

Regionalbericht für das Einzugsgebiet Große Aue

Darstellung der Grundwassersituation





Regionalbericht für das Einzugsgebiet Große Aue

Darstellung der Grundwassersituation



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

Der vorliegende Bericht wurde erarbeitet durch:
Annette Kayser (NLWKN Cloppenburg)
Dr. Dorothea Berger (NLWKN Sulingen)

Mit Unterstützung durch:
Dr. Gunter Wriedt (NLWKN Cloppenburg)
Frank Scholz (NLWKN Sulingen)
Marlis Tenschert (NLWKN Sulingen)
Jennifer Oesker (NLWKN Sulingen)
Peter Fulle (NLWKN Sulingen)
Dr. Anne Kremer (NLWKN Sulingen)

Koordinierung Grundwasserbericht Niedersachsen:
Christel Karfusehr (NLWKN Cloppenburg)

Bildnachweis:
Frank Scholz, NLWKN Sulingen (Abb. 8, Abb. 9, Abb. 10, Abb. 11, Abb. 12, Abb. 13, Abb. 16, Abb. 26,
Abb. 27, Abb. 31, Abb. 39, Abb. 41, Abb. 46, Abb. 47)
Peter Fulle, NLWKN Sulingen (Deckblatt Abb. unten links, Abb. 50, Abb. 51)
Jennifer Oesker, NLWKN Sulingen (Deckblatt Abb. oben rechts, Abb. 49)

1. Auflage: Juni 2021, 200 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	Entwicklungsgeschichte und geologischer Überblick	4
2.2	Hydrogeologischer Überblick	6
2.2.1	Unterteilung des Gebietes nach der EG-WRRL	9
2.3	Morphologischer und naturräumlicher Überblick	10
2.4	Klima	19
2.5	Grundwasser	21
2.5.1	Grundwasserneubildung	24
2.5.2	Grundwasserversalzung	26
3	Agrarwirtschaftliche Rahmenbedingungen	28
3.1	Landwirtschaftliche Strukturen	29
3.2	Biogas und Flächennutzung	40
4	Grundwasserschutz	45
4.1	Landesweiter Grundwasserschutz gemäß EG-WRRL	45
4.1.1	Bewirtschaftungsmaßnahmen	48
4.2	Trinkwasserschutz	53
5	Grundwasserbewirtschaftung	62
5.1	Grundwassermenge	63
5.2	Trinkwasserversorgung	67
6	Grundwasserüberwachung	69
6.1	Messnetz	70
7	Grundwasserstandsentwicklung	73
7.1	Grundwasserganglinien	74
7.2	Aus- und Bewertungsmethodik	75
7.3	Grundwasserstandsbeobachtung – Ergebnisse der Datenauswertung	77
7.3.1	Grundwasserstandsentwicklung über 30 Jahre	77
7.3.2	Veränderung der Extremwerte von Grundwasserständen	80
8	Grundwasserbeschaffenheit	85
8.1	Aus- und Bewertungsmethodik	85
8.2	Grundwasserbeschaffenheit - Ergebnisse der Datenauswertung	87
8.2.1	Charakterisierung des Grundwassers nach Hauptinhaltsstoffen	89

8.2.2	pH-Wert	92
8.2.3	Sauerstoff	95
8.2.4	Wasserhärte	97
8.2.5	Stickstoffhaltige Parameter	100
8.2.5.1	Stickstoffkreislauf	100
8.2.5.2	Nitrat	102
8.2.5.3	Ammonium	108
8.2.5.4	Nitrit	110
8.2.6	Sulfat	112
8.2.7	Chlorid	116
8.2.8	Kalium	118
8.2.9	Ortho-Phosphat	121
8.2.10	Eisen	124
8.2.11	Aluminium	127
8.2.12	Schwermetalle	131
8.2.12.1	Arsen	132
8.2.12.2	Cadmium	134
8.2.12.3	Nickel	137
8.2.13	Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten	140
8.2.13.1	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und relevante Metaboliten	144
8.2.13.2	Nicht relevante Metaboliten	145
9	Zusammenfassung	151
	Literatur und Rechtsquellen	154

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
°dH	Grad deutscher Härte
ADI-Wert	tolerierbare tägliche Aufnahme (Acceptable Daily Intake) ohne negative Auswirkungen auf die Gesundheit
AL	Nachhaltige Produktionsverfahren auf Ackerland (niedersächsische Agrarumweltmaßnahmen NiB-AUM)
Al	Aluminium
As	Arsen
ATKIS-DLM	Amtliches topografisches-kartografisches Informationssystem – Digitales Landschaftsmodell
AUM	Agrarumweltmaßnahmen
AVV GeA	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten
BEL	Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BG	Bestimmungsgrenze
BK50	Bodenkarte 1:50.000
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BÜK50	Bodenübersichtskarte 1:50.000
BV	Betriebliche Verpflichtungen
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
CCM	CornCobmix
Cd	Cadmium
Cl ⁻	Chlorid
DFÜ	Datenfernübertragung
DIN	Deutsche Industrie Norm
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DüV	Düngeverordnung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFSA	European Food Safety Authority, Europäische Lebensmittelbehörde
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EU	Europäische Union
EUA	Europäische Umweltagentur

FBR	Förderbrunnen
Fe	Eisen
FOK	Filteroberkante
FV	Freiwillige Vereinbarungen
FZ Jülich	Forschungszentrum Jülich
GE	Gesamtentnahme
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst
GOK	Geländeoberkante
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert
GROWA	Modell Großflächiger Wasserhaushalt (Wasserhaushaltsmodell)
GrwV	Grundwasserverordnung
GÜK500	Geologische Übersichtskarte 1:500.000
GÜN	Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen
GV	Großvieheinheit
GW	Grundwasser
GWK	Grundwasserkörper
GWK-ID	Grundwasserkörper-Identifikationsnummer
GWM	Grundwassermessstelle
(HPO ₃) _x	Meta-Phosphorsäure, Salz der ortho-Phosphorsäure (H ₃ PO ₄)
HÜK200/500	Hydrogeologische Übersichtskarte 1:200.000/1:500.000
INGUS	Ingenieurdienst Umweltsteuerung GmbH
InVeKos	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem, System von Verordnungen zur Durchsetzung einer einheitlichen EU-Agrarpolitik
K	Kalium
kW	Kilowatt
kWel	Kilowatt elektrische Leistung
LANU SH	Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, seit 2009 Teil des LLUR (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein)
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
LSN	Landesamt für Statistik Niedersachsen, Nachfolge von LSKN
LUA	Landesumweltamt Brandenburg
LWK	Landwirtschaftskammer Niedersachsen
MSP	Moorschutzprogramm
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz

N	Stickstoff
N ₂	Molekularer Stickstoff
NawaRo-Anlagen	Biogasanlagen mit Grundsubstanz aus Nachwachsenden Rohstoffen
NDS	Niedersachsen
NH ₄ ⁺	Ammonium
Ni	Nickel
NiB-AUM	Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaßnahmen
NIBIS	Niedersächsisches Boden-Informationssystem
NLFB	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
NLÖ	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NHN	Normal Höhen Null
Nmin	Verfügbare mineralisierter Stickstoff im Boden
N ₂ O	Stickoxid
NN	Normal Null
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
nrM	Nicht relevante Metaboliten
NRW	Nordrhein-Westfalen
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
O ₂	Molekularer Sauerstoff
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
OOVV	Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
P	Phosphor
PO ₄ ³⁻	Ortho-Phosphat, Anion der Phosphorsäure
P ₂ O ₅	Phosphat
pH-Wert	Negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität
PP	Prioritätenprogramm
PSM	Pflanzenschutzmittel
rM	Relevante Metaboliten
RWM	Rohwassermessstelle
SchuVO	Schutzgebietsverordnung
SLA	Servicezentrum für Landentwicklung und Agrarförderung, technische Dienststelle der niedersächsischen Agrarverwaltung
SO ₄ ²⁻	Sulfat
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TWGG	Trinkwassergewinnungsgebiet
UBA	Umweltbundesamt

UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
UWB	Untere Wasserbehörde
VFM	Vorfeldmessstelle
VMW	Vorsorgemaßnahmenwert
WBE	WasserBuch- und WasserEntnahmeprogramm Niedersachsen (elektronisches Wasserbuch)
WGA	Wassergewinnungsanlage
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WMRG	Wasch- und Reinigungsmittelgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSG	festgesetztes Wasserschutzgebiet
WSG-VO	Wasserschutzgebietsverordnung
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Wasserwerk
xM	Metaboliten, die von der Europ. Lebensmittelbehörde auf Grundlage der Eigenschaften des Wirkstoffes als relevant eingestuft wurden und für die keine entlastenden Daten vorliegen

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 Großen Aue 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 erforderlich. Schadstoffeinträge sollen verhindert oder zumindest minimiert werden, sodass Belastungen gar nicht erst entstehen können. Unverzichtbares Prinzip des Gewässerschutzes ist daher die „Vorsorge“.

Geogen bedingt ist das Grundwasser in den Niederungsbereichen des Einzugsgebietes der Großen Aue eisenhaltig. Die Trinkwassergewinnungsgebiete befinden sich jedoch hauptsächlich in den Geestgebieten, sodass der Aufbereitungsaufwand relativ gering ist. Das Grundwasser ist zahlreichen anthropogenen Einwirkungen ausgesetzt, wodurch zunehmend Verunreinigungen durch Schad- und Nährstoffe festgestellt werden können. Dabei können Grundwasserbelastungen durch Nitrat,

Pflanzenschutzmittel und Schwermetalle herausgestellt werden. Von besonderer Bedeutung im Einzugsgebiet der Großen Aue ist die hohe Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Durch eine intensive Landwirtschaft und nicht pflanzenbedarfsgerechte Düngung kann es zu einer Verlagerung von Nitrat in das Grundwasser kommen. Hinsichtlich der Pflanzenschutzmittelanwendungen treten, bedingt durch die Anwendungshäufigkeit und Höhe der Aufwandmenge, vor allem Belastungen des Grundwassers durch Herbizide auf. Abbauprodukte von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen werden zunehmend im Grundwasser nachgewiesen. Viele dieser Metaboliten weisen zwar keine pestizide Wirkung auf, es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass durch Umwandlungsprozesse oder Kumulation toxikologisch relevante Stoffe entstehen.

Versauerung des Grundwassers und Denitrifikationsvorgänge können zu einer Freisetzung von Schwermetallen führen.

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, ist eine Beschreibung der Grundwassergüte und -menge für das Einzugsgebiet der Großen Aue möglich. Unter Messstellen Dritter sind u.a. Rohwasser- und Vorfeldmessstellen gefasst, die von den öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen betrieben werden.

Der Regionalbericht Große Aue 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.

1 Einleitung

Der Regionalbericht Große Aue 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, Bauen und Klimaschutz (MU) eingesehen

oder über das Internetportal des NLWKN aufgerufen werden (www.umwelt.niedersachsen.de/grundwasser/grundwasserbericht oder www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwasserbericht).



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

Der vorliegende Bericht bietet eine Darstellung des gewässerkundlichen Kenntnisstandes der Grundwassergüte und -menge im Bereich des Einzugsgebietes der Großen Aue 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. Im Regionalbericht Große Aue wird ein vom Oberflächengewässer-Einzugsgebiet abgeleitetes Gebiet betrachtet, das

durch Grundwasserkörper (GWK) beschrieben wird. Bei der Abgrenzung der GWK wird davon ausgegangen, dass die Wasserscheiden der oberirdischen Gewässer auch die unterirdischen Wasserscheiden widerspiegeln. Örtliche Abweichungen resultieren aus abweichenden hydrogeologischen Verhältnissen (NLfB et al. 2004). Die GWK im Bereich der Großen Aue umfassen eine Gesamtfläche von 1.515 km². Mit einer Flächengröße von 1.031 km² (68 %) befindet sich der Hauptanteil in Niedersachsen (NDS), 32% (484 km²) liegen in Nordrhein-Westfalen (NRW) (Tab. 1).

Tab. 1: Größe und Flächenanteile des Einzugsgebietes Große Aue.

Einzugsgebiet Große Aue	Gesamtgröße [km ²]	NRW [km ²]	NDS [km ²]	Regionalbericht [km ²]	Anteil von Gesamt [%]
Große Aue	1.515,93	484,30	1.031,63	1.030,82	68

Die vorliegende Auswertung berücksichtigt ausschließlich den niedersächsischen Anteil der GWK (3 GWK von insgesamt 5 GWK, siehe Kap. 2.2.1) des Einzugsgebietes. Im Bericht wird das Auswertungsgebiet als Einzugsgebiet der Großen Aue bezeichnet. Das Einzugsgebiet der Großen Aue befindet sich im mittleren Bereich von Niedersachsen im

Dienstbezirk der NLWKN Betriebsstelle Sulingen. Das Gebiet umfasst jeweils ca. ein Drittel der Landkreise (LK) Diepholz und Nienburg (Abb. 2). Der Großteil des Große Aue-Einzugsgebietes besteht aus Lockergesteinsedimenten. Lediglich 17,62 km² sind als Festgestein des GWK „Kreideschichten zwischen Sternwede und Petershagen“ ausgewiesen.

Tab. 2: Flächenanteil innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue.

Landkreis	Größe Gesamt [km ²]	Große Aue [km ²]	Große Aue [%]	Anteil innerhalb Einzugsgebiet Große Aue [%]
Diepholz	1.989,44	582,25	29	57
Nienburg/Weser	1.399,57	447,75	32	43

Die im Folgenden (Kap. 7, Kap. 8) vorgestellten Daten zum Grundwasserstand und zur Grundwassergüte stützen sich auf Untersuchungen der landeseigenen Messstellen des NLWKN. Durch den NLWKN werden seit 1988 Untersuchungen zur Qualitätssicherung der Grundwasservorkommen mit Hilfe des Gewässerüberwachungssystems Niedersachsen (GÜN) durchgeführt. In Ergänzung zu den Grundwassermessstellen des Gewässerüberwachungssystems beinhaltet der vorliegende Bericht Daten aus weiteren Messprogrammen des NLWKN, z.B. der Wasserrahmenrichtlinie, sowie Zusatzinformationen aus dem Landesmessstellenpool. Der Landesmessstellenpool enthält sowohl Landesmessstellen als auch Messstellen Dritter wie Rohwasser- (RWM) und Vorfeld-Messstellen (VFM) der öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen (WVU). Die WVU sind laut Runderlass (MU 2019) dazu verpflichtet, entsprechende Gütedaten an den Gewässerkundlichen Landesdienst (GLD) zu übermitteln. Die WVU haben dem NLWKN über ihre gesetzliche Verpflichtung hinaus dankenswerterweise für diesen Bericht weitere Daten zur Verfügung gestellt, sodass im vorliegenden Regionalbericht eine umfassende Darstellung aller verfügbaren Güte- und Standsdaten im Einzugsgebiet der Großen Aue ermöglicht wird. Zur Auswertung der Grundwassermengenverhältnisse werden Daten des elektronischen Wasserbuches (WBE), die über die Landesdatenbank (LDB) verfügbar sind, herangezogen.

Ziel des Berichtes ist es,

- die aktuelle Grundwasserentnahmesituation zu erläutern,
- die Entwicklung der Grundwasserstände und ihrer Extremwerte bis 2018 über einen Zeitraum von 30 Jahre darzulegen und
- die Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsbereich der Großen Aue und ihre Entwicklung bis 2018 darzustellen. Ein Schwerpunkt liegt in der Darstellung der Nitratbelastung.

Als Hintergrundinformation werden neben der Vorstellung der gewässerkundlichen Rahmenbedingungen auch weiterführende Informationen zum Gebiet gegeben. Die landwirtschaftlichen Anbauverhältnisse und die Viehdichte im Bearbeitungsgebiet werden ebenso betrachtet wie die Situation der öffentlichen Trinkwasserversorgung in den Wasserschutz- und Trinkwassergewinnungsgebieten (WSG und TWGG). Des Weiteren erfolgt die Vorstellung der Maßnahmen zum Trinkwasserschutz innerhalb der WSG und TWGG sowie im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRRL 2000).

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



Abb. 2: Abgrenzungen der Grundwasserkörper und Landkreise innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue.

2 Gewässerkundliche Rahmenbedingungen

Die Große Aue durchteilt das Einzugsgebiet mittig horizontal. Das Einzugsgebiet ist im We-

sentlichen durch Lockergestein geprägt. Lediglich im Süden stehen Kreideschichten an (Kap. 2.2.1, siehe auch Abb. 4, Abb. 6).

2.1 Entwicklungsgeschichte und geologischer Überblick

Das Einzugsgebiet der Großen Aue 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 jüngstem 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.

Von den drei großen Vereisungen Norddeutschlands haben nur die Elster- und die Saalevereisung den Betrachtungsraum erreicht, durch die Auswirkungen der Klimaänderung hat jedoch auch die Weichselvereisung das Gebiet geologisch (Abb. 3) sowie morphologisch geprägt (Kap. 2.2.1).

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 (Abb. 3).

Saalezeitliche Ablagerungen der Drenthevereisung haben ausgedehnte Flächen mit oberflächlich anstehenden Geschiebemergeln und

glazifluvialen Sanden aufgebaut (UBA 2002). Innerhalb der Lockergesteinsgebiete bilden diese die morphologisch erhöhten Flächen mit Höhenlagen von ca. 40 m bis ca. 80 m (UBA 2002). Südlich von Kirchdorf sind der Himmelsberg (70 m) und der Knickberg (85 m) als Teil eines Stauchendmoränenzuges in der Böhre Geest zu finden. Südlich von Pennigsehl befinden sich die 70 - 80 m hohen Heisterberge, und am östlichen Rand des Einzugsgebietes liegt der Boxenberg mit 74 m. Im Bereich dieser Endmoränenzüge kam es zu glazitektonischen Stauchungen und zur Aufschuppung von älterem Material (Tertiär und Kreide als Schollen) bis an die Oberfläche (UBA 2002).

Das Flusstal der Großen Aue wurde im Weichselglazial und Holozän gebildet. Hier sind fluviiale Sande verbreitet (Abb. 3). Im Weichselspätglazial und frühen Holozän kam es zur Bildung von ausgedehnten Sandlöss- und Flugsanddecken, die die älteren Lockergesteine bedecken.

Durch ein zunehmend maritimes Klima erfolgte im Holozän die Ausbildung ausgedehnter Hoch- und Niedermoore (UBA 2002) wie das Uchter Moor und das Große Borsteler Moor.

Eine detaillierte Darstellung der geologischen Verhältnisse an der Oberfläche ist als Geologische Karte 1:50.000 auf dem Kartenserver des LBEG abrufbar (NIBIS-Kartenserver 2020). Der Aufbau und die Schichtenfolge im Untergrund ist in zahlreichen geologischen Profilschnitten dargestellt, die im Kartenserver verfügbar sind.

