte-Einzugsgebiet konnten PSM-Wirkstoffe bzw. Metaboliten, größtenteils jedoch als einmalige Belastungsereignisse, festgestellt werden. Auffällig ist jedoch, dass neben den in größeren Mengen eingesetzten Herbiziden auch Fungizidwirkstoffe detektiert werden konnten.

Im Gegensatz zur punktuellen Belastung durch PSM-Wirkstoffe zeigt sich eine diffuse Belastung durch nrM. Die hohe Maisanbauintensität im Gebiet spiegelt sich in der Befundhäufigkeit der Abbauprodukte des Maisherbizids-Wirkstoffs Metolachlor wider. Auffällig sind ebenfalls Befunde der Metaboliten des Rapsherbizids Metazachlor sowie der Abbauprodukte von Chloridazon (Rübenherbizid).

Geogene Ursachen haben vermutlich die hohen Sulfat- und Chloridgehalte in einigen Messstellen. In der Unterweser Marsch können die auffälligen Sulfatgehalte auf Sulfurikation pyrithaltiger Meeresablagerungen, im Festgestein auf sulfathaltige Tonsteine im Untergrund zurückgeführt werden. Erhöhte und steigende Chloridgehalte sind in der Unterweser Marsch durch Küstenversalzung bedingt und im Festgesteinsbereich führen aufsteigende versalzte Tiefenwässer zu den Grundwasserbelastungen.

Belastungen mit Schwermetallen beschränken sich im Gebiet auf Cadmium und Nickel, die mit abnehmenden pH-Werten eine erhöhte Mobilität aufweisen. Erhöhte Gehalte sind auf die Geestregionen begrenzt, in denen geogen bedingt ein saures Grundwassermilieu vorherrscht. Insbesondere die Nickelgehalte zeigen einen deutlichen Bezug zum pH-Wert des Grundwassers und nehmen mit sinkenden pH-Werten deutlich zu. Ein Grundwasserkörper im Hunte-Einzugsgebiet befindet sich auch aufgrund der Cadmiumbelastungen in einem schlechten chemischen Zustand.

Auch die Aluminiumkonzentrationen zeigen eine deutliche pH-Abhängigkeit auf. In Grundwasser mit pH-Werten unterhalb von pH 4,5 nehmen die Aluminiumkonzentrationen deutlich zu.

Handlungsbedarf ist hinsichtlich der Entwicklung der Grundwasservorräte und der Belastungssituationen des Grundwassers aus dem vorliegenden Regionalbericht ersichtlich.

## Literatur


3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoff e.V., (Hrsg.) (2014), Biogas in Niedersachsen. Inventur 2014, S 28, Werlte.

AD-HOC-AG Hydrogeologie (2016), Regionale Hydrogeologie von Deutschland – Die Grundwasserleiter: Verbreitung, Gesteine, Lagerungsverhältnisse, Schutz und Bedeutung, Geol.Jb., A 163, 456 S., Hannover.

Blume, H.-P., Brümmer, G. W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K. und Wilke, B.-M. (2010), Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. 570 S., Heidelberg.

BMEL (2014), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Link: https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/Bioenergie/_texte/EEG2014.html, Stand 1.08.2014.

BMELV (2012), Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zur Biomasse – Die Novelle 2012, Stand Juni 2012, Berlin.

BVL (2009), Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Berichte zu Pflanzenschutzmitteln 2009 - Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln, Zulassungshistorie und Regelungen der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung, 49 S., Braunschweig.

BVL (2015), Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Link: http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM/01_ZugelPSM/01_OnlineDatenbank/psm_onlineDB_node.html (Stand Juli 2015).

BVL (2016), Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Link: http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01, Download 25.11.2016, Abgelaufene Pflanzenschutzmittel (xls, 647 KB).

Cremer, N. (2015), Nitrat im Grundwasser – Konzentrationsniveau, Abbauprozesse und Abbaupotenzial im Tätigkeitsbereich des Erftverbands, Erftverband, Oktober 2015.

DIN 4049 (1994), Hydrogeologie, Teil 3, Begriffe zur quantitativen Hydrologie.

Drachenfels, O. v. (2010), Überarbeitung der Naturräumlichen Regionen Niedersachsens, Inform. d. Naturschutz Niedersachsen 30, Nr. 4 (4/10), S. 249 – 252.

DVGW (2006), Technische Regel, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser, Arbeitsblatt W101, 19 S., Bonn.

Elbracht, J., Meyer, R. und Reutter, E. (2010), Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen. Geoberichte 3, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.), 117 S., Hannover.

Energieatlas Niedersachsen (2015), WMS-Dienst, Link: http://ndsmleeportal.lat-lon.de/energieatlas-webservices/services/wms?, Datenstand Mai 2015.

Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (Wasch- und Reinigungsmittelgesetz – WRMG). Vom 29. April 2007. (BGBl. I S 600).

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 31.07.2009, BGBl 2009, S. 2585.

GEWEB; Link: https://geweb.de/OWS/Programm/lerneinheit?lp=2191&s=15

Grundwasserverordnung (2010), Verordnung zum Schutz des Grundwassers vom 9.11.2010, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 56.

Kölle, W. (2010), Wasseranalysen - richtig beurteilt, 2010, 489 S., Weinheim.

Küster, H. (2013), Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. Von der Eiszeit bis zur Gegenwart, 448 S., München.

Langer, A., Pluquet und E., Larm, A. (ohne Jahresangabe), Untersuchungen zur Freisetzung von Sulfat aus Böden und Gesteinen in Niedersachsen, LBEG, Hannover.

LANU (2003), Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Landwirtschaft und Grundwasser (Dokumentation der Veranstaltung im LANU 11. Dezember 2001), Schriftenreihe LANU SH – Gewässer H 10, 62 S., Kiel.

LAWA (2003), Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Arbeitshilfe für die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Bearbeitungsstand 30.04.2003.

Liedtke 1983, Weitere Glazial- und Periglazialformen: Dammer Berge und Dümmer, Formenbestandteile einer Altmoränenlandschaft, in: Landschaften im Bereich des Mittelgebirgssaumes in Nordrhein-Westfalen: Vom Haarstrang bis zum Dümmer, Link: http://www.geographie.uni-stuttgard.de/exkursionsseiten/Nwd2001/Themen_pdf/Muensterland.pdf

LSKN (2012), Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen, Statistische Berichte Niedersachsen, Landwirtschaftszählung 2010, Heft 1 Teil A – Gemeindeergebnisse, 135 S., Hannover.

LSN (2014), Landesamt für Statistik Niedersachsen (Hrsg.), Statistische Berichte Niedersachsen, Öffentliche Wasserversorgung und Wasserbeseitigung 2010, 36 S., Hannover.

LSN (2015), Landesamt für Statistik Niedersachsen, Online-Datenbank-Recherche, Link: http://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/.

LUA (1996), Landesumweltamt Brandenburg, Grundwassergütebericht 1992 - 1995 des Landes Brandenburg. - Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg (LUA), Titelreihe Nr. 16, 47 S., Potsdam.

LWK (2013), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Biogasanlagen – Wie viele gibt es, wie viel Fläche benötigen sie? Stand 22.11.2013, Link: http://www.lwk-niedersachsen.de/ index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/355/article/20811.html, Webcode 01021819, Stand am 17.06.2015.

LWK (2016), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Gewässerschutzberatung in der Zielkulisse der Grundwasserkörper mit einem schlechten chemischen Zustand gemäß EG-WRRL, Jahresbericht 2015, Beratungsgebiet Hunte, unveröffentlicht.

LWK (2017), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2015/2016, 2016.

Michaelsen, W., (2011), Geologische Aspekte und Entstehung des Zwischenahner Meeres. In: Das Zwischenahner Meer und sein nahes Umland, Akkermann, R., Fischer G., Michaelsen, W. (Hrsg.) 2011, S. 10-29, Oldenburg.

ML (2014), Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaßnahmen (NiB-AUM), Gemeinsamer RdErl. d.ML/MU v.

MU (1987), Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.), Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Leda-Jümme. Entwurf. 139 S., Hannover.