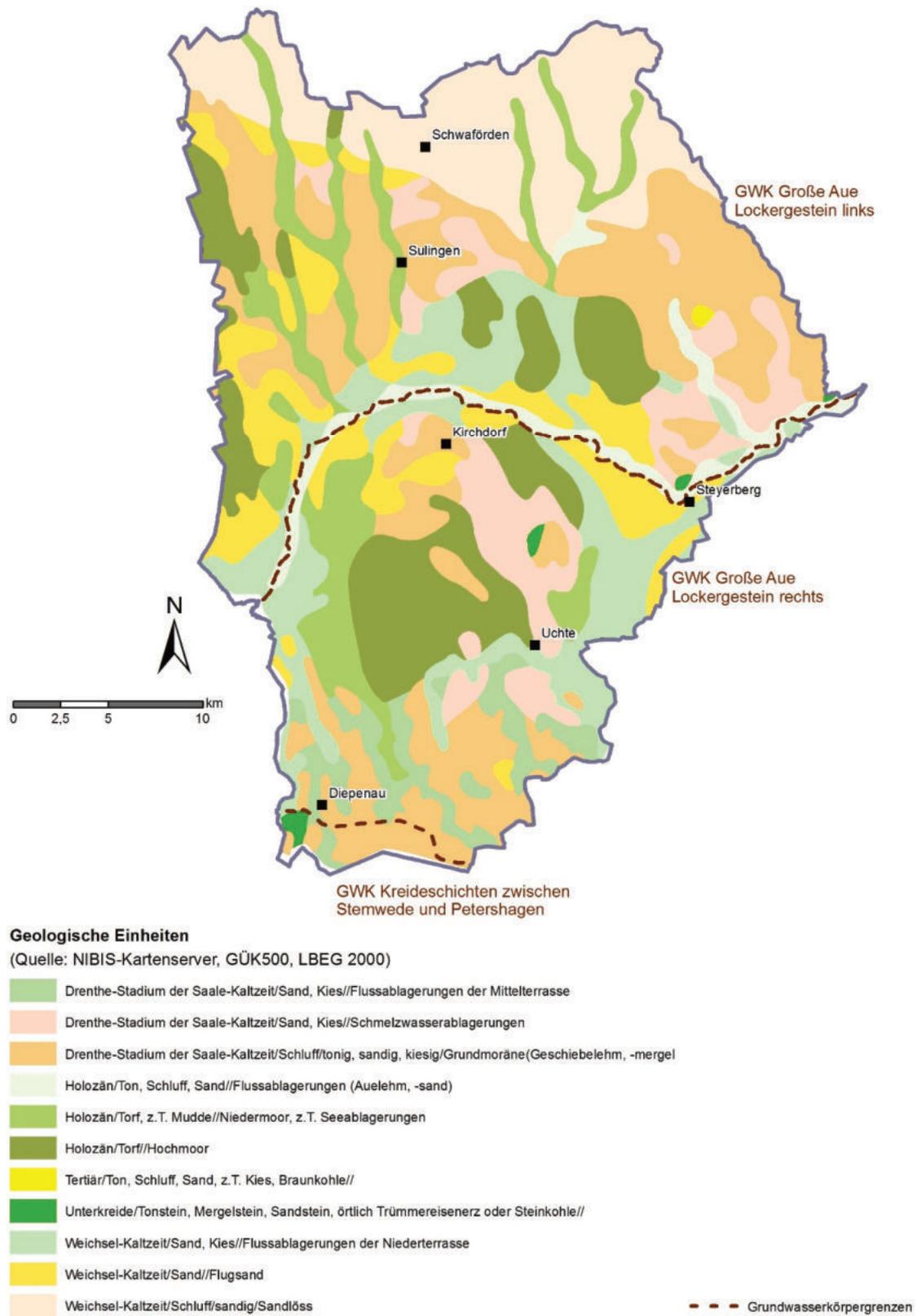


Abb. 3: Geologische Einheiten im Einzugsgebiet der Großen Aue.

2.2 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 Großen Aue 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 Geestgebiete gehören als glaziale Aufschüttungslandschaften zum nord- und mitteldeutschen Mittelpleistozän. Regional werden dabei die Teilräume Syker Geest, Böhre Geest und Diepenauer Geest abgegrenzt (Abb. 4).

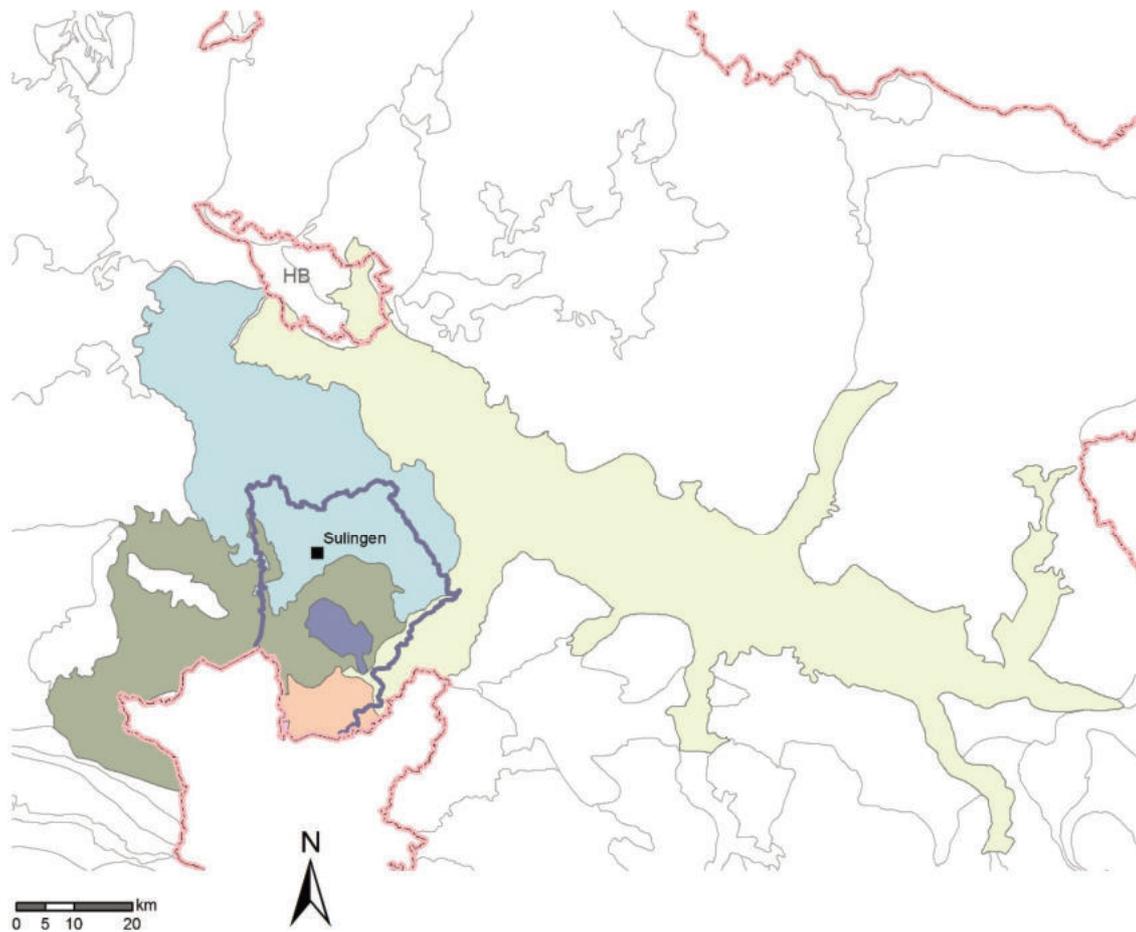
Die Lockergesteinsaquifere werden aus Schmelzwasserablagerungen der Elster- und Saale-Eiszeit sowie den fluviatilen Sedimenten der Weichsel-Kaltzeit aufgebaut. Da die Weser zwischen Elster- und Saale-Eiszeit ihren Abfluss nach Westen statt wie heute nach Norden hatte, sind auch lokale Ablagerungen der Weser (Mittelterrasse) am Aufbau der Grundwasserleiter beteiligt. Die Gesamtmächtigkeit grundwasserleitender Sedimente beträgt bis zu 100 m. 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 Ton-Schlufflagen eingelagert. Lokal bewirkt dies eine Stockwerkstrennungen, insgesamt gesehen stehen diese Bereiche aber in hydraulischer Verbindung (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016).

Inselartig ist die Böhre Geest als Stauchendmoränenzug innerhalb der Diepholzer Moorniederung gelegen. Der Porengrundwasserleiter zeichnet sich durch eine sehr hohe Durchlässigkeit aus (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Unterlagert werden die quartären Ablagerungen durch Sedimente des Tertiärs und der Kreide (Abb. 5). Im Zentralteil der Böhre sind Schichtenverstellungen und Verschuppungen durch Eisstauchung vorhanden (AD-HOC-AG Hydrogeologie 2016). Das Grundwasser ist durch eine Abdeckung aus Geschiebemergel gut geschützt.

Zur Diepholzer Moorniederung ist die Diepenauer Geest deutlich abgegrenzt. Sandige Geschiebemergel und drenthezeitliche Mittelterrassenablagerungen bilden einen geringmächtigen, mäßig bis hoch durchlässigen Grundwasserleiter aus (Abb. 5).

Die Diepholzer Moorniederung zählt zu den Niederungen im nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet. Weichselzeitliche Niederungssande und saale- und elsterzeitliche Schmelzwassersande bilden 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 (Abb. 5). Im Zentralbereich des Teilraums dominieren Feinsand- und Schluffsteine den Untergrund.

Das Festgesteinsgebiet an der südlichen Spitze des Einzugsgebietes wird als Nordwestdeutsches Bergland dem Großraum Mitteldeutsches Bruchschollenland zugeordnet, das durch die Schichten des Erdmittelalters Trias, Jura und Kreide geprägt ist. Von Niedersachsen wird nur ein kleiner Teil des Festgesteinsgebietes „Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes“ angeschnitten.



Hydrogeologische Teilräume
(Quelle: NIBIS-Kartenserver, HÜK500, LBEG 2004)

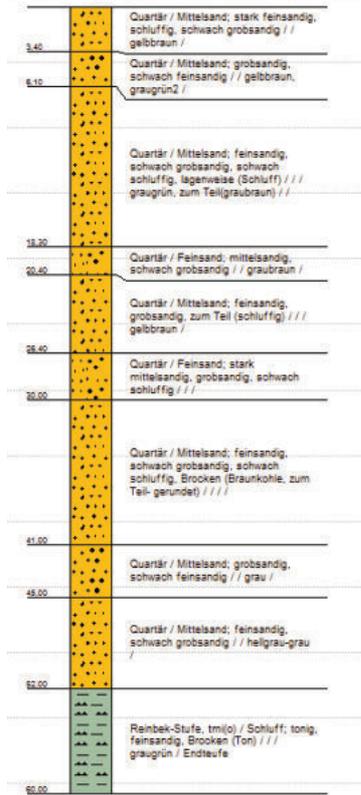
- Syker Geest
- Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille
- Böhrde Geest
- Mittelweser-Aller-Leine Niederung
- Diepenauer Geest
- Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes
- weitere Teilräume

- Einzugsgebiet Große Aue, niedersächsischer Teil

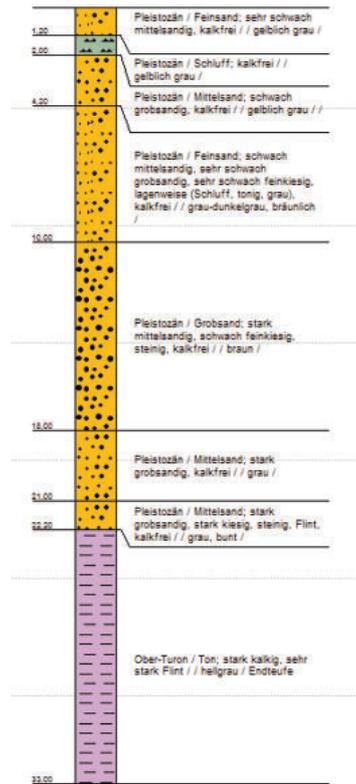
- Landesgrenze

Abb. 4: Hydrogeologische Teilräume innerhalb des Große Aue-Einzugsgebietes.

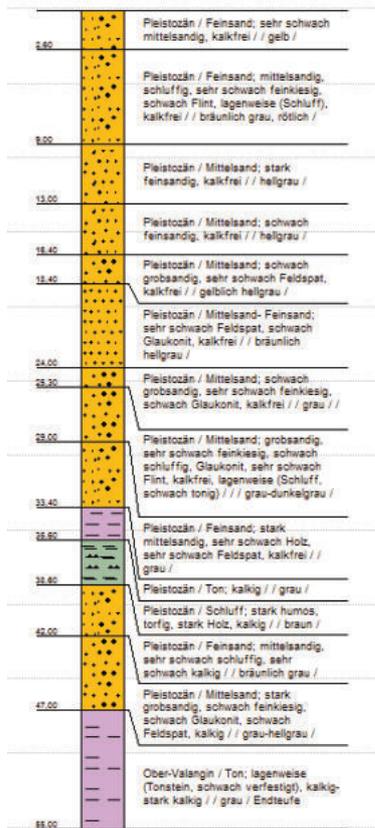
Syker Geest, GWM Oefftinghausen (49,22 m NN)



Diepholzer Moorniederung, GWM Sulinger Bruch (34,27 m NN)



Böhrde Geest, GWM Götten (42,88 m NN)



Mittelweser-Niederung, GWM Kleinenheerse (38,77 m NN)

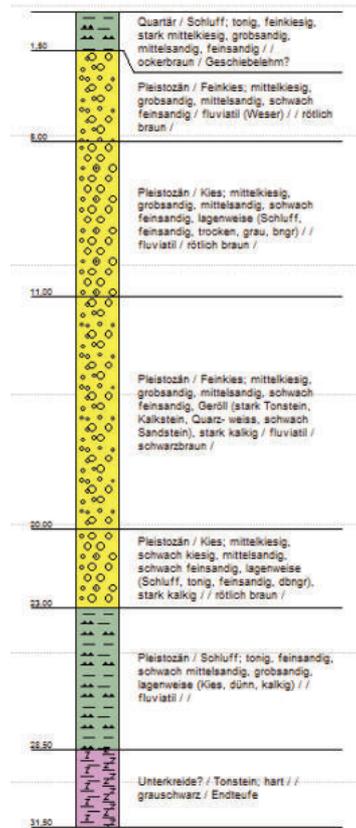


Abb. 5: Bohrprofile ausgewählter Messstellen im Einzugsgebiet der Großen Ae.

2.2.1 Unterteilung des Gebietes nach der EG-WRRL

Im Rahmen der Arbeiten zur Umsetzung der EG-WRRL (2000) wurde eine Abgrenzung von GWK, auf deren Ebene eine Bewertung des Grundwasserzustandes erfolgt, durchgeführt. Die GWK bilden nach EG-WRRL die kleinste Bewirtschaftungseinheit für das Grundwasser. Sie stellen abgegrenzte Grundwasservolumina innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter dar, die in Niedersachsen anhand von hydraulischen Grenzen und hydrogeologischen Kriterien durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und den NLWKN und nach Vorgabe des MU festgelegt wurden (NLfB et al. 2004). Die Einteilung dient vor allem der Sicherstellung einer systematischen Bearbeitung und einer übersichtlichen Verteilung der Bewirtschaftungsaufgaben. Aufgrund der Abgrenzung werden in Niedersachsen derzeit 123 GWK differenziert voneinander bewertet. Niedersachsen selbst ist für 90 GWK federführend zuständig. Im gesamten Einzugsgebiet der Großen Aue befinden sich fünf GWK (Abb. 7, Tab. 3), wobei drei für den Regionalbericht Große Aue relevant sind.

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. Im Bereich des Große Aue-Einzugsgebietes können sechs hydrogeologische Teilräume (Abb. 4, Tab. 4) unterschieden werden, die u.a. nach geologischen, hydrologischen und bodenkundlichen Kriterien abgegrenzt wurden. Die Teilraumbeschreibungen sind im Geobericht 3 des LBEG (Elbracht et al. 2010) veröffentlicht.

Die im Bericht enthaltenen Auswertungen und Aussagen beschränken sich auf die im Große Aue-Einzugsgebiet liegenden Flächenanteile der Hydrogeologischen Teilräume (Abb. 4) und sind daher nicht zwingend für den gesamten Teilraum gültig.

Tab. 3: Die GWK im Große Aue-Einzugsgebiet mit der GWK-ID sowie der geologischen Zuordnung.

Bezeichnung des Grundwasserkörpers	GWK ID-Nr. Land	Geologische Zuordnung	Gesamtgröße [km ²]	Anteil Land		Kulisse Regionalbericht [km ²]
				NRW [km ²]	NDS [km ²]	
Große Aue Lockergestein links	05_13	Lockergestein	704,12	89,82	614,18	614,05
Große Aue Lockergestein rechts	05_12	Lockergestein	465,57	66,43	399,14	399,14
Kreideschichten zwischen Stemwede und Petershagen	05_10	Festgestein	188,91	171,29	17,62	17,62
Große Aue Lockergestein im Süden	05_08	Lockergestein	112,38	112,28	0,10	-
Wiehengebirge	05_06	Festgestein	45,33	45,33	-	-

Tab. 4: Hydrogeologische Teilräume innerhalb der GWK im Große Aue-Einzugsgebiet (NDS-Anteil).

Hydrogeologischer Teilraum	Teilraum ID-Nr.	Größe NDS [km ²]	Anteil Große Aue Kulisse Regionalbericht	
			[km ²]	[%]
Syker Geest	01504	1.616,27	442,0	27
Diepholzer Moomiederung	01504	1.142,16	324,77	28
Böhrde Geest	01513	76,39	76,39	100
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	01304	3.631,72	49,15	1
Diepenauer Geest	01512	151,5	135,31	89
Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes	05107	3,14	3,14	100

2.3 Morphologischer und naturräumlicher Überblick

Das Einzugsgebiet der Großen Aue (niedersächsischer Teil, 1.031 km²) ist mit einer durchschnittlichen Breite von 34 km und einer Länge von 40 km relativ klein (Abb. 6). Der niedersächsische Anteil des angrenzenden Einzugsgebietes der Hunte ist mit 2.635 km² mehr als doppelt so groß.

Im Norden und Süden ist das Gebiet durch hohe Geestanteile geprägt. Im mittleren Bereich sind Moorniederungen großflächig vorhanden. Lediglich die äußerste südwestliche Spitze des Gebietes weist mit Kreideschichten Festgestein auf.

Die naturräumlichen Gegebenheiten und die grundlegende morphologische Ausprägung eines Großteils des Große Aue-Gebietes wurde im Pleistozän angelegt und durch die Vorgänge des Holozän wie der Entwicklung von Mooren abgeschlossen.

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. Geprägt wird das

Einzugsgebiet durch die Große Aue selbst (Abb. 6, Abb. 7).