MU (1990), Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.), Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Hunte, Entwurf, 140 S., Hannover.

MU (2006), Niedersächsisches Umweltministerium, Umweltbericht Niedersachsen, 296 S., Hannover.

MU (2007 a), Niedersächsisches Umweltministerium, Verordnung über die Finanzhilfe zum kooperativen Schutz von Trinkwassergewinnungsgebieten vom 3. September 2007, Nds. GVBl. Nr. 27, 13.09.2007, S. 436, Hannover.

MU (2013 a), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Öffentliche Wasserversorgung; Rohwasseruntersuchungen und Untersuchungen an Vorfeldmessstellen; veröffentlicht mit Runderlass des MU vom 12.12.2012 (Nds. MBl. Nr. 4/2013), S. 67.

MU (20013 b), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Verord-

nung über Schutzbestimmung in Wasserschutzgebieten (SchuVO) vom 29.05.2013, Nds. GVBl 8, S. 132, Hannover.

MU (2015 a), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Niedersächsischer Beitrag zu den Bewirtschaftungsplänen 2015 bis 2021 der Flussgebiete Elbe, Weser, Ems und Rhein, S. 330, Hannover.

MU (2015 b), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Niedersächsischer Beitrag zu den Maßnahmenprogrammen 2015 bis 2021 der Flussgebiete Elbe, Weser, Ems und Rhein, S. 303, Hannover.

MU (2015 c), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers, RdErl. d. MU, 29.05.2015, Nds. MBl. Nr. 25/2015, Hannover.

MU (2016), Niedersächsisches Umweltministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Maßnahmenkatalog für Freiwillige Vereinbarungen in für den Gewässerschutz sensiblen Gebieten, insbesondere in Trinkwassergewinnungsgebieten, Anlage – Maßnahmenkatalog und Förderbeiträge, Stand 2016, Hannover.

MU (20017), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz (Entwurf), Stand Mai 2017, Hannover.

Mutschmann, J. und Stimmelmayer, F., (2014), Taschenbuch der Wasserversorgung, 978 S., Wiesbaden.

Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 19.02.2010, Nds. GVBI 2010, mit Neufassung vom 13.10.2011, S. 64, Hannover.

NLfB et al. (2004), Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie und Bezirksregierung Hannover, Bericht 2005 Grundwasser Stand 15.07.2004 Methodenbeschreibung.

NLÖ (1999), Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) – Grundwasserbericht 1997, 107 S., Hannover.

NLWK (2001), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Grundwassergütebericht 2001. Erkundung und Überwachung des Grundwassers seit 1988 in den Landkreisen Diepholz und Nienburg, NLWK – Schriftenreihe Band 5, Betriebsstelle Sulingen, 81 S., Sulingen.

NLWKN (2009), Niedersächsischer Landesbetreib für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Leitfaden für die Bewertung des chemischen Zustands der Grundwasserkörper in Niedersachsen und Bremen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), 15 S., Aurich.

NLWKN (2012), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Regionalbericht für das Hase-Einzugsgebiet – Darstellung der Grundwassersituation, Grundwasser Band 12, 121 S., Norden.

NLWKN (2013 a), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Leitfaden für die Bewertung des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper in Niedersachsen und Bremen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), 32 S., Braunschweig.

NLWKN (2013 b), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Praxisleitfaden für niedersächsische Wasserversorgungsunternehmen und Wasserbehörden, Handlungshilfe (Teil II), Erstellung und Vollzug von Wasserschutzgebietsverordnungen für Grundwasserentnahmen, Grundwasser Band 17, 146 S., Norden.

NLWKN (2014), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN). Güte- und Standsmessnetz Grundwasser, Grundwasser, Band 18, 46 S., Norden.

NLWKN (2015 a), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Themenbericht Pflanzenschutzmittel – Wirkstoffe und Metaboliten, Datenauswertung 1989 bis 2013, Grundwasser Band 23, 64 S., Norden.

NLWKN (2015 b), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen. Grundlagen des Kooperati-

onsmodells und Darstellung der Ergebnisse, Grundwasser Band 19, 49 S., Norden, Hannover.

NLWKN (2015 c), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle, Grundwasser Band 21, 338 S., Norden.

NLWKN (2016), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Präsentation „Aktuelle Auswertungen zur WRRL-Gewässerschutzberatung“, Markus Quirin, WRRL-Gewässerschutzberatung, Jahrestreffen 08.11.2016, Nienburg.

NLWKN (2016 b), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Regionalbericht für das Einzugsgebiet Leda-Jümme - Darstellung der Grundwassersituation, Grundwasser Band 27, 153 S., Norden.

NUMIS, Das niedersächsische Umweltportal, https://numis.niedersachsen.de/kartendienste?lang=de&topic=themen&X=6909455.49&Y=1017965.68&zoom=7&bgLayer=osmLayer&catalogNodes=372,373&layers=430653032_L476,430653032_L477&layers_visibility=true,false.

Reineck, H. E. (1994), Landschaftsgeschichte und Geologie Ostfrieslands. 1994, 182 S., Köln.

Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (ABl. L330 vom 05.12.1998, letzte Änderung 31.10.2003, S. 32, Hannover.

Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/1.

Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 372.

Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 348/84.

Schäfer, W., Gehrt, E., Müller, U., Blankenburg, J. Gröger, J. (2010), Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten. Geofakten 24, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.), 9 S., Hannover.

Schleyer, R. & Kerndorf, H. (1992), Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen. VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim.

Streif, H. (1990), Sammlung geologischer Führer, Bd. 57, Das ostfriesische Küstengebiet. 2. Auflage, 376 S., Berlin, Stuttgart.

Temlitz, K. (1995): Geologische Entwicklung des Weserberglandes, Münster, Link: https://www.lwl.org/geko-download/Spieker/Spieker_37/04_Geologische_Entwicklung.pdf.

Trinkwasserverordnung (2001), Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (vom 21. Mai 2001), in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.

UBA (2014), Umweltbundesamt, Antibiotika und Antiparasitika im Grundwasser unter Standorte mit hoher Viehbesatzdichte,169 S., Dessau-Roßlau.

## Anhang

Tabelle 1: Untersuchungen und Funde von PSM-Wirkstoffen und Metaboliten in Grundwassermessstellen (GWM) innerhalb des Hunte-Einzugsgebietes im Zeitraum 2005 - 2014.

| Wirkstoff/Metabolit | Anwendung | Anzahl Analysen | Funde > 0,1 µg/l PSM Anzahl Analysen | Anzahl GWM |
|---|---|---|---|---|
| 1,2,4-Trichlorbenzol | Herbizid | 8 | | |
| 1,3-Dichlorpropen (E), trans | Insektizid, Nematizid | 61 | | |
| 1,3-Dichlorpropen (Z), cis | Insektizid, Nematizid | 61 | | |
| 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (2,4,5-T) | Herbizid | 270 | | |
| 2,4-DB | Herbizid | 635 | | |
| 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D) | Herbizid | 809 | | |
| 2-Chloranilin | Zwischenprodukt PSM-Herstellung | 233 | | |
| 3,4-Dichloranilin | Zwischenprodukt PSM-Herstellung | 234 | | |
| 3-Chlor-4-methylanilin | Zwischenprodukt PSM-Herstellung | 233 | | |
| 4,4'-DDT | Insektizid | 12 | | |
| 6-Chloro-4-hydroxy-3-phenyl-pyridazin (CL 9673) | Herbizid | 270 | | |
| Aclonifen | Herbizid | 279 | | |
| Alachlor | Herbizid | 680 | | |
| Aldicarb | Insektizid, Akarizid, Nematizid | 270 | | |
| Aldicarbsulfon | Insektizid, Akarizid, Nematizid | 110 | | |
| Aldrin | Insektizid | 111 | | |
| Alpha-Cypermethrin | Insektizid | 39 | | |
| Ametryn | Herbizid | 270 | | |
| Amitrol | Herbizid | 111 | | |
| Atrazin | Herbizid | 1.176 | | |
| Azinphos-ethyl | Insktizid | 270 | | |
| Azinphos-methyl | Insektizid | 270 | | |
| Aziprotryn | Herbizid | 238 | | |
| Azoxystrobin | Fungizid | 270 | | |
| Beflubutamid | Herbizid | 233 | | |
| Bentazon | Herbizid | 1.179 | | |
| Bentazon-8-hydroxy | Metabolit Bentazon | 13 | | |
| Benzthiazuron | Herbizid | 508 | | |
| Bifenox | Herbizid | 23 | | |
| Bitertanol | Fungizid | 1 | | |
| Boscalid | Fungizid | 274 | | |
| Bromacil | Herbizid | 1.204 | 11 | 2 |
| Bromophos-ethyl | Insektizid | 180 | | |
| Bromophos-methyl | Insektizid | 1 | | |
| Bromoxynil | Herbizid | 791 | | |
| Bupirimat | Fungizid | 238 | | |
| Buturon | Herbizid | 1 | | |
| Carbaryl | Insektizid | 1 | | |
| Carbetamid | Herbizid | 270 | | |