Die Große Aue entspringt als Aue auf der Südseite des Wiehengebirges in der Gemeinde Rödinghausen in NRW. In einem Durchbruchstal bei Schwennigdorf durchquert sie das Wiehengebirge. Bei Preussisch-Ströhen passiert sie die Grenze zu Niedersachsen. Die Große Aue durchquert den niedersächsischen Teil des Einzugsgebietes bis südlich von Barenburg in nordöstlicher Richtung. Dann ändert sich der Verlauf in südöstliche Richtung. Ab Steyerberg fließt die Große Aue der Weser wieder in nordöstlicher Richtung zu (Abb. 6, Abb. 8 bis Abb. 13). Die Zuflüsse nördlich der Großen Aue zeigen eine Nord-Süd-Richtung, die mit dem Abschmelzen der Gletscher in der Drenthe-Zeit begründet ist (MU 1997).

Das Große Aue-Einzugsgebiet wird durch zwei Landschaftstypen geprägt (BfN 2014). Die Geestgebiete mit Syker Geest und Diepenauer Geest sowie die Mittelweser-Aller-Leine Niederung sind ackergeprägte offene Kulturlandschaften. Dieser Landschaftstyp fasst Landschaften mit einem hohen Ackeranteil von über 50% und einem Waldanteil von unter 20% zusammen. Die Diepholzer Moorniederung und die von ihr umschlossene Böhrde Geest wird zur moorreichen Kulturlandschaft gezählt, die über einen Moorflächenanteil von über 10% und einen Waldanteil von unter 40% definiert wird. Der Bereich wird aus naturschutzfachlicher Sicht als besonders schutzwürdige Landschaft herausgestellt.



Höhenstufen in Meter über Normalnull (m ü. NN)

(Quelle: Digitales Geländemodell 10, Geodaten NLWKN)



Abb. 6: Morphologisches Relief in Kombination mit dem Gewässernetz des Große Aue-Einzugsgebietes.



Abb. 7: Gewässernetz (reduzierte Darstellung) im Einzugsgebiet der Großen Aue.



Abb. 8: Quellgebiet der Aue/Großen Aue in der Gemeinde Rödinghausen, NRW.



Abb. 9: Oberlauf der Aue/Großen Aue in NRW.



Abb. 10: Übergang der Aue/Großen Aue zwischen NRW und NDS.



Abb. 11: Die Große Aue bei Steyerberg.



Abb. 12: Mündung der Großen Aue in die Weser.



Abb. 13: Blick von der Großen Aue auf die Weser.

Boden und Bodennutzung

Im Einzugsgebiet der Großen Aue sind verschiedene Bodentypen anzutreffen (Abb. 14). Ein Drittel des Gebietes nehmen Podsole ein. Vor allem in der Syker Geest und der Böhre Geest sind viele Böden podsoliert. Teilweise sind die podsolierten Böden bewaldet wie die Eickhofer Heide nördlich von Steyerberg. Der nördliche Bereich des Einzugsgebietes ist darüber hinaus durch Parabraunerden geprägt, die sich aus weichselzeitlichem Sandlöss entwickelt haben. Westlich von Schwaförden sind großflächig Plaggenesche vorhanden, die ackerbaulich genutzt werden (Abb. 15). Nördlich der Großen Aue weisen die engen Talbereiche der Nord-Süd gerichteten Zuflüsse wie Kleine Aue und Siede grundwasserbeeinflusste Böden (Gleye) und Niedermoore auf, die nur eine Grünlandnutzung zulassen. Grundwasserbeeinflusste Böden sind mit 19% stark im gesamten Einzugsgebiet vertreten. Die Diepholzer Moorniederung südlich von Sulingen ist geprägt von Gleyen und Podsol-Gleyen, die gleichfalls nur eine Grünlandnutzung zulassen. Daneben sind große Hochmoorgebiete zu finden. Die Diepenauer Geest ist durch drenthezeitliche Geschiebelehme geprägt. Gleye und Stauwasserböden (Pseudogleye) sind hier dominierend. Landwirtschaftlich geprägt sind 73% des Große Aue-Gebietes (Abb. 15), wobei 55% ackerbaulich und 18% als Grünland genutzt werden. Der Schwerpunkt der ackerbaulichen Nutzung liegt in den Geestgebieten. Grünlandbewirtschaftung wird hauptsächlich im Bereich der Diepholzer Moorniederung betrieben. In den Moorflächen erfolgt großflächig Torfabbau. Ziel ist es, die zentralen Moorflächen nach Beendigung des Torfabbaus wieder zu vernässen.

Moore und Moorschutzprogramm

Moore haben eine besondere Bedeutung für das globale Klima. Natürliche und naturnahe Niedermoore können als Kohlenstoff- und Stickstoffsensenke wirken. Große Kohlenstoffmengen können im Torfkörper gespeichert werden. Dem durchströmenden Grund- und Oberflächenwasser wird Stickstoff entzogen, wobei Nitrat teilweise in den Torfen gebunden, ein

wesentlicher Teil jedoch durch Denitrifikation abgebaut wird (MU 2016a).

Moore sind hydromorphe Böden mit über 30 cm Torfhorizont (Blume et al. 2010). Sie entstehen, wenn hoch anstehendes Grundwasser oder humides Klima einen Luftmangel bewirken, der den Streuabbau hemmt, sodass sich große Mengen an organischer Substanz anreichern. Niedermoore entwickeln sich als Verlandungsmoore im Uferbereich von Gewässern oder als Versumpfungsmoore in Senken unter Einfluss ansteigender Grundwasserstände (Blume et al. 2010). Hochmoore bilden sich unabhängig vom Grundwasser und sind regenwassergespeist. 73% der Hochmoore und 18% der Niedermoore Deutschlands liegen in Niedersachsen. 70% der nds. Moorflächen werden landwirtschaftlich genutzt, sodass hier eine besondere Verantwortung besteht. Hoch- und Niedermoore nehmen in Niedersachsen einen Flächenanteil von ca. 8% ein (MU 2016a).

Aufgrund ihres Wasserspeicher- und Wasserrückhaltvermögens wirken Moorböden ausgleichend auf den Landschaftswasserhaushalt. Niedermoore werden aus den Wasserzuflüssen der ausgedehnten Einzugsgebiete gespeist (MU 2016a). Nach Niederschlagsereignissen können große Wassermengen durch Überstau zurückgehalten und der Oberflächenabfluss verzögert werden. Auch in wiedervernässen und verwallten Hochmooren kann Niederschlagswasser in größeren Mengen gespeichert werden (MU 2016a).

Die Kultivierungsverfahren der Moore entscheiden über die spätere Nutzungsmöglichkeit (Blankenburg 2015). In einzelnen Regionen Niedersachsens beträgt der Ackeranteil bereits 20% der Hochmoorfläche, wobei der Maisanbau deutlich zunimmt (Blankenburg 2015, Hofer 2014). Tiefumbruchböden werden überwiegend als Ackerstandort genutzt. Auf Flächen mit Schwarztorf (Schwarzskulturen) dominiert die standortgerechte Grünlandnutzung, wobei in jüngster Zeit die ackerbauliche Nutzung zugenommen hat.

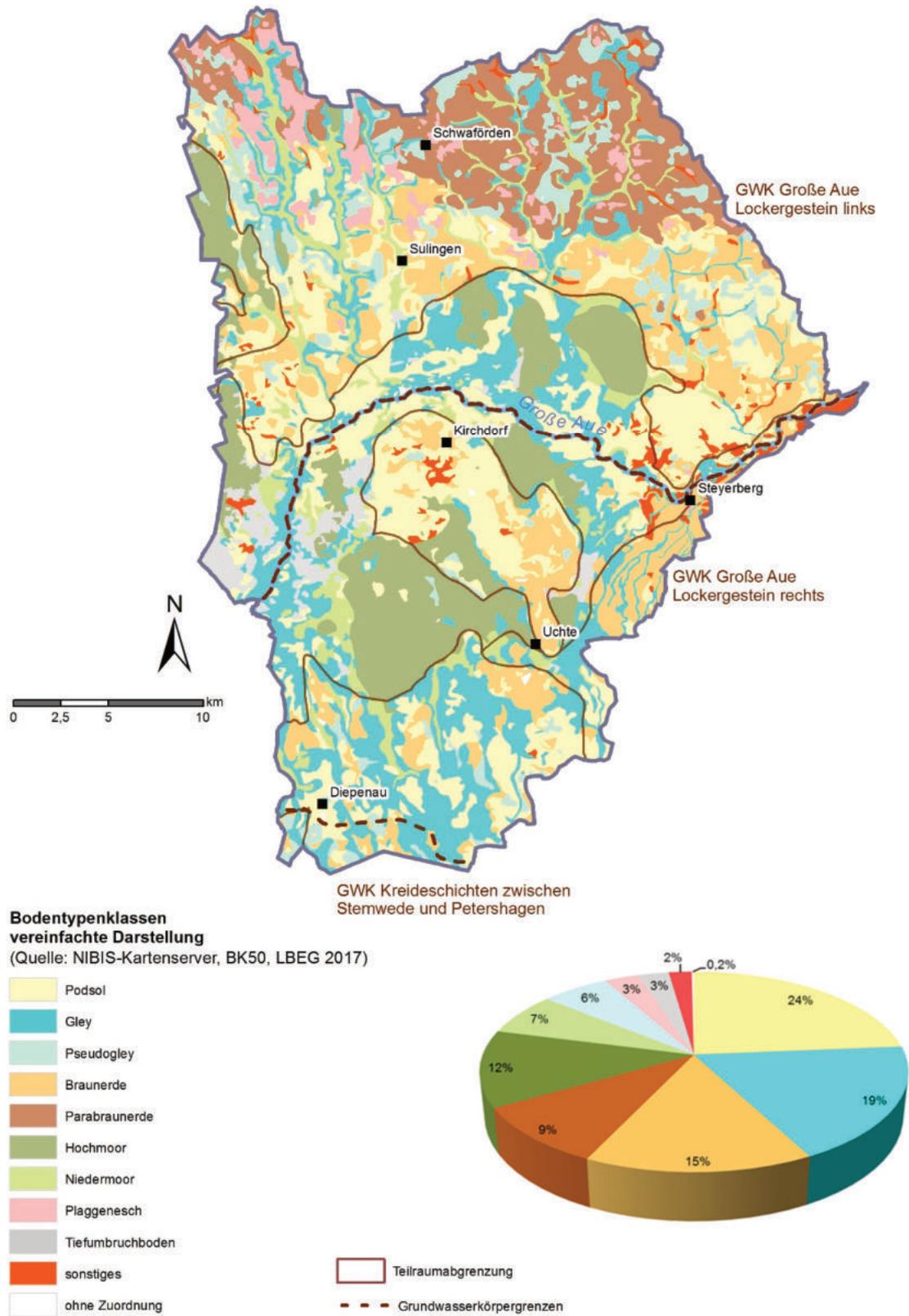


Abb. 14: Böden im Einzugsgebiet der Großen Aue.

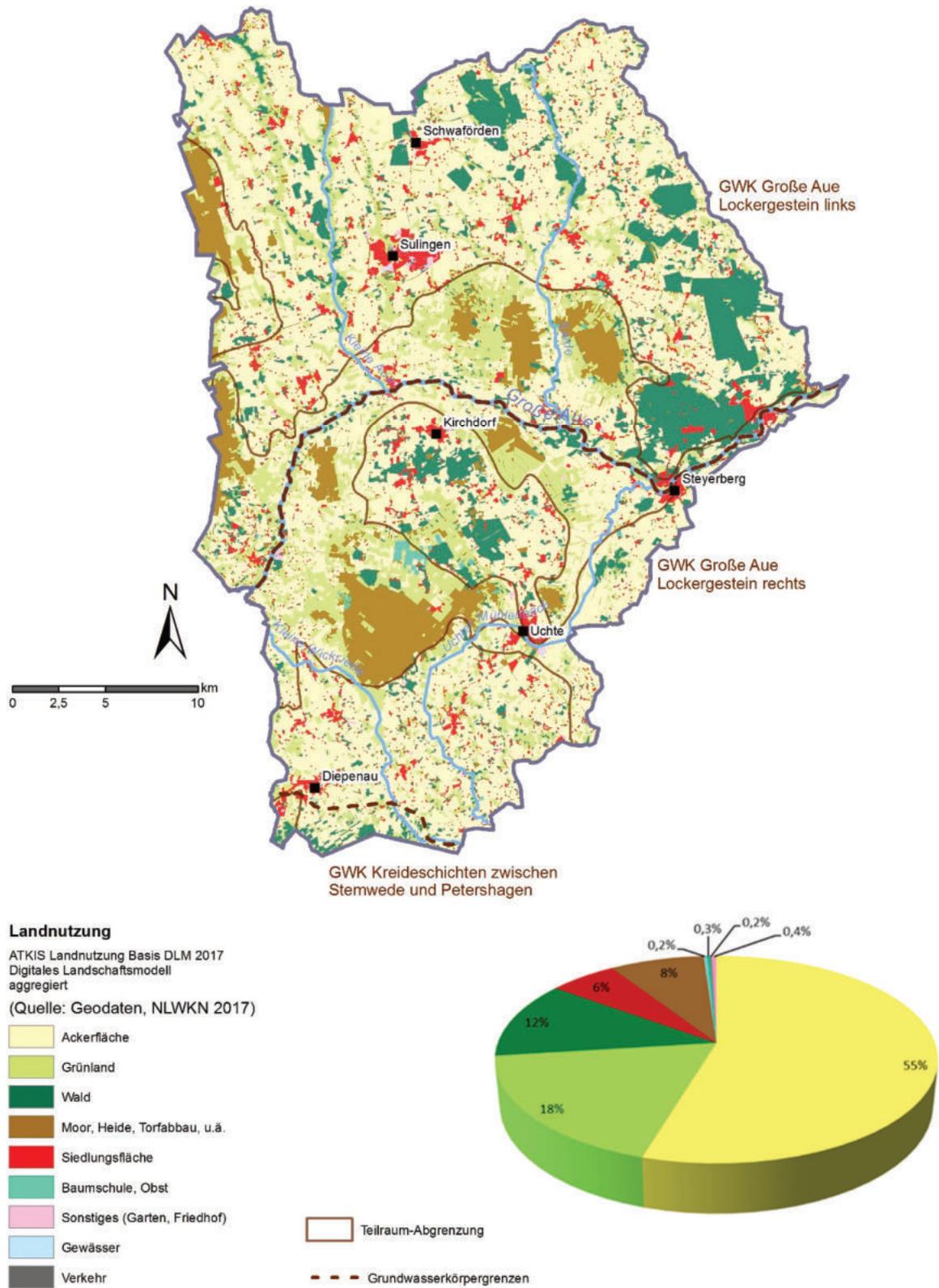


Abb. 15: Landnutzung im Einzugsgebiet der Großen Aue.

Mit zunehmender Bewirtschaftungsintensität verschlechtern sich Torfeigenschaften, und durch Mineralisation treten Massenverluste und Verluste organischer Substanz auf. Nach einer Entwässerung erfolgt ein Höhenverlust durch Setzung, gefolgt von Sackungen durch Schrumpfungsprozesse und oxidativen Abbau. Die jährlichen Höhenverluste betragen im Hochmoor 0,5 - 1 cm und im Niedermoor 1 - 2 cm (Blankenburg 2015).

Mit der organischen Substanz gehen auch erhebliche Nährstoffmengen verloren und können zu einer Belastung von Oberflächengewässern und Grundwasser führen. Insbesondere nach der Entwässerung sind die Nährstoffausträge aus den Moorböden hoch (Tetzlaff 2015). Die natürlichen Nährstoffgehalte von Niedermoorböden sind im Vergleich zu Hochmooren deutlich höher. Bezogen auf 20 cm Torfmächtigkeit werden als natürliche Nährstoffgehalte für Hochmoor 500 - 7.000 kg N/ha und 50 - 200 kg P/ha und für Niedermoor 2.500 - 15.000 kg N/ha bzw. 100 - 550 kg P/ha angegeben (Blankenburg 2015, Tetzlaff et al. 2015). Für Hochmoorböden sowie für stark saure Niedermoore unter landwirtschaftlicher Nutzung werden hohe P-Austräge erwartet, da aufgrund fehlender Eisen- und Aluminiumkationen und niedriger pH-Werte die P-Fixierung sehr gering ist. Basenreiche Niedermoore hingegen verfügen über eine ausreichende P-Sorption. Eine überhöhte Düngung kann jedoch auch unter Niedermoor zu erhöhten P-Austrägen führen, da Phosphate nicht so stark gebunden werden wie in Mineralböden

(Tetzlaff et al. 2015). Insbesondere in ackerbaulich genutzten Niedermooren werden durch Mineralisation hohe Nitratmengen freigesetzt, die zu einer erheblichen Belastung des Grund- und Oberflächenwassers führen können.

Das Einzugsgebiet der Großen Aue ist stark durch Moore geprägt, wobei 12% der Fläche von Hochmooren und 7% von Niedermooren eingenommen werden (Abb. 14). Die Abb. 16 zeigt beispielsweise das Neustädter Moor (Ortslage siehe Abb. 6). Ca. 12% der Einzugsgebietsfläche der Großen Aue sind Teil des Moorschutzprogrammes Niedersachsen für Hochmoorflächen (Abb. 17). Hauptziel des Moorschutzprogramms ist die Entflechtung der Flächenansprüche von Naturschutz und Torfabbau (MU 2016a). Das Niedersächsische Moorschutzprogramm (MSP I 1981 und MSP II 1986) bildet die zentrale Grundlage für die Aktivitäten zum Moormanagement. 1994 wurde eine naturschutzfachliche Neubewertung von 92 Hochmooren durchgeführt. Die Ausweisung von Schutzgebieten, Torfabbaugenehmigungen mit einer naturschutzkonformen Folgenutzung und die Überführung von Flächen in öffentliches Eigentum haben dafür gesorgt, dass auf dem überwiegenden Teil der für den Naturschutz vorgesehenen Programmflächen in den vergangenen 30 Jahren die Ziele des Moorschutzprogramms eingeleitet wurden und seitdem kontinuierlich umgesetzt werden (MU 2016a). Mit dem Programm Niedersächsische Moorlandschaften wird das bisherige Moorschutzprogramm fortgeschrieben und ergänzt (MU 2016a).



Abb. 16: Blick ins Neustädter Moor.