| Wirkstoff/Metabolit | Anwendung | Anzahl Analysen | Funde > 0,1 µg/l PSM Anzahl Analysen | GWM |
|---|---|---|---|---|
| Carbofuran | Insektizid, Akarizid, Nematizid | 563 | | |
| Carfentrazon-ethyl | Herbizid | 340 | | |
| Chlorbufam | Herbizid | 1 | | |
| Chlorfenvinphos | Insektizid | 829 | | |
| Chloridazon | Herbizid | 579 | | |
| Chloroxuron | Herbizid | 270 | | |
| Chlorpropham | Herbizid | 270 | | |
| Chlorpyriphos | Insektizid | 36 | | |
| Chlorpyriphos-ethyl | Insektizid | 242 | | |
| Chlorpyriphos-methyl | Insektizid | 343 | | |
| Chlorthalonil | Fungizid | 45 | | |
| Chlortoluron | Herbizid | 1.179 | | |
| Clethodim | Herbizid | 153 | | |
| Clodinafop-propargylester | Herbizid | 269 | | |
| Clomazone | Herbizid | 384 | | |
| Clopyralid | Herbizid | 165 | | |
| Crimidin | Rodentizid | 270 | | |
| Cyanazin | Herbizid | 270 | | |
| Cycloxydim | Herbizid | 22 | | |
| Cypermethrin | Insektizid | 17 | | |
| Cyprodinil | Fungizid | 274 | | |
| Deiquat | Herbizid | 22 | | |
| Demeton-S-methyl | Insektizid | 341 | | |
| Desethyl-Atrazin | Metabolit des Atrazin | 1.179 | | |
| Desethyl-Terbuthylazin | Metabolit des Atrazin | 1.049 | | |
| Desisopropyl-Atrazin | Metabolit des Atrazin | 1.036 | | |
| Desmetryn | Herbizid | 270 | | |
| Diazinon | Insektizid, Akarizid | 379 | | |
| Dicamba | Herbizid | 469 | | |
| Dichlobenil | Herbizid | 550 | | |
| Dichlofluanid | Fungizid | 269 | | |
| Dichlorprop (2,4-DP) | Herbizid | 933 | | |
| Dichlorpropen | Nematizid | 2 | | |
| Dichlorvos | Insektizid | 127 | | |
| Difenoconazol | Fungizid | 207 | | |
| Diflufenican | Herbizid | 522 | | |
| Dimefuron | Herbizid | 539 | | |
| Dimethachlor | Herbizid | 380 | | |
| Dimethenamid | Herbizid | 424 | | |
| Dimethoat | Insektizid | 649 | | |
| Dimetomorph | Fungizid | 274 | | |
| Dinoseb | Herbizid | 45 | | |
| Dinoterb | Herbizid | 270 | | |
| Disulfoton | Insektizid, Akarizid | 127 | | |
| Diuron | Herbizid | 1.192 | 2 | 1 |