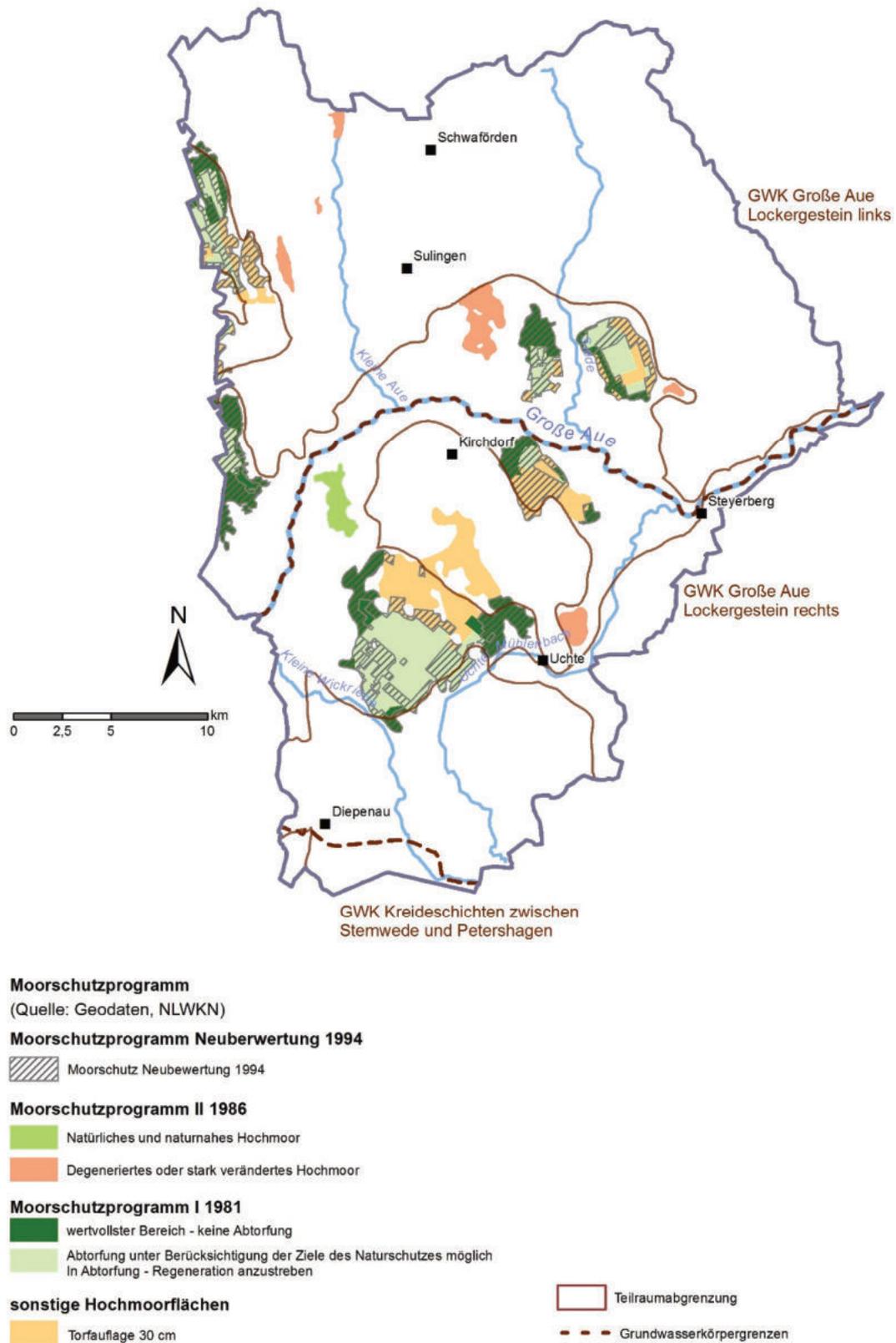


Abb. 17: Moorschutzprogramme im Einzugsgebiet der Großen Aue.

2.4 Klima

Nach Auswertung der langjährigen Klimakenn-
daten (Abb. 18) des Deutschen Wetterdienstes
(DWD) für den Zeitraum 1981 bis 2010 kann
die mittlere Niederschlagshöhe im Einzugsge-
biet der Großen Aue mit 711 mm/a angegeben
werden. Das Niederschlagsaufkommen ist in
der Syker Geest mit 734 mm/a tendenziell hö-
her als im übrigen Gebiet.

Die Lufttemperatur beträgt im Mittel 9,6 °C, die
Verdunstungsrate 570 mm/a.

Die Temperatur ist im Norden des Einzugsge-
bietes insbesondere in den höheren Geestlag-
gen der Syker und Böhre Geest etwas niedri-
ger als im übrigen Gebiet. Insgesamt nimmt
die Temperatur nach Süden hin zu.

Die klimatische Wasserbilanz beträgt für das
gesamte Einzugsgebiet der Großen Aue
136 mm/a. Als Differenz zwischen Nieder-
schlag und potenzieller Verdunstung folgt sie
der Verteilung der Niederschlagsmengen.

Die Wasserbilanz weist mit Werten von
71 mm/a bis 220 mm/a eine große Spannweite
im Einzugsgebiet auf. Sie liegt in der Syker
Geest mit durchschnittlich 162 mm/a am
höchsten, wobei hier Werte zwischen
117 mm/a und 220 mm/a auftreten. Hier ist
auch das Niederschlagsaufkommen höher.

Die Böhre Geest weist eine Wasserbilanz von
123 mm/a auf, ähnlich wie der Teilraumbereich
„Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgs-
vorlandes“ im Süden des Einzugsgebietes. In
den Niederungsbereichen Mittelweser-Aller-

Leine Niederung und Diepholzer Moorniede-
rung beträgt die Wasserbilanz 112 bzw.
119 mm/a. Am geringsten ist die Wasserbilanz
der Diepenauer Geest mit 107 mm/a.

Die Wasserbilanz dient als Orientierungswert
für die Grundwasserneubildung. In den Niede-
rungsbereichen ist aufgrund der hohen Grund-
wasserstände von einer höheren realen Ver-
dunstung auszugehen als in den Geest-
bereichen. Dadurch fällt der Unterschied in der
Grundwasserneubildung zwischen Geest und
Niederung stärker aus, als aus der Wasserbi-
lanz allein ersichtlich (siehe Kap. 2.5.1).

Anhand der langjährigen Wetterkenn-
daten (1994 bis 2018) der DWD-Station Diepholz
werden die Trendentwicklungen der Klima-
kenn-
daten exemplarisch für das Einzugsgebiet
Große Aue dargestellt (Abb. 19). Die klima-
tische Wasserbilanz folgt weitestgehend dem
Niederschlagsverlauf. Niederschlag und Was-
serbilanz zeigen insbesondere von 1994 bis
2009 starke Schwankungen. Die Wasserbilanz
weist in diesem Zeitraum eine Spanne von
+322 mm/a bis -147 mm/a auf. Die Jahre 2010
bis 2017 zeigen sich deutlich ausgeglichener
mit Werten von +155 mm/a bis -85 mm/a. Ext-
remwerte treten hingegen im Jahr 2018 auf.
Aus einem sehr geringen Jahresniederschlag
(446 mm/a) und einer hohen Verdunstung
(883 mm/a) resultiert ein deutliches Defizit der
klimatischen Wasserbilanz von - 436 mm/a.

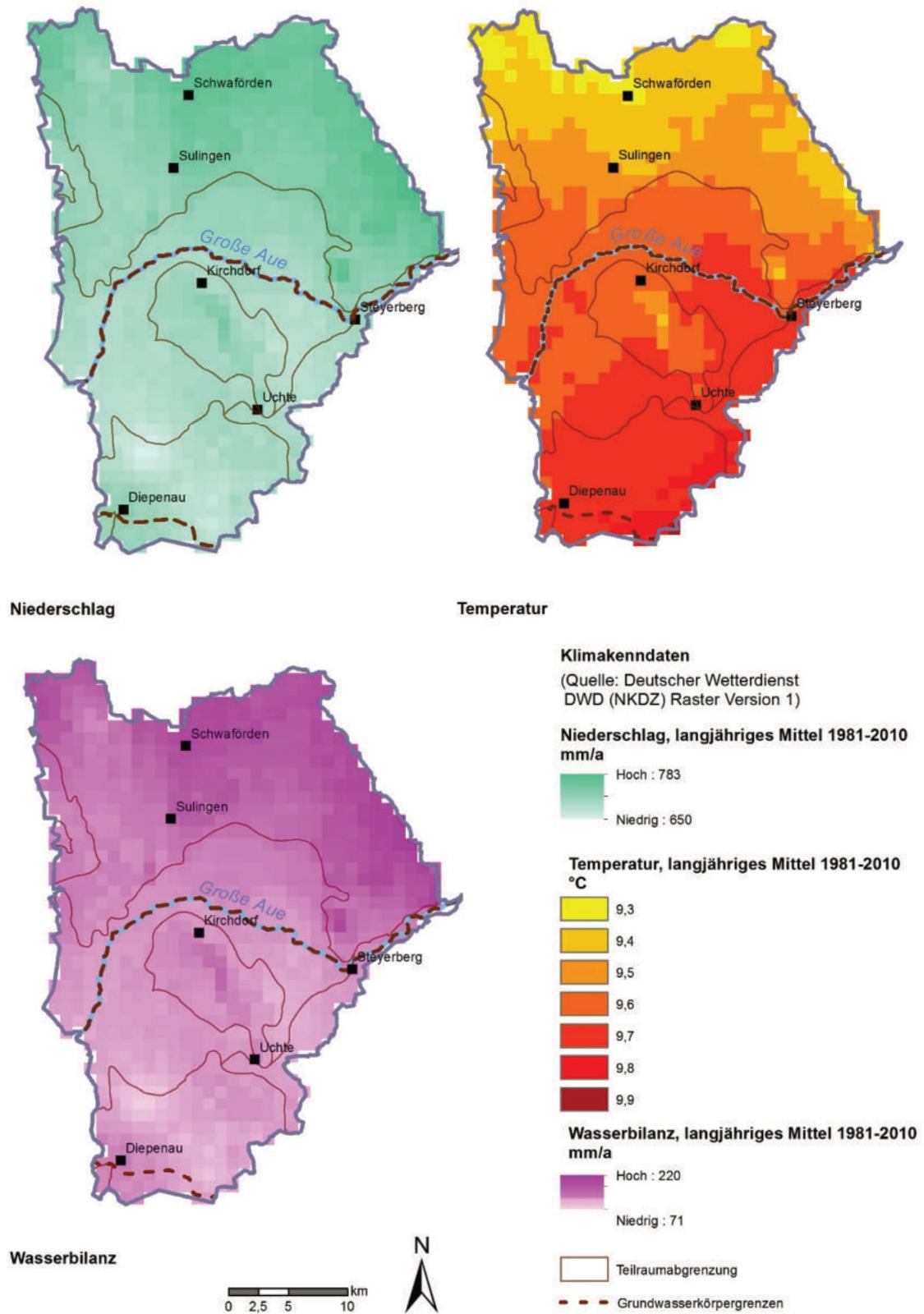


Abb. 18: Klimakenndaten des Einzugsgebietes Große Aue.

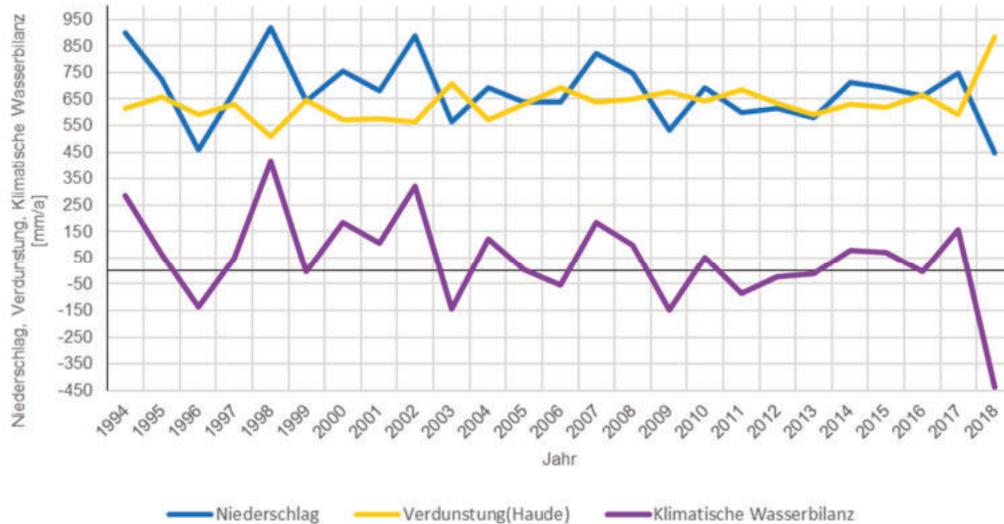


Abb. 19: Klimakennwerte der Wetterstation Diepholz von 1994 bis 2018 (Quelle: DWD 2019).

2.5 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, 1994). 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 abwärts bewegt, als in den Porenwickeln gebundenes Kapillarwasser sowie als bestimmte Stoffteilchen im Boden fest umschließendes Hydrationswasser (MU 1997).

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 seitlichen Zufluss die Ausdehnung des Wassers nach oben behindern und dadurch ein erhöhter Druck entsteht (MU 1997).

Das weitgehend durch Lockergestein geprägte Große Aue-Einzugsgebiet weist hauptsächlich Porengrundwasserleiter mit lokaler Stockwerkstrennung auf. Im Festgesteinsbereich des GWK „Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen“ sind Kluftgrundwasserleiter anzutreffen (Tab. 5). Der vorherrschende Gesteinstyp ist silikatisch. Ergiebige Grundwasserleiter sind in den Geestgebieten zu finden und werden wasserwirtschaftlich genutzt.

Die Lage der Grundwasseroberfläche variiert im Einzugsgebiet der Großen Aue im Lockergestein von 20 m über Normalhöhennull (NHN) im Bereich des Oberlaufes der Großen Aue bis zu über 65 m über NHN im Nordosten des Einzugsgebietes (Abb. 20).

In den Niederungsgebieten und in der durch Gleye geprägten Diepenauer Geest betragen die Grundwasserflurabstände 0 bis 5 m unter Geländeoberkante (u. GOK). In der Syker Geest und der Böhrde Geest variieren die Flurabstände deutlich. In der Stauchendmoräne der Böhrde Geest und den Endmoränenzügen nördlich von Steyerberg (Syker Geest) werden Flurabstände über 25 m u. GOK erreicht. Ansonsten werden auch dort in den Niederungsbereichen des Gewässernetzes sehr niedrige

Flurabstände bis 0 m u. GOK oder darüber angetroffen.

Das Grundwasser strömt weitgehend der Großen Aue zu, sodass im Norden größtenteils Nord-Süd-Fließrichtungen und im Süden Süd-Nord-Fließrichtungen vorherrschen (Abb. 20). Im zentralen Bereich des Einzugsgebietes bildet die Kammhöhe der Böhrde Geest eine Wasserscheide aus.

Tab. 5: Grundwasserleitertyp und Gesteinstyp der GWK im Einzugsgebiet der Großen Aue.

Bezeichnung des Grundwasserkörpers	GWK ID-Nr.	Grundwasserleitertyp	Gesteinstyp
Große Aue Lockergestein links	05_13	Poren	silikatisch
Große Aue Lockergestein rechts	05_12	Poren	silikatisch
Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen	05_10	Kluft	silikatisch, karbonatisch

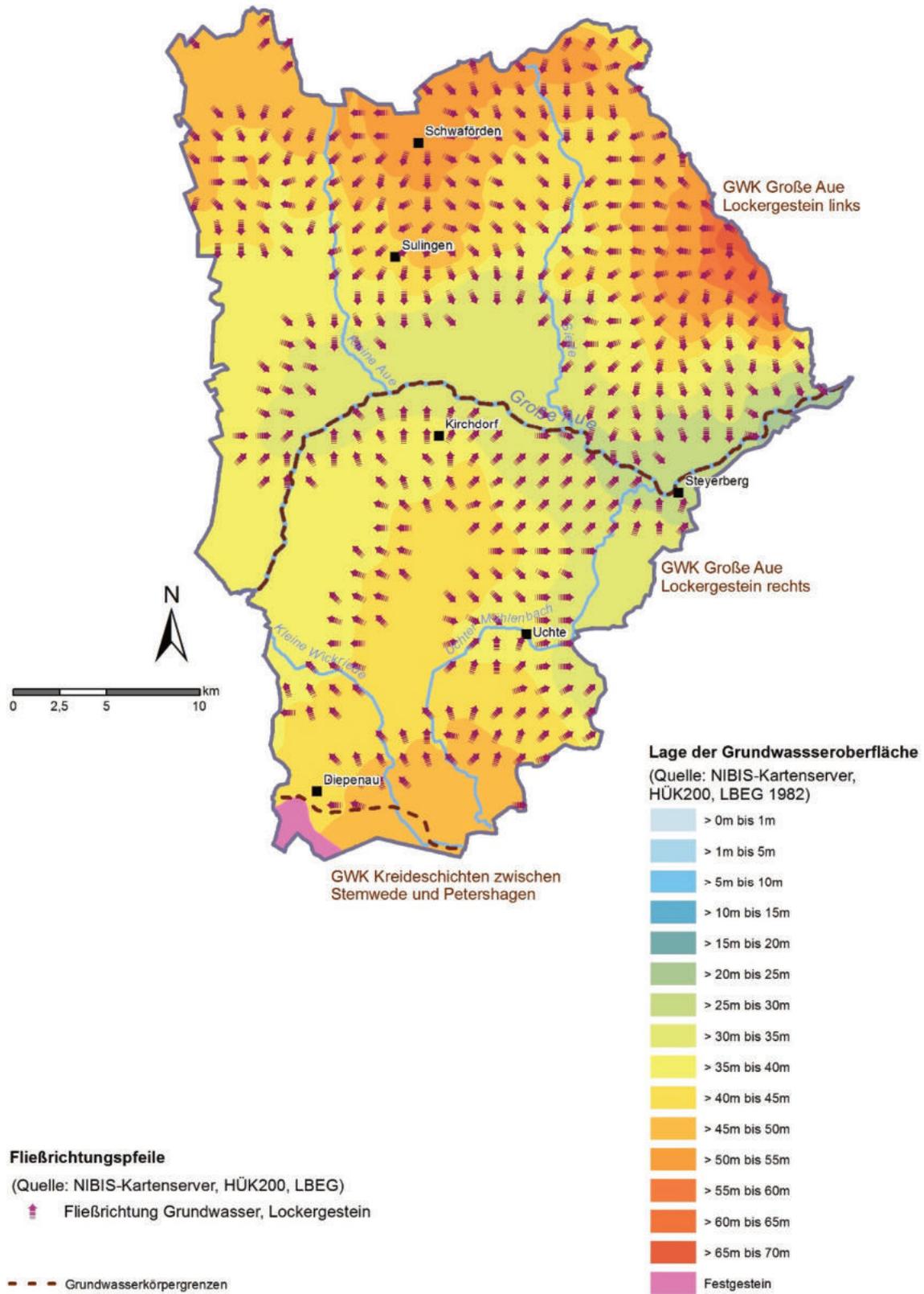


Abb. 20: Lage der Grundwasseroberfläche und Hauptfließrichtungen des Grundwassers im Einzugsgebiet der Großen Aue.