| Wirkstoff/Metabolit | Anwendung | Anzahl Analysen | Funde > 0,1 µg/l PSM Anzahl Analysen | GWM |
|---|---|---|---|---|
| Endosulfan, alpha- | Insektizid | 4 | | |
| Epoxiconazol | Fungizid | 450 | | |
| Ethidimuron | Herbizid | 1.052 | 3 | 1 |
| Ethofumesat | Herbizid | 616 | | |
| Etrimfos | Insektizid, Akarizid | 379 | | |
| Fenfuram | Fungizid | 1 | | |
| Fenoprop | Herbizid | 1 | | |
| Fenoxaprop-ethyl | Herbizid | 164 | | |
| Fenpropidin | Fungizid | 142 | | |
| Fenpropimorph | Fungizid | 455 | | |
| Fenthion | Insektizid | 344 | | |
| Fenuron | Herbizid | 648 | | |
| Flazasulfuron | Herbizid | 208 | | |
| Florasulam | Herbizid | 199 | | |
| Fluazifop-butyl | Herbizid | 55 | | |
| Fludioxonil | Fungizid | 268 | | |
| Flufenacet | Herbizid | 451 | | |
| Flufenacet-OA | Metabolit v. Flufenacet | 43 | | |
| Flumioxazin | Herbizid | 133 | | |
| Fluometuron | Herbizid | 6 | | |
| Flupyrsulfuron-methyl | Herbizid | 17 | | |
| Flurenol | Herbizid | 1 | | |
| Flurochloridon | Herbizid | 270 | | |
| Fluroxypyr | Herbizid | 397 | | |
| Fluroxypyr-1-methylheptylester | Herbizid | 40 | | |
| Flurtamone | Herbizid | 443 | | |
| Foramsulfuron | Herbizid | 296 | | |
| Glufosinate | Herbizid | 61 | | |
| Glyphosat | Herbizid | 398 | | |
| Haloxifop | Herbizid | 17 | | |
| Hexachlorbenzol (HCB) | Fungizid | 4 | | |
| Hexachlorbutadien | Biozid | 115 | | |
| Hexachlorcyclohexan, alpha- | Insektizid | 39 | | |
| Hexachlorcyclohexan, beta- | Insektizid | 150 | | |
| Hexachlorcyclohexan, delta- | Insektizid | 135 | | |
| Hexachlorcyclohexan, gamma- (Lindan) | Insektizid | 167 | | |
| Hexazinon | Herbizid | 720 | | |
| Imidacloprid | Insektizid | 32 | | |
| Iodosulfuron | Herbizid | 6 | | |
| Iodosulfuron-methyl | Herbizid | 262 | | |
| Ioxynil | Herbizid | 681 | | |
| Irgarol (Metabolit M1) | Biozid | 13 | | |
| Isodrin | Insektizid | 111 | | |
| Isoproturon | Herbizid | 1.179 | 1 | 1 |
| Isoxaben | Herbizid | 269 | | |