2.5.1 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 in Richtung Grundwasser versickerten, dann aber von Pflanzenwurzeln aufgenommen wurden und verdunsten. Unerheblich ist der Ort der Versickerung. In vielen Fällen fließen die auf die Erdoberfläche fallenden Niederschläge streckenweise oberflächlich ab und versickern später an entfernteren Stellen (MU 1997). Die Grundwasserneubildungsrate ist unter anderem abhängig von den vorherrschenden klimatischen Bedingungen (siehe Kap. 2.4) und damit auch von den, 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 dabei der Niederschlag, die Verdunstung und der Anteil des Oberflächenabflusses. Durch menschliche Einwirkung, beispielsweise durch die Absenkung der Grundwasseroberfläche infolge von Wasserförderung, kann sich die Verdunstung erheblich vermindern, wenn der Grundwasserspiegel früher oberflächennah lag (MU 1997). Die durchschnittliche Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Großen Aue beträgt 123 mm/a, variiert jedoch im Einzugsgebiet je nach naturräumlicher Lage zwischen einer Grundwasserzehrung bis 110 mm/a und einer Neubildung bis 450 mm/a (Abb. 21). Als Berechnungs-

grundlage dienen Daten der Grundwasserneubildung nach dem Modell „Großflächiger Wasserhaushalt“ (GROWA), die im Rahmen des Projektes AGRUM-Niedersachsen (2014) für den Zeitraum 1981 bis 2010 ermittelt worden sind (Johann Heinrich von Thünen-Institut 2015). Eine Übersicht der Grundwasserneubildung innerhalb der drei GWK des Große Aue-Einzugsgebietes zeigt Tab. 6. Die durchschnittliche Grundwasserneubildung der einzelnen GWK entspricht dem Durchschnitt des Einzugsgebietes. In Gebieten mit extrem hohen Grundwasserständen kann die Höhe der Landverdunstung bis auf das Niveau der Verdunstung von Wasserflächen (potentielle Verdunstung) steigen. Wenn die Verdunstung höher ist als die Neubildung, kann es zu einer Grundwasserzehrung (negative Grundwasserneubildung) kommen. Im Einzugsgebiet der Großen Aue ist dies insbesondere im Bereich des Hauptgewässers der Fall. Zudem zeigen relativ große Bereiche zwischen Kirchdorf und Sulingen Zehrgebiete an. Hier weisen Flurbezeichnungen wie Aller Bruch, Sulinger Bruch und Siedener Bruch auf feuchte Niederungsstandorte hin.

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. 6: Grundwasserneubildung innerhalb der GWK des Große Aue-Einzugsgebietes nach GROWA, Projekt „AGRUM-Niedersachsen“ (Johann Heinrich von Thünen-Institut 2015).

GWK	Fläche [km ²]	Grundwasserneubildung [mm/a]
Große Aue Lockergestein links	614,05	125
Große Aue Lockergestein rechts	399,14	122
Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen	17,62	124
Gesamt	1030,82	123

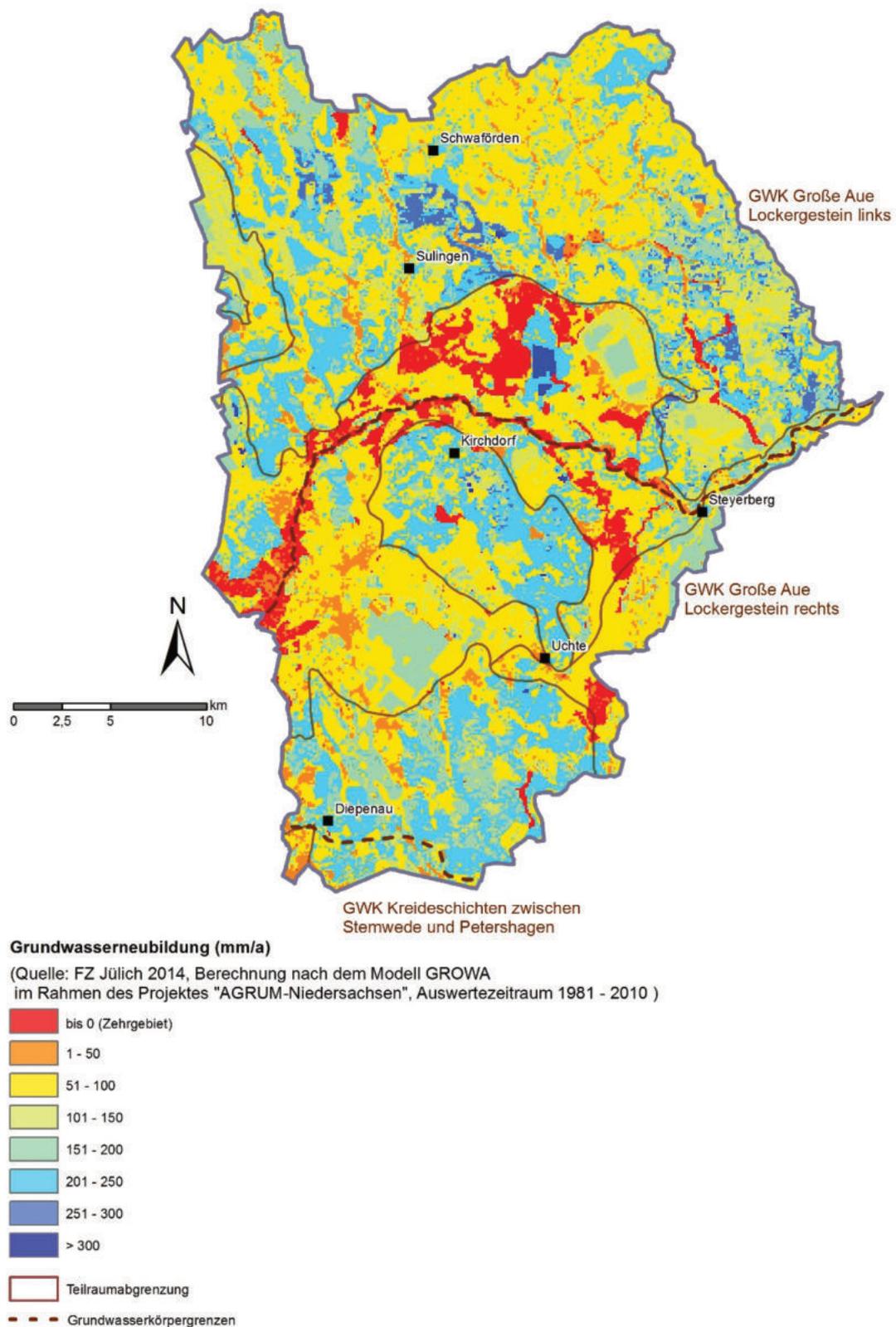


Abb. 21: Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Großen Aue.

2.5.2 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 1997). In der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2016) wird der Grenzwert von 250 mg/l Chlorid im Trinkwasser mit der korrosiven Wirkung chloridhaltiger Wässer in den Rohrleitungen begründet.

Im Große Aue-Einzugsgebiet sind im Untergrund zahlreiche Versalzungsstrukturen wie

Salzkissen und vor allem Salzintrusionen vorhanden (Abb. 22). Nach Auswertungen der HUEK200 ist jedoch für das Gebiet keine Versalzung der Grundwasserleiter erkennbar. Mögliche Ursachen von Chloridanreicherungen wie Ablaugungen von Salzvorkommen, Auslaugungen von Salzen und Mineralen oder eine Mobilisierung von Salzwässern aus marinen Sedimenten bzw. Aufstieg versalzter Tiefenwässer kommen nicht zum Tragen.

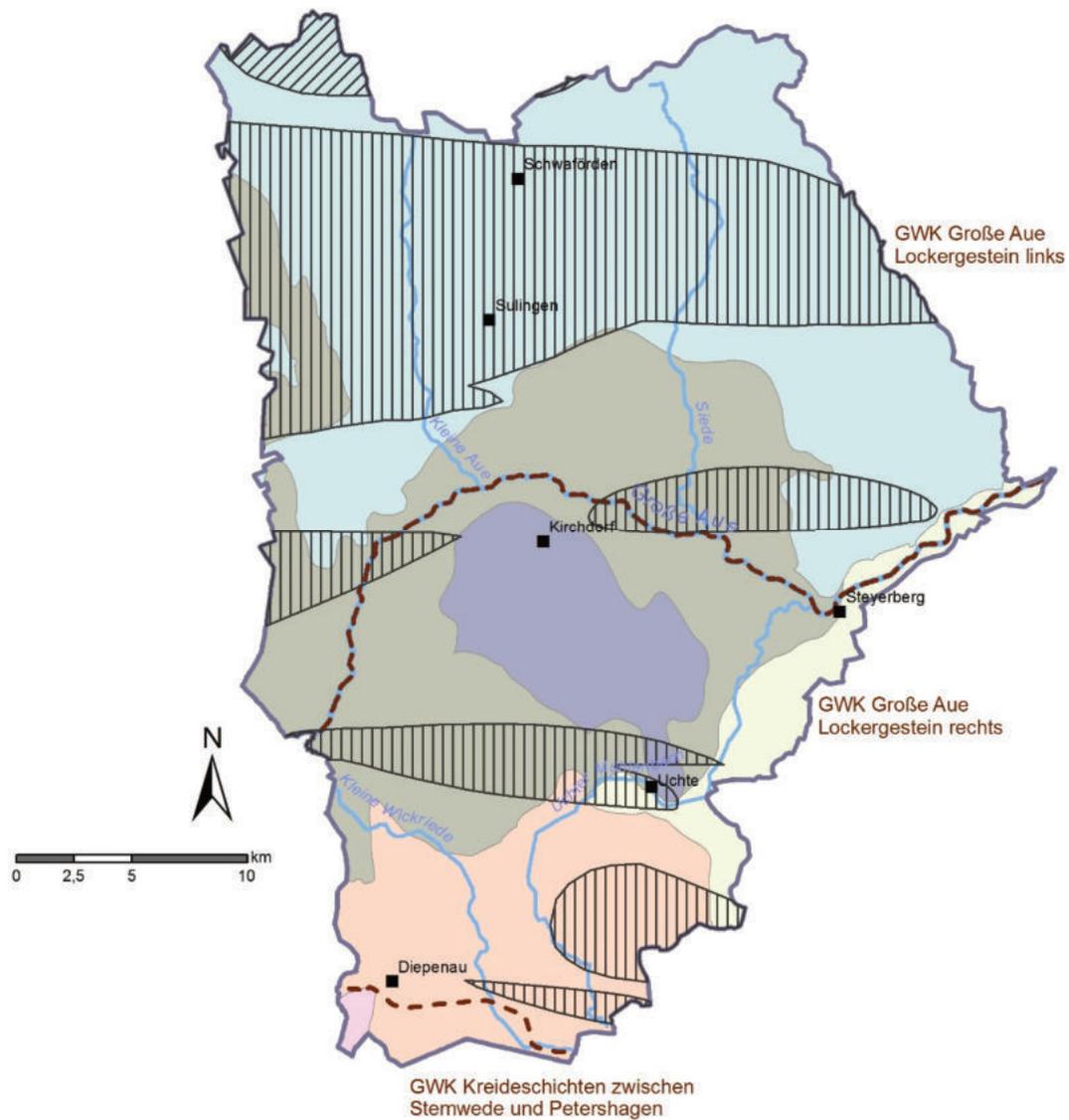
Als anthropogene Quelle erhöhter Chloridgehalte im Grundwasser kann die Verwendung von Kalidüngern genannt werden. Kalidünger enthalten Kaliumchlorid und meist als Nebenbestandteil Natriumchlorid (Kölle 2010). Kölle (2010) konnte eine Korrelation zwischen den Chloridgehalten im Grundwasser und dem Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen 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 8.2.7 vorgestellt.

Kurzinformation: Kap. 2 Gewässerkundliche Rahmenbedingungen

- Die Größe des Große Aue-Einzugsgebietes innerhalb Niedersachsens beträgt 1.031 km².
- Im Einzugsgebiet sind zum größten Teil Lockergesteine vorhanden, lediglich am Südrand stehen Festgesteine an.
- Das Einzugsgebiet der Großen Aue schneidet sechs hydrogeologische Teilräume an. Drei Geestgebiete (Syker Geest, Böhrde Geest, Diepenauer Geest), zwei Niederungsgebiete (Diepholzer Moorniederung, Mittelweser-Aller-Leine Niederung) sowie der Festgesteinsbereich Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes werden abgegrenzt.
- Grundwasserbeeinflusste Böden sind mit 19% stark im Einzugsgebiet vertreten. Mit 12% bzw. 7% sind auch Hochmoore und Niedermoore von großer Bedeutung im Gebiet.
- Die Trinkwasserversorgung im Einzugsgebiet der Großen Aue erfolgt zu 100% aus dem Grundwasser.
- Die Grundwasserneubildung beträgt im Große Aue-Gebiet durchschnittlich 123 mm/a und variiert zwischen einer Grundwasserzehrung von -110 mm und einer Grundwasserneubildung von 450 mm im Jahr.
- Zahlreiche Versalzungsstrukturen sind im Untergrund des Einzugsgebietes vorhanden. Eine Versalzung der Grundwasserleiter ist nicht nachweisbar.



Hydrogeologische Teilräume

(Quelle: NIBIS-Kartenserver, HÜK500, LBEG 2004)

- Syker Geest
- Diepholzer Moomiederung und Rinne von Hille
- Böhre Geest
- Mittelweser-Aller-Leine Niederung
- Diepenauer Geest
- Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes

Versalzungsstrukturen

(Quelle: NIBIS-Kartenserver HÜK200, LBEG, 1987, Salzstrukturen Norddeutschlands 1:500.000, BGR, 2008)

- Salzintrusion
- Salzkissen

Grundwasserkörpergrenzen

Abb. 22: Versalzungsstrukturen im Einzugsgebiet der Großen Aue.

3 Agrarwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Flächennutzung im Einzugsgebiet der Großen Aue 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. Auch Bodenbearbeitung, Dränagen und Meliorationsmaßnahmen sowie Grundwasserentnahmen für Beregnung und Viehtränke beeinflussen den Wasserhaushalt.

Bei Kulturen wie Mais, Kartoffeln oder Raps muss nach der Ernte mit hohen Gehalten an mineralischem Stickstoff (Herbst-N_{min}) 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 die Stickstoff-Problematik zunehmend (Kap. 3.2). 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.

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. Kaliumkonzentrationen über 3 mg/l im Grundwasser können auf einen Nutzungseinfluss hinweisen (Tab. 7). 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.

Schwermetallkontaminationen des Bodens und damit verbundene Belastungen des Grundwassers können ebenfalls durch die landwirtschaftliche Düngepraxis hervorgerufen werden.

Tab. 7: Belastungsklassen für Nitrat und Kalium (LANU 2003).

Nitrat [mg/l]	Kalium [mg/l]	Bewertung/Belastungsklassen
0 - 10	0 - 3	Konzentration oftmals in natürlichen oder naturnahen 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 pro kg P₂O₅ unzulässig.

Wirtschaftsdünger, insbesondere Schweinegülle, 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 PSM liegt nach der TrinkwV (2016) 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 sowie von

Gärtnereien und Privatpersonen eingesetzt. Herbizide haben hierbei eine große Bedeutung (siehe Kap. 8.2.13).

Landesweite Auswertungen zur PSM-Belastung in Niedersachsen können den Themenberichten „Pflanzenschutzmittel – Wirkstoffe und Metaboliten im Grundwasser, Datenauswertung 1989 bis 2013“ und „Pflanzenschutzmittel II – Wirkstoffe und Metaboliten im Grundwasser, Datenauswertung 2000 bis 2016“ des NLWKN entnommen werden (NLWKN 2015a, NLWKN 2020).

Neben der Grundwassergüte unterliegt auch die Grundwassermenge unter anderem 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, Begradigungen von Oberflächengewässern und Bodenversiegelung.

3.1 Landwirtschaftliche Strukturen

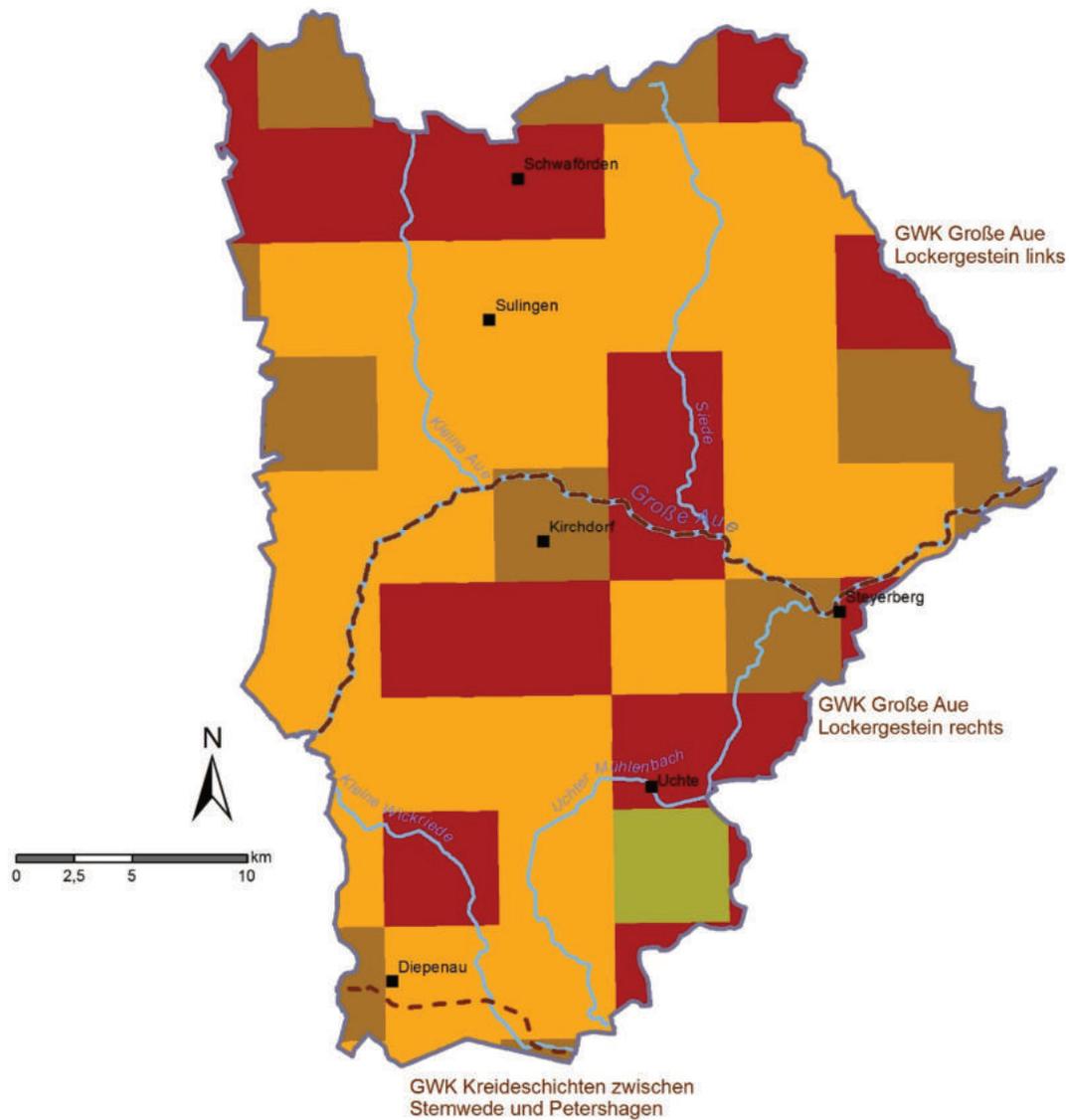
Das Einzugsgebiet der Großen Aue ist landwirtschaftlich geprägt (Kap. 2.2.1). Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen stellen eine Belastungsquelle für das Grundwasser dar. Das Einzugsgebiet Große Aue ist 1.031 km² groß. Der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) daran beträgt mit 67.274 ha (Netto-Feldblockfläche 2017) rund 65%. Die landwirtschaftlichen Betriebe bewirtschaften im Große Aue-Gebiet durchschnittlich 60 ha LF

(Berechnungen der Gemeindeergebnisse der Agrarstrukturerhebung, LSN 2018). Der Viehbesatz liegt mit 1,07 Großvieheinheiten (GV) pro ha LF unter dem durchschnittlichen Viehbesatz in Niedersachsen mit 1,22 GV pro ha LF (LSN 2018, ML 2019). In den Geestgebieten des Betrachtungsgebietes ist die Veredelung die vorherrschende betriebliche Ausrichtung. Die Niederungsgebiete sind durch Futterbau geprägt (Abb. 23).

Anbau

Die Ermittlung der landwirtschaftlichen Anbauverhältnisse beruht auf der Datenbasis der Feldblockdaten 2017 (InVeKos-Daten 2017, Servicezentrum für Landentwicklung und Agrarförderung (SLA, 2019)). Die Flächendaten werden dabei auf Ebene des Flusseinzugsge-

bietes Große Aue zusammengefasst dargestellt bzw. auf Teilraum-Ebene regional differenziert betrachtet (Abb. 24 bzw. Abb. 25). Demnach weist das Flusseinzugsgebiet Große Aue auf Ebene der Teilräume große Unterschiede in der landwirtschaftlichen Struktur auf.



Vorherrschende betriebswirtschaftliche Ausrichtung (BWA)

(Quelle: Atlas Agrarstatistik,
Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2018,
Landwirtschaftszählung 2016)

- keine vorherrschende BWA
oder geheim zu halten
 - Ackerbaubetriebe
 - Gartenbaubetriebe
 - Dauerkulturbetriebe
 - Futterbaubetriebe
(Weidewirtschaft)
 - Veredelungsbetriebe
 - Pflanzen- und/oder
Viehhaltungsverbundbetriebe
- - - Grundwasserkörpergrenzen

Abb. 23: Vorherrschende betriebliche Ausrichtung der landwirtschaftlichen Betriebe im Einzugsgebiet der Großen Aue.

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

Im Einzugsgebiet Große Aue nimmt der Wintergetreideanbau mit 35% den größten Anteil ein. Daneben spielt Silomais (28%) eine große Rolle. Körnermais hingegen wird nur in geringem Umfang (1%) angebaut. In einem größeren Umfang wird Grünlandwirtschaft (17%) betrieben.

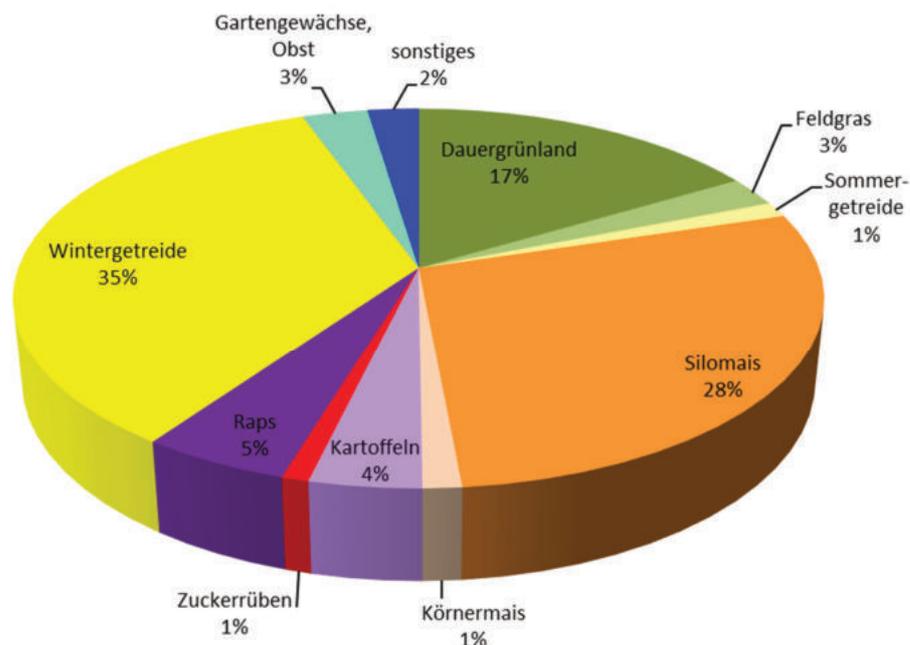


Abb. 24: Anbauverhältnisse im Einzugsgebiet der Großen Aue (Auswertung der InVeKos-Daten 2017).

Die unterschiedlichen Bodenverhältnisse in den Teilräumen spiegeln sich in den Anbauverhältnissen wider (Abb. 25). Der Grünlandanteil ist in der Diepholzer Moorniederung höher als auf den Geeststandorten. Auf den ackerfähigen Flächen der Moorniederung nimmt Silomais einen höheren Anteil ein als der Getreideanbau. Auch auf abgetorften Hochmoorstandorten wird verstärkt Silomais angebaut. In der Böhrde Geest überwiegt ebenfalls der Maisanbau. Der Anbau von Sonderkulturen,

wie beispielsweise der Heidelbeeranbau auf Hochmoorstandorten, wird in großem Umfang betrieben. In der Syker Geest, der Mittelweser-Aller-Leine Niederung innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue sowie in der Diepenauer Geest dominiert der Getreideanbau. Die Abb. 26 zeigt Impressionen der Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Großen Aue.

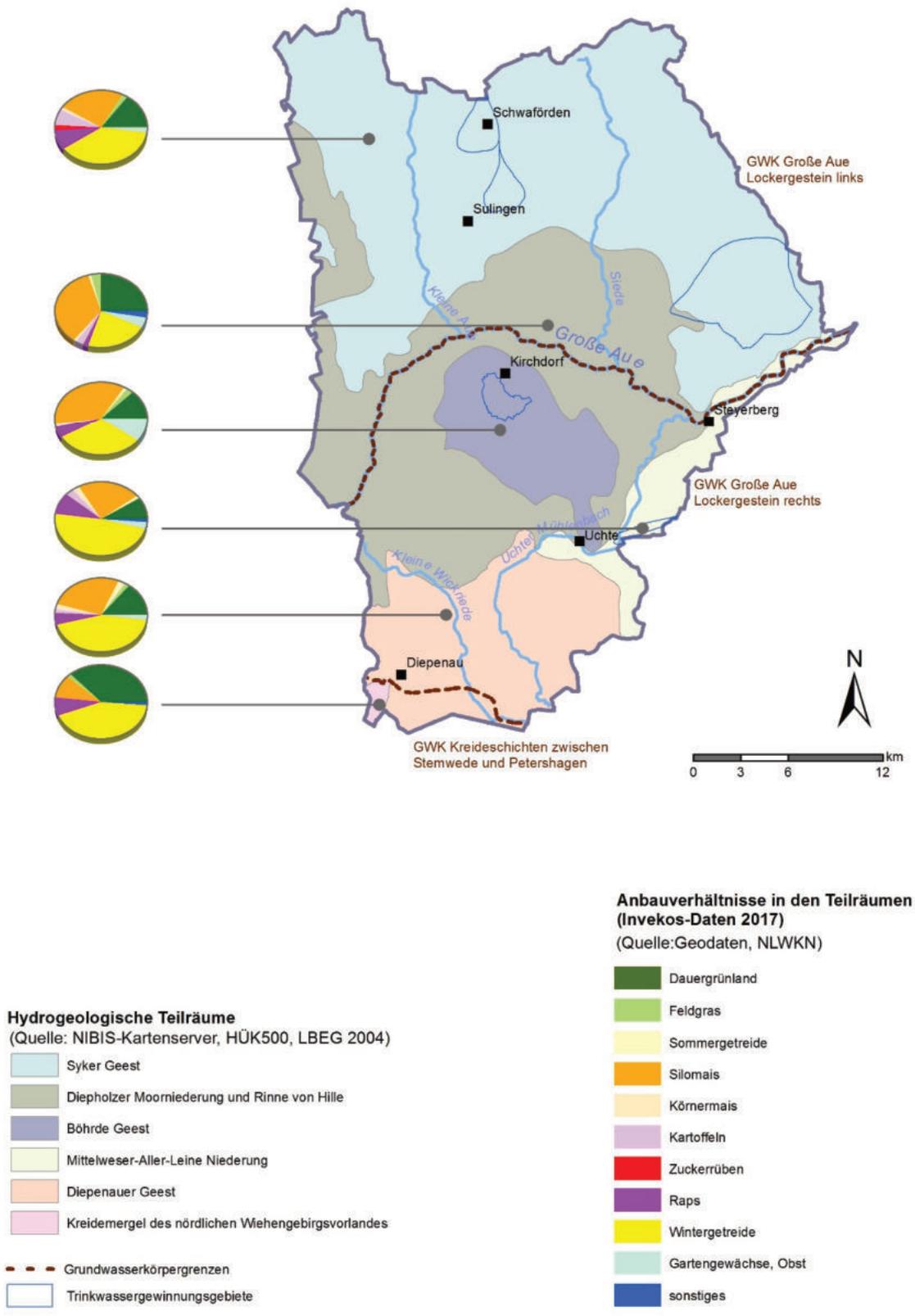


Abb. 25: Anbauverhältnisse im Jahr 2017 (InVeKos-Daten) innerhalb der Teilräume des Große Aue-Gebietes.



Der Getreideanbau dominiert in der Syker Geest



Auf den ehemaligen Hochmoorstandorten wird verstärkt Silomais angebaut.



Auf den Hochmoorstandorten im Einzugsgebiet der Großen Aue wird Heidelbeeranbau betrieben.



Auch in der Diepenauer Geest wird zum größten Teil Getreide angebaut.

Abb. 26: Die landwirtschaftlichen Anbauverhältnisse variieren im Einzugsgebiet der Großen Aue stark.

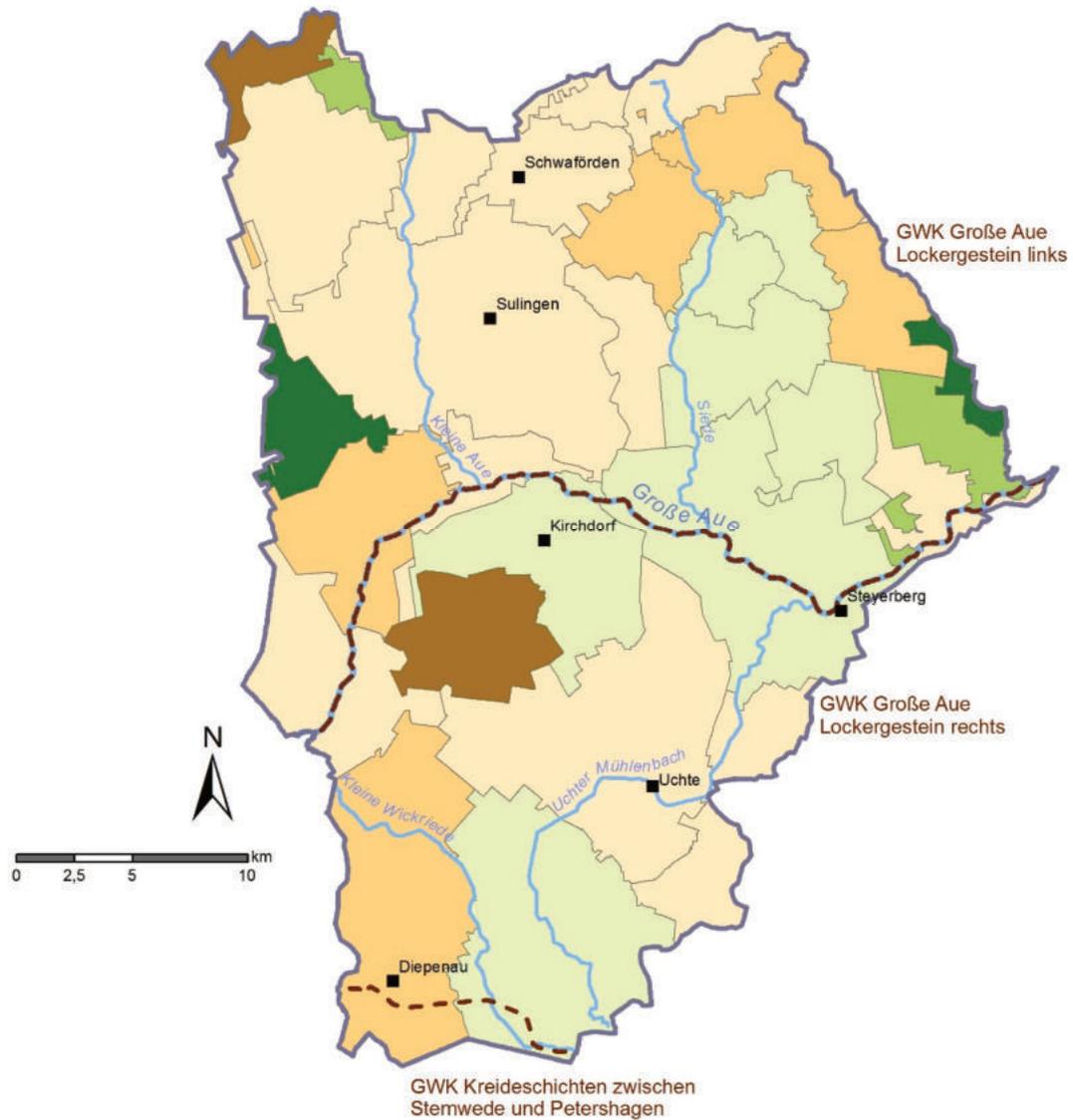
Tierhaltung

Der Viehbesatz beträgt im Einzugsgebiet der Großen Aue 1,09 GV/ha LF. Für die Berechnung wurden Gemeindedaten der Landwirtschaftszählung 2016 (LSN 2018) herangezogen. Innerhalb des Gebietes sind große regionale Unterschiede festzustellen. Ein sehr geringer Viehbesatz besteht im Westen des Einzugsgebietes mit 0,38 GV/ha in der Gemeinde Wehrbleck (LK Diepholz) und im Osten in der Gemeinde Marklohe (LK Nienburg) mit 0,4 GV/ha LF. Ein hoher Viehbesatz ist mit 1,68 GV/ha LF in der Gemeinde Twistring (LK Diepholz) am nördlichen Rand des Einzugsgebietes und mit 1,62 GV/ha in der Gemeinde Bahrenborstel (LK Diepholz) südlich von Kirchdorf vorhanden (Abb. 28).

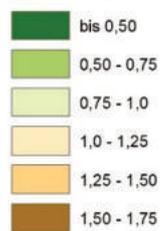
Die Rinderhaltung dominiert in der Diepholzer Moorniederung (Abb. 27). In den Geestgebieten ist auch die Schweinemast ein prägender landwirtschaftlicher Produktionszweig. Die regionale Verteilung der Rinder- und Schweinehaltung kann den Auswertungen der Agrarstrukturerhebung 2016 der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder im Online-Atlas Agrarstatistik (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2018) entnommen werden (Abb. 29).



Abb. 27: Weidehaltung in der Diepholzer Moorniederung.



**Viehbesatz in Großvieheinheiten (GV)
je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF)
Gemeindeebene**
(Quelle: Agrarstrukturerhebung 2016, LSN 2018, ergänzt)



- - - Grundwasserkörpergrenzen

Abb. 28: Viehbesatz im Einzugsgebiet der Großen Aue.