| Wirkstoff/Metabolit | Anwendung | Anzahl Analysen | Funde > 0,1 µg/l PSM Anzahl Analysen | GWM |
|---|---|---|---|---|
| Isoxaflutole | Herbizid | 127 | | |
| Karbutilat | Herbizid | 26 | | |
| Lambda-Cyhalothrin | Insektizid | 17 | | |
| Lenacil | Herbizid | 360 | | |
| Linuron | Herbizid | 615 | 1 | 1 |
| Mancozeb | Fungizid | 37 | | |
| Maneb | Fungizid | 15 | | |
| MCPA | Herbizid | 767 | | |
| MCPB | Herbizid | 270 | | |
| Mecoprop (MCPP) | Herbizid | 1.102 | 9 | 1 |
| Mefenpyr-diethyl | Herbizid-Safener | 127 | | |
| Mesosulfuron-methyl | Herbizid | 127 | | |
| Mesotrione | Herbizid | 302 | | |
| Metalaxyl | Fungizid | 924 | 1 | 1 |
| Metalaxyl-M | Fungizid | 127 | | |
| Metamitron | Herbizid | 1.014 | | |
| Metazachlor | Herbizid | 1.037 | | |
| Methabenzthiazuron | Herbizid | 998 | 8 | 1 |
| Methamidophos | Insektizid, Akarizid | 127 | | |
| Methfuroxam | Fungizid | 1 | | |
| Metobromuron | Herbizid | 681 | | |
| Metosulam | Herbizid | 269 | | |
| Metolachlor | Herbizid | 738 | 3 | 3 |
| Metoxuron | Herbizid | 985 | 1 | 1 |
| Metribuzin | Herbizid | 1.046 | | |
| Metsulfuron-methyl | Herbizid | 128 | | |
| Mevinphos | Insektizid, Akarizid | 379 | | |
| Monolinuron | Herbizid | 283 | | |
| Monuron | Herbizid | 270 | | |
| Napropamid | Herbizid | 584 | | |
| Nicosulfuron | Herbizid | 132 | | |
| o,p'-DDT | Metabolit des DDT | 41 | | |
| Oxadixyl | Fungizid | 45 | | |
| p,p'-DDT | Metabolit des DDT | 63 | | |
| Paraoxon-ethyl | Metabolit des Parathion | 363 | | |
| Paraquat | Herbizid | 22 | | |
| Parathion-ethyl | Insektizid, Akarizid | 283 | | |
| Parathion-methyl | Insektizid, Akarizid | 84 | | |
| Pendimethalin | Herbizid | 165 | | |
| Pentachlorbenzol | Zwischenprodukt PSM-Herstellung | 4 | | |
| Pentachlorphenol (PCP) | Fungizid | 114 | | |
| Pethoxamid | Herbizid | 385 | | |
| Phenmedipham | Herbizid | 270 | | |
| Picloram | Herbizid | 1 | | |
| Picolinafen | Herbizid | 126 | | |

| Wirkstoff/Metabolit | Anwendung | Anzahl Analysen | Funde > 0,1 µg/l PSM Anzahl Analysen | GWM |
|---|---|---|---|---|
| Pirimicarb | Insektizid | 828 | | |
| Prochloraz | Fungizid | 39 | | |
| Prometon | Herbizid | 269 | | |
| Prometryn | Herbizid | 618 | | |
| Propanil | Herbizid | 110 | | |
| Propaquizafob | Herbizid | 17 | | |
| Propazin | Herbizid | 720 | | |
| Propham | Herbizid | 238 | | |
| Propiconazol | Fungizid | 321 | 1 | 1 |
| Propoxur | Insektizid, Akarizid | 1 | | |
| Propyzamid | Herbizid | 385 | | |
| Prosulfocarb | Herbizid | 311 | | |
| Prothioconazol | Fungizid | 399 | | |
| Pyraclostrobin | Fungizid | 349 | | |
| Pyridat | Herbizid | 23 | | |
| Quinmerac | Herbizid | 129 | | |
| Quinoxyfen | Fungizid | 310 | | |
| Rimsulfuron | Herbizid | 127 | | |
| Sebuthylazin | Herbizid | 649 | | |
| Simazin | Herbizid | 1.177 | 1 | 1 |
| S-Metolachlor | Herbizid | 1.143 | | |
| Spiroxamine | Fungizid | 379 | | |
| Sulcotrion | Herbizid | 171 | | |
| Tebuconazol | Fungizid | 212 | | |
| Tebutam | Herbizid | 1 | | |
| Terbacil | Herbizid | 1 | | |
| Terbuthylazin | Herbizid | 1.046 | | |
| Terbutryn | Herbizid | 270 | | |
| Tetraconazol | Fungizid | 1 | | |
| Thiacloprid | Insektizid | 1 | | |
| Thiazafluron | Herbizid | 539 | | |
| Thifensulfuron-methyl | Herbizid | 17 | | |
| Tolyfluanid | Fungizid | 63 | | |
| Topramezone | Herbizid | 127 | | |
| Triadimenol | Fungizid | 270 | | |
| Tribenuron-methyl | Herbizid | 127 | | |
| Trichlorfon | Insektizid | 127 | | |
| Triclopyr | Herbizid | 379 | | |
| Trietazin | Herbizid | 269 | | |
| Trifluralin | Herbizid | 552 | | |
| Tritosulfuron | Herbizid | 1 | | |
| Vinclozolin | Fungizid | 127 | | |