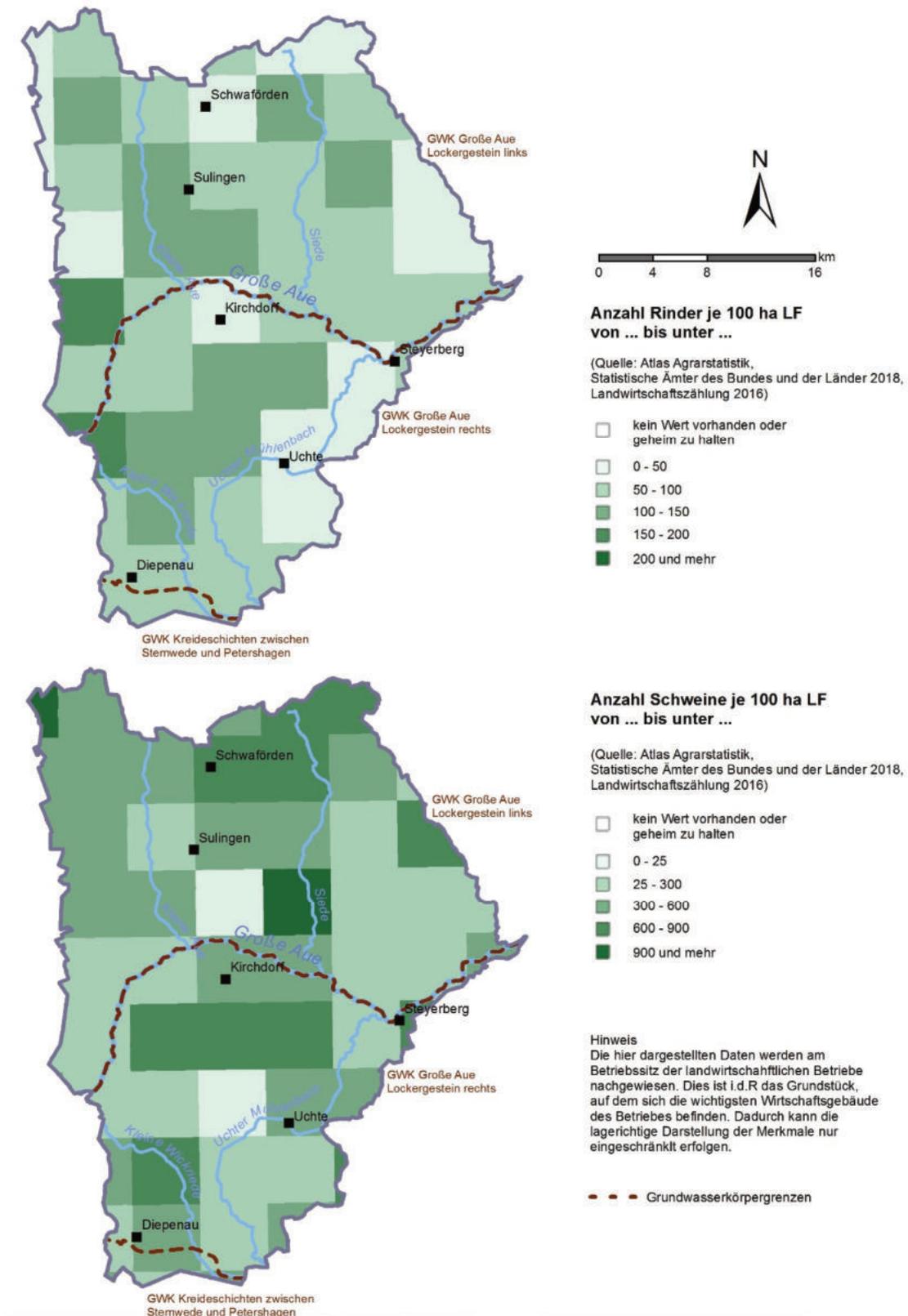
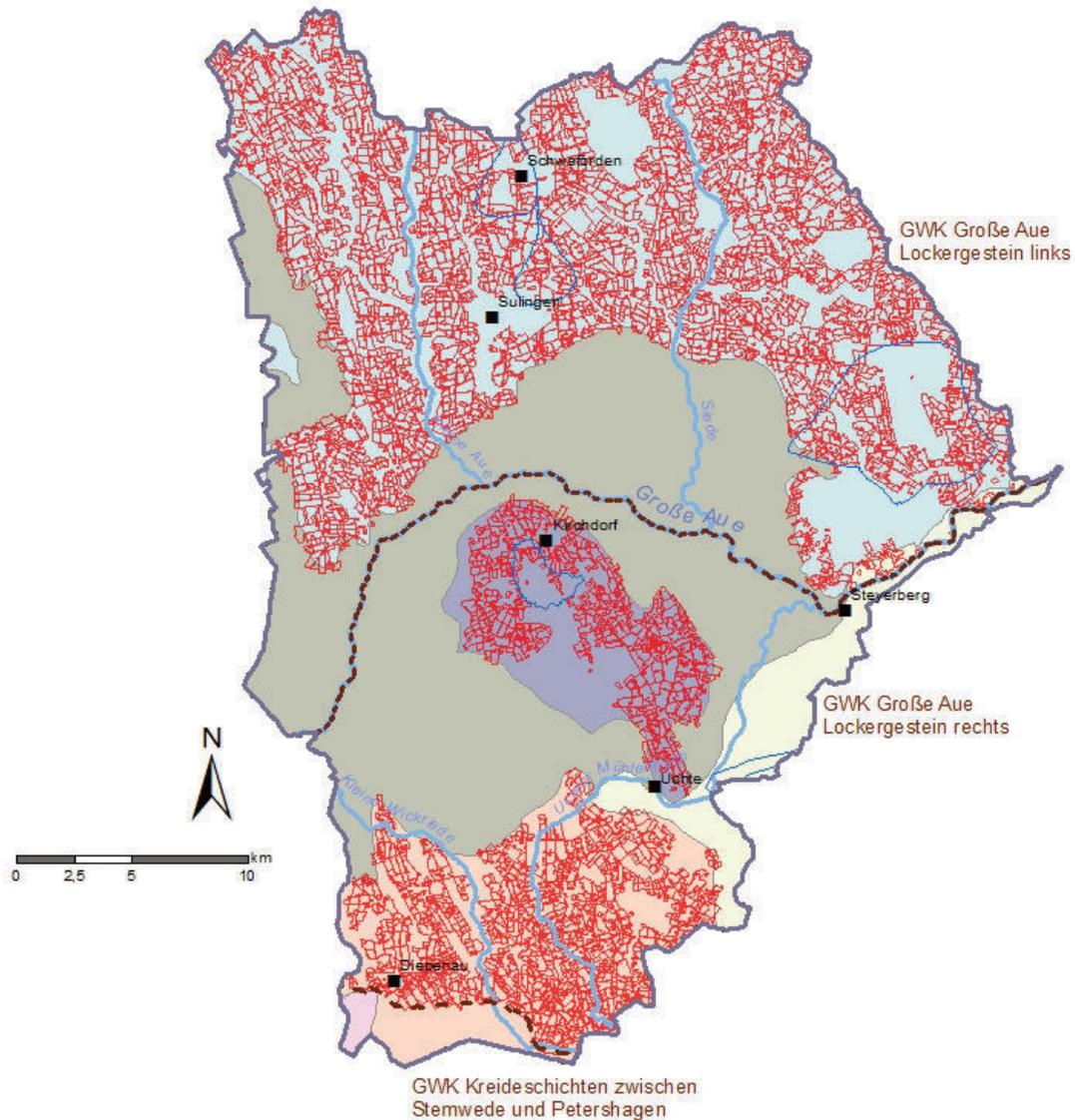


Abb. 29: Rinder- und Schweinehaltung im Einzugsgebiet der Großen Aue.

Gebietskulisse Grundwasser

Nach § 13a DüV (2020) haben die Landesregierungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat oder Phosphat Rechtsverordnungen zu erlassen. Mit Hilfe der Länderverordnung sollen in belasteten Wasserkörpern Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft verringert und damit die Umweltziele der EG-WRRL 2000 erreicht werden. Weiteren Verfahren der EU-Kommission wegen Nichtumsetzung der EG-Nitratrichtlinie (EG-NitratRL 1991) soll dadurch entgegengewirkt werden. Damit ist die Pflicht verbunden nitrat- und phosphatsensible Gebiete nach einer vom Bund erlassenen allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) auszuweisen. Niedersachsen hatte 2019 erstmalig entsprechende Gebiete über die düngerechtlichen Anforderungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat oder Phosphat (NDüngGewNPVO 2019) benannt. Auf Grundlage der AVV ist die NDüngGewNPVO 2021 neu gefasst und die Gebietskulisse Grundwasser neu ausgewiesen worden. Als phosphatsensible Gebiete gemäß Landesverordnung ist bisher eine Seengebietskulisse ausgewiesen, wobei das Einzugsgebiet der großen Aue nicht betroffen ist. In

den roten GWK gemäß aktueller WRRL-Bewertung erfolgt die immissionsbasierten Binnendifferenzierung auf Typflächen/Teilraumebene. In den grünen GWK mit Schwellenwertüberschreitungen oder steigendem Trend oberhalb von 37,5 mg/l Nitrat wird eine Regionalisierung durchgeführt. Nach der erfolgten Binnendifferenzierung werden Emissionsdaten berücksichtigt, um die Ausweisung stärker am Verursacherprinzip auszurichten. Flächen mit einer potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser von 50 mg/l oder höher, gelten als Flächen mit hohem Emissionsrisiko. Die Kulisse der mit Nitrat belasteten Gebiete umfasst nach NDüngGewNPVO 2021 eine Fläche von ca. 24,5% der LF Niedersachsens. Zukünftig soll die immissionsbasierte Abgrenzung von hydrogeologischen und hydraulischen Typflächen und Teilraum-Ansatz auf eine Regionalisierung umgestellt werden. Da das bestehende Ausweisungsmessnetz gegenwärtig nicht flächendeckend die Anforderungen der AVV an eine Regionalisierung erfüllt, soll dies in mehreren Phasen erfolgen (ML 2021).



Hydrogeologische Teilräume
(Quelle: NIBIS-Kartenserver, HÜK500, LBEG 2004)

- Syker Geest
- Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille
- Böhrde Geest
- Mittelweser-Aller-Leine Niederung
- Diepenauer Geest
- Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes
- Grundwasserkörpergrenzen
- Trinkwassergewinnungsgebiete

Düngerechtliche Anforderungen zum Schutz der Gewässer (NDüngGewNPVO 2021)

(Quelle: Servicezentrum für Landentwicklung und Agrarförderung SLA 2021)

- Nitratkulisse auf Feldblockebene

Abb. 30: Gebietskulisse Grundwasser 2021 (Nitrat-Kulisse) zum erhöhten Schutz der Gewässer über düngerechtliche Anforderungen (NDüngGewNPVO 2021) im Einzugsbereich der Großen Aue.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue sind 35.477 ha LF als Nitratkulisse ausgewiesen. Das entspricht 50,7% der gesamten LF des Einzugsgebietes.

In der Gebietskulisse Grundwasser gelten 7 bundesrechtliche Anforderungen gemäß § 13a Abs.2 DüV und drei über die Landesverordnung geregelte Maßnahmen (Tab. 8).

Tab. 8 Einhaltung von Vorgaben in der Gebietskulisse Grundwasser (ML 2021)

Rechtliche Anforderungen	Gebietskulisse Grundwasser NDüngGewNPVO 2021
Bundesrechtliche Anforderungen gemäß §13a Abs. 2 DüV	<p>Reduzierung des ermittelten N-Düngebedarfs um 20% im Durchschnitt der Fläche die innerhalb der Gebietskulisse liegen. <u>Ausnahme:</u> Gilt nicht für Betriebe, die im Durchschnitt ihrer Flächen im belasteten Gebiet nicht mehr als 160 kg Gesamt-N/ha und davon nicht mehr als 80 kg Gesamt-N/ha in Form von mineralischen Düngemitteln aufbringen.</p> <p>Einhaltung einer schlagbezogenen N-Obergrenze von 170 kg N/ha für die Aufbringung von organischen Düngemitteln. <u>Ausnahme:</u> Gilt nicht für Betriebe, die im Durchschnitt ihrer Flächen im belasteten Gebiet nicht mehr als 160 kg Gesamt-N/ha und davon nicht mehr als 80 kg Gesamt-N/ha in Form von mineralischen Düngemitteln aufbringen.</p> <p>Erweiterung der Sperrfrist um 4 Wochen auf Grünland und Ackerland mit mehrjährigem Futterbau (1.10. - 31.01.) Erweiterung der Sperrfrist um 4 Wochen für das Aufbringen von Festmist von Huf- und Klautentieren und Kompost (01.11. - 31.01.)</p> <p>Verbot der Aufbringung von Düngemitteln mit einem wesentlichen N-Gehalt zu Wintergerste, Zwischenfrüchten ohne Futternutzung und Winterraps im Herbst. <u>Ausnahme:</u> Eine N-Herbstdüngung zu Winterraps ist zulässig, wenn der Nmin-Wert im Boden 45 kg N/ha nicht überschreitet. Zwischenfrüchte ohne Futternutzung können mit Festmist oder Kompost bis zu 120 kg Gesamt-N gedüngt werden.</p> <p>Beschränkung der N-Menge über flüssige organische Düngemittel einschließlich flüssiger Wirtschaftsdünger auf Grünland und Ackerland mit mehrjährigem Feldfutterbau auf 60 kg N/ha innerhalb des Zeitraumes vom 01.09. – 30.09.</p> <p>Zwischenfruchtanbaugesamt, sofern die nachfolgende Sommerung ab 01.02. gedüngt werden soll. <u>Ausnahme:</u> Ernte der Vorrucht nach dem 01.10. oder Gebiet mit < 550 mm Niederschlag im langjährigen Mittel (gilt erstmalig für Sommerungen, die in 2022 angebaut werden)</p>
NDüngGewNPVO 2021	<p>Verpflichtende eigene Frühjahrs-Nmin-Proben je Schlag/Bewirtschaftungseinheit nach den Vorgaben der Ausführungshinweise (gilt erstmalig ab Frühjahr 2022)</p> <p>Einarbeitung von organischen, organisch-mineralischen Düngemitteln auf unbestelltem Ackerland innerhalb 1h.</p> <p>Betriebliche, schlagspezifische Meldepflichten in ENNI (1. Meldung bis zum Ablauf des 31.03.2022)</p>

3.2 Biogas und Flächennutzung

Ein energiepolitisches Ziel Deutschlands ist es, im Jahre 2050 ca. 80 % des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien zu decken (BMWi 2020). Durch das seit dem Jahr 2000 bestehende Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) soll eine entsprechende Entwicklung vorangetrieben werden. Die EEG-Novelle 2004 zu Nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) und die EEG-Neuregelung von 2009 (NawaRo-Bonus, Gülle-Bonus) führten zu einem starken Anstieg der Anlagendichte. Die zusätzlichen Vergütungsansprüche für den Einsatz von NawaRo sowie für den Einsatz von Gülle 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.

Die Politik reagierte mit dem EEG 2012 auf die zunehmend kritische Diskussion um die Biogaserzeugung. Insbesondere sollten die negativen Folgen zunehmender Flächenkonkurrenz zur Lebensmittel- und Futtermittelproduktion aufgrund erhöhter Maisnutzung für energetische Zwecke begrenzt werden (BMELV 2012). Daher stärkte 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 höherer Vergütung. Dadurch sollte ein Anreiz zur Verwendung dieser Einsatzstoffe gegeben werden (BMELV 2012). Mit der Absenkung der Vergütung für Stoffe der Vergütungsklasse I wurde der übermäßigen Mais- und Getreidekornverwendung entgegengewirkt. Der Gesamt-Anteil an Maissilage, Getreidekorn, Corn-Cob-Mix (CCM) und Lieschkolbensilage (LKS) wurde dabei auf 60 Masse% in einer Biogasanlage begrenzt.

Das 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 und neue Regelungen bzgl. der Höchstbemessungsleistung werden 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).

Seit Einführung des EEG 2017 wird die Vergütung des erneuerbaren Stroms über eine wettbewerbliche Ausschreibung geregelt, um eine Überförderung auszuschließen.

Die regionale Verteilung der Biogasanlagen in Niedersachsen ist sehr unterschiedlich. Als Schwerpunktgebiet der Biogaserzeugung (Anlagenzahlen von 2018) kann neben den Landkreisen Emsland (178 Anlagen), Rotenburg/Wümme (150 Anlagen) und Cloppenburg (117 Anlagen) auch der innerhalb des Einzugsgebietes Große Aue mit dem größten Flächenanteil vertretene LK Diepholz (110 Anlagen) benannt werden (3N Kompetenzzentrum 2019). In Niedersachsen hat sich im Zeitraum von 2001 bis 2013 die Zahl der Biogasanlagen von 148 auf 1.546 mehr als verzehnfacht. Nach einer Phase mit einem starken Anlagenzubau insbesondere zwischen 2009 und 2011 ist seit 2013 bis heute nur ein geringer Anlagenzuwachs zu verzeichnen (3N Kompetenzzentrum 2019). Eine vergleichbare Entwicklung ist auch im LK Diepholz zu erkennen. Seit 2004 haben sich auch hier die Anlagenzahlen mehr als verzehnfacht. Ab 2011 stagniert der Zuwachs (LWK 2012, Abb. 32). Waren 2011 106 Anlagen im Betrieb, hat sich die Anzahl 2018 lediglich auf 110 Anlagen erhöht (3N Kompetenzzentrum 2014, 2017, 2019). Abb. 31 zeigt eine Biogasanlage im LK Diepholz.

Die Entwicklung im LK Nienburg ist vergleichbar (LWK 2013a), wenngleich die Anzahl der Anlagen hier deutlich geringer ist.



Abb. 31: Biogasanlage im LK Diepholz.

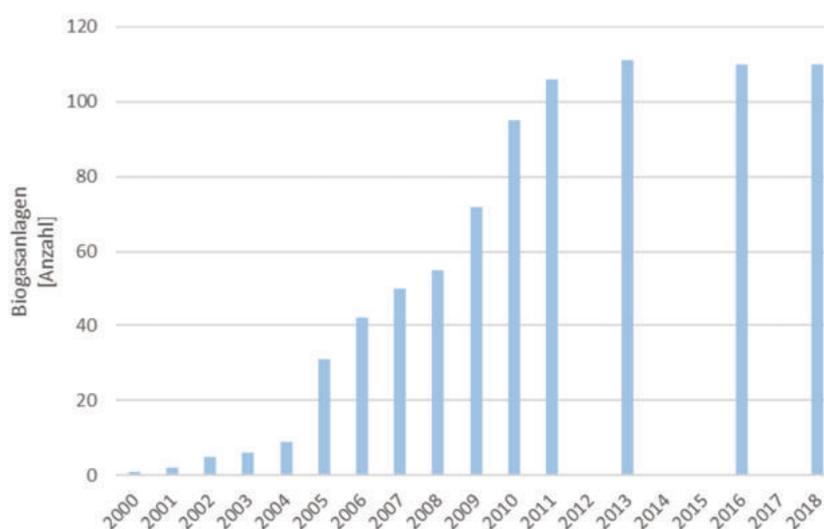


Abb. 32: Anzahl und installierte Leistung der Biogasanlagen im LK Diepholz (LWK 2012, 3N Kompetenzzentrum 2014, 2017, 2019), Entwicklung von 2000 bis 2018. Keine Angaben für die Jahre 2012, 2014, 2015, 2017.

Ein regionaler Vergleich von Landnutzung und Biogasanlagenzahl lässt sich durch die Angabe von installierter Leistung je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche herstellen (3N Kompetenzzentrum 2019). Die Biogasanlagen im gesamten Landkreis Diepholz weisen durchschnittlich eine flächenbezogene Leistung von 0,52 Kilowatt elektrischer Leistung pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche (kWel/ha LF) auf, Anlagen im LK Nienburg eine Leistung von 0,31 kWel/ha LF (3N Kompetenzzentrum 2019). Für die Gebietsanteile im Einzugsgebiet der Großen Aue können mit 0,71 bzw. 0,50 kWel/ha LF deutlich höhere Bemessungsleistungen ermittelt werden (Tab. 9). Die Bemessungsleistung im Einzugsgebiet ist mit 0,62 kWel/ha LF deutlich höher als der

Landesdurchschnitt von 0,32 kWel/ha LF (3N Kompetenzzentrum 2019).

Im Einzugsgebiet der Großen Aue befinden sich nach Angaben des Energieatlas Niedersachsen (Energieatlas Niedersachsen, 2017) 73 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 43.708 kWel in Betrieb (Abb. 33, Tab. 9). Durchschnittlich haben die Anlagen eine Leistung von 606 kWel (Tab. 9).

Für das Betreiben einer 500-Kilowatt-NawaRo-Anlage ist rechnerisch ein Flächenbedarf von etwa 180 ha notwendig. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass für das Verbringen des Gärrestes genau so viel Fläche veranschlagt wird wie für den Anbau des Gärsubstrates (z.B. Silomais). Gerechnet wird mit einem Flächenanteil von 0,36 ha pro Kilowattstunde (kWh)

(LWK 2013b). Bei Berücksichtigung der Faustzahlen besteht im Bereich der Großen Aue ein Flächenbedarf von 15.735 ha für das Ausbringen

gen der Gärreste. Somit stehen 23% der Gesamt-LF des Gebietes nicht für die Verbringung anderer Wirtschaftsdünger zur Verfügung.

Tab. 9: Anzahl und Leistung der Biogasanlagen innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue auf LK-Ebene (berechnet aus Daten des Energieatlas Niedersachsen Stand 2017).

Landkreis	Anzahl	Elektrische Leistung [kWel]	Durchschnittsleistung pro Anlage Ø [kWel]	Elektrische Leistung pro ha LF [kWel/ha LF]
Diepholz	48	29.862	622	0,71
Nienburg	25	14.346	574	0,50
Gesamt	73	43.708	606	0,62

Der deutliche Anstieg des Silomaisanbaus insbesondere im Zeitraum von 2009 bis 2012 korreliert mit dem Anstieg des Biogasanlagenbaus im Einzugsgebiet der Großen Aue. Im LK Diepholz, und vergleichbar im LK Nienburg, geht die Zunahme einher mit einem deutlichen Rückgang der Flächenstilllegung (Abb. 34, LWK 2015, LWK 2018). Im Ackerbau ist parallel dazu die Anbaufläche insbesondere für Wintergerste zurückgegangen. Die zunehmende energetische Silomaisnutzung führte folglich zur Anbaukonkurrenz mit anderen Feldfrüchten, die durch eine verstärkte Umwandlung von Dauergrünland in Ackerflächen

kompensiert wurde (LWK 2015, Abb. 35). Die Abkehr von der Flächenstilllegung und der landwirtschaftliche Strukturwandel mit einer deutlichen Abnahme der Milchviehbetriebe bzw. einem Trend zur Stallhaltung brachte darüber hinaus eine Reduzierung des Dauergrünlandes mit sich (LWK 2015).

Die Stagnation der Maisanbaufläche ab 2012 ist auf die energiepolitische Trendwende durch das EEG 2012 zurückzuführen, welches die energetische Nutzung von Silomais deutlich einschränkt.

Kurzinformation: Kap. 3 Agrarwirtschaftliche Rahmenbedingungen

- Wintergetreide (35%), Silomais (28%) und Dauergrünland (17%) nehmen die größten Anteile der landwirtschaftlich genutzten Fläche ein.
- Der Viehbesatz im Gebiet beträgt durchschnittlich 1,09 GV/ha LF.
- In den durch Dauergrünland geprägten Niederungsgebieten herrscht die Rinderhaltung vor. Die Geest wird durch Schweinehaltung dominiert.
- 73 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von 43.708 kWel bestehen im Große Aue-Gebiet.
- Die Leistung der Biogasanlagen pro Fläche ist mit 0,62 kWel/ha LF im landesweiten Vergleich sehr hoch.
- Der Zuwachs des Silomaisanbaus korreliert mit dem Zuwachs an NawaRo-Biogasanlagen.

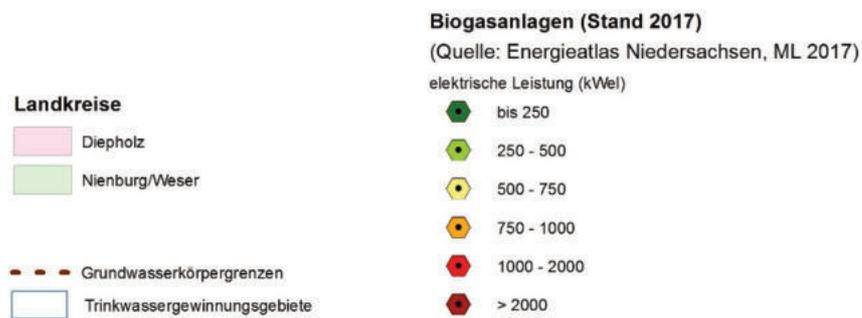


Abb. 33: Verteilung der Biogasanlagen im Große Aue-Einzugsgebiet.

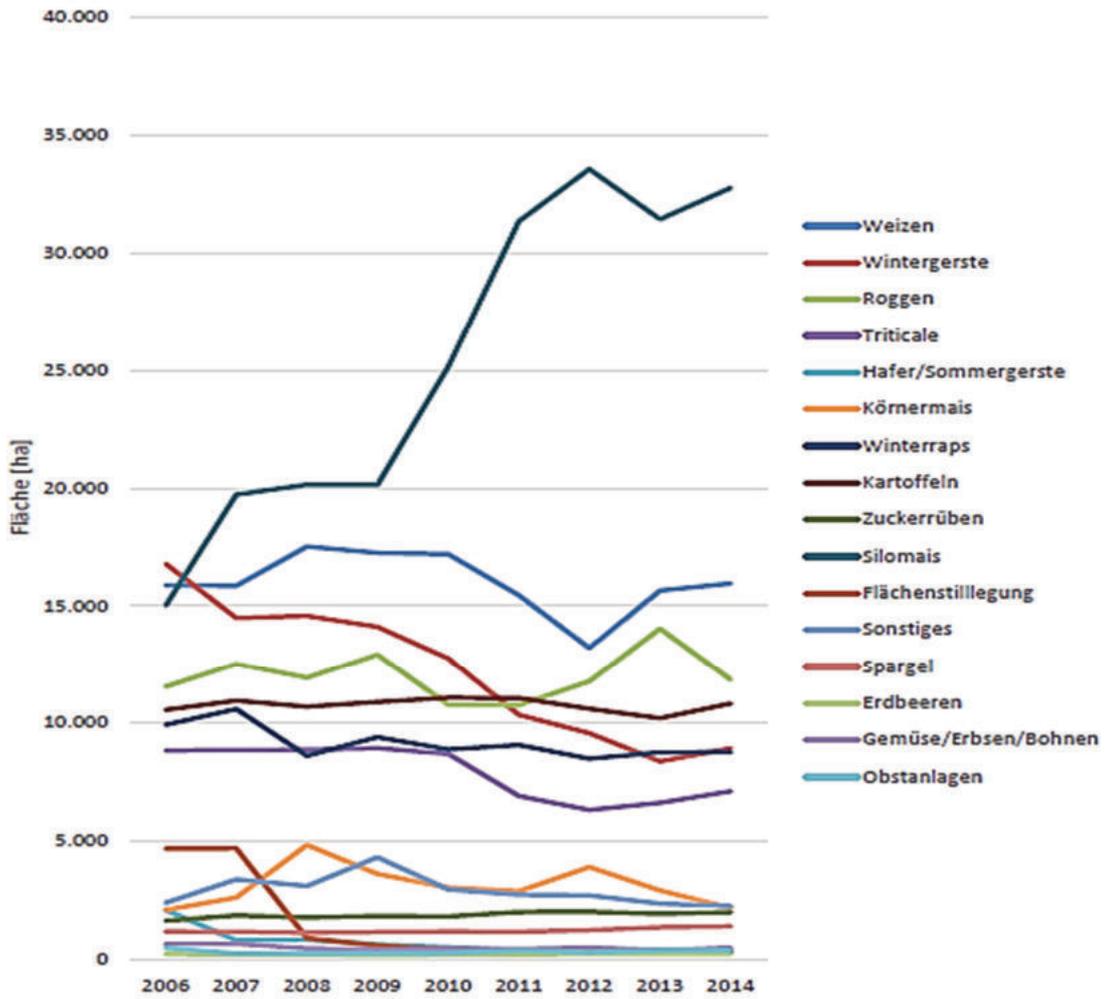


Abb. 34: Entwicklung der Anbaustrukturen der Ackerkulturen von 2006 - 2014 im LK Diepholz (LWK 2015).

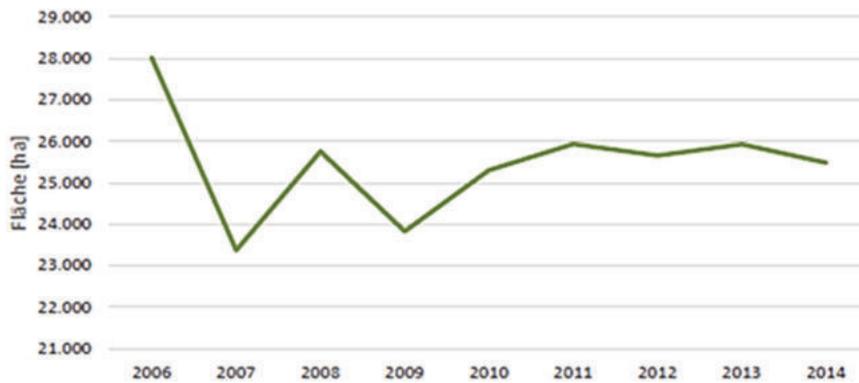


Abb. 35: Entwicklung der Dauergrünlandflächen im LK Diepholz von 2006 bis 2014 (LWK 2015).

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 (WHG 2009), welches durch das Niedersächsische Wassergesetz (NWG 2010) konkretisiert und ergänzt wird. 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-WRRL im Dezember 2000 mit dem Ziel, einen Beitrag für eine koor-

dinierte, 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 hinsichtlich Grund- und Oberflächengewässerbelange (Grundwasserrichtlinie, EGGWRL 2006 und Umweltqualitätsnormenrichtlinie, EG-UQNRL 2008) konkretisiert worden. Durch Änderung des WHG wurde die EG-WRRL (2000) in deutsches Recht umgesetzt. In der Grundwasserverordnung (GrwV 2010) und Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) 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

Um die Ziele der EG-WRRL (2000) 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 (vorbehaltlich etwaiger Fristverlängerungen) zu erreichen.

Zur Bewertung des guten chemischen Zustandes eines GWK sind in der GrwV (2010) Schwellenwerte für Nitrat (50 mg/l), Nitrit (0,5 mg/l), Ammonium (0,5 mg/l), Sulfat (250 mg/l), Chlorid (250 mg/l), ortho-Phosphat (0,5 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) und die Kohlenwasserstoffe (Summe Trichlorethylen und Tetrachlorethylen, 10 µg/l) festgelegt 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 und anthropogene Ursachen für Schadstoffeinträge ausgeschlossen werden können. Durch das Grundwasser darf 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 sollen das nutzbare Grundwasserangebot nicht überschreiten. Anthropogen hervorgerufene Änderungen der Grundwasserstände dürfen nicht die mit dem Grundwasser in Verbindung stehenden Oberflächengewässer beeinträchtigen oder grundwasserabhängige Landökosysteme schädigen. Ein Zustrom von Salzwasser oder andere Intrusionen müssen ausgeschlossen sein.

Die Aufstellung eines Bewirtschaftungsplans (Kap. 4.1.1) als Umsetzungs- und Kontrollinstrument ist das zentrale Element bei der Umsetzung der EG-WRRL. Planungsebene ist die jeweilige Flussgebietseinheit. Für das Große Aue-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. Der chemische und mengenmäßige Zustand wird anhand eines Monitoringprogramms überwacht. Dazu ist ein Überblicksmessnetz installiert worden, das der Beobachtung langfristiger Trends dient (NLWKN 2014). Das Grundprogramm wird jährlich, das Ergänzungsprogramm alle drei Jahre durchgeführt. Die Messstellen des operativen Monitorings sind problemorientiert angelegt (NLWKN 2014). Bei Messstellen mit Nitratgehalten über 5 mg/l wird das Grundprogramm ein weiteres Mal im Herbst durchgeführt. Belastungsparameter des Ergänzungsprogramms werden jährlich untersucht.

Auf Grundlage der festgestellten Belastungen und der Zustandsbewertung werden Maßnahmenprogramme (Kap. 4.1.1) 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 Grundlage dar. Zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben werden ergänzende Maßnahmen angeboten, die sich aus Agrarumweltmaßnahmen und einer Beratung für landwirtschaftliche Betriebe zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz zusammensetzen.

Alle Grundwasserkörper in Niedersachsen sind erstmalig 2009 hinsichtlich ihres mengenmäßigen und chemischen Zustandes bewertet worden. Eine Aktualisierung der Bewertung erfolgt

gem. EG-WRRL (2000) 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 EG-WRRL (2000) basieren auf dem Bewirtschaftungsplan 2015 (MU 2015a). Hauptinstrument der mengenmäßigen Bewertung der Grundwasserkörper ist die Ganglinienauswertung nach dem Grimm-Strele Verfahren (NLWKN 2013a). Für ganz Niedersachsen, also auch für die GWK des Flusseinzugsgebietes der Großen Aue, kann ein guter mengenmäßiger Zustand der Grundwasserkörper festgestellt werden. Die Bewertung des chemischen Zustandes deckt in einer Vielzahl von niedersächsischen GWK Probleme auf. Landesweit können 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 in 2015 vier GWK eine Verbesserung zum guten Zustand erfahren, für sieben GWK ist eine Verschlechterung festgestellt worden.

Für das Einzugsgebiet der Großen Aue hat sich der schlechte chemische Zustand in der aktuellen Bewertung bestätigt (Abb. 36). Federführend bei der Bewertung der Lockergesteins-GWK im Einzugsgebiet der Großen Aue ist Niedersachsen. Eine Abstimmung mit NRW hinsichtlich der Bewertung ist erfolgt. Der niedersächsische Anteil des GWK „Große Aue Lockergestein links“ ist aufgrund der Überschreitungen der Schwellenwerte für Nitrat (50 mg/l) und Cadmium (0,5 µg/l) als im schlechten Zustand befindlich bewertet worden. Der niedersächsische Anteil des GWK „Große Aue Lockergestein rechts“ befindet sich aufgrund der hohen Nitratbelastungen im schlechten Zustand. Der Teilbereich in NRW ist aufgrund hoher Nitrat- und Ammoniumgehalte als im schlechten Zustand befindlich bewertet worden. Die Bewertung des Festgesteins-GWK „Kreideschichten zwischen Stemwede und Petershagen“ erfolgt federführend durch NRW (Tab. 10), eine Abstimmung mit Niedersachsen ist nicht erforderlich. Der GWK ist aufgrund hoher Nitrat- und Ammoniumgehalte im schlechten Zustand.

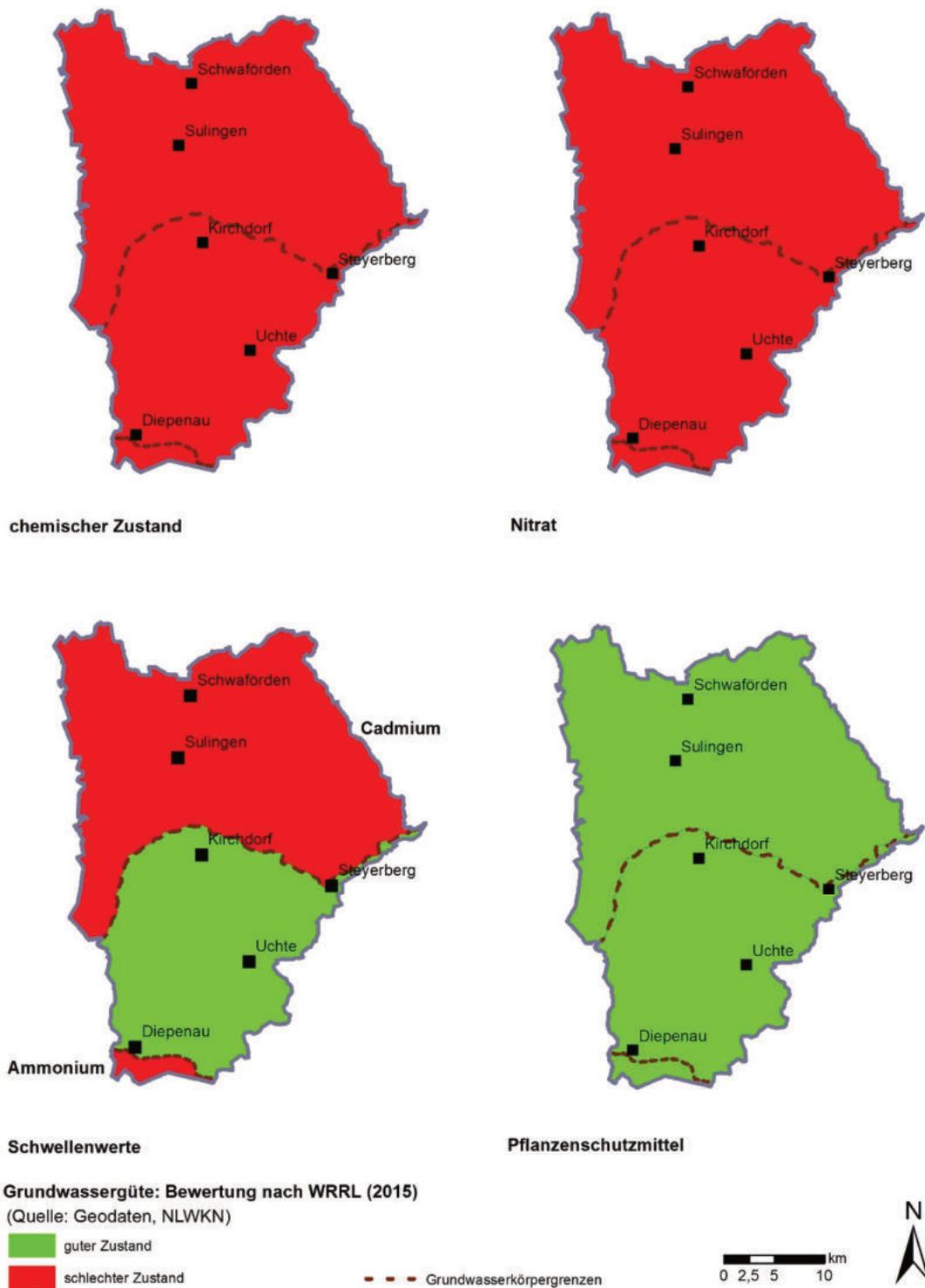


Abb. 36: Chemische Bewertung der GWK 2015 des Große Aue-Einzugsgebietes.

Tab. 10: Zustandsbewertung 2015 der GWK im Einzugsgebiet der Großen Aue (MKULNV 2015, MU 2015b).

Bezeichnung des GWK	Federführung	Chemische Bewertung GWK	Parameter	Mengenmäßige Bewertung GWK
Große Aue Lockergestein links	NDS	schlecht	Nitrat, Cadmium	gut
Große Aue Lockergestein rechts	NDS	schlecht	Nitrat	gut
Kreideschichten zwischen Stemwede und Petershagen	NRW	schlecht	Nitrat, Ammonium	gut

Eine Aktualisierung der Bewertung gem. EG-WRRL (2000) erfolgt alle 6 Jahre und wird Ende 2021 veröffentlicht.

4.1.1 Bewirtschaftungsmaßnahmen

Gemäß der EG-WRRL (2000) müssen auf Ebene der Flussgebiete Maßnahmenprogramme (WRRL Artikel 11) und Bewirtschaftungspläne (WRRL Artikel 13) festgelegt werden, um die Umweltziele zu erreichen. Die Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne sind erstmalig 2009 aufgestellt und 2015 nach einer Beteiligung der Öffentlichkeit aktualisiert worden. Eine Fortschreibung erfolgt alle sechs Jahre und steht für 2021 an.

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

Die EG-WRRL (2000) gibt den Mitgliedsstaaten vor, in ihren Maßnahmenprogrammen sowohl grundlegende 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 2015b) 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 Reinigungsmitteln (WMRG), Bun-

des-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Düngeverordnung, Pflanzenschutzgesetz

Landesrecht:

- Niedersächsisches Wassergesetz

Ergänzende Maßnahmen müssen zusätzlich zu den grundlegenden Maßnahmen ergriffen werden. Die EG-WRRL (2000) 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, Herbstlerlass zur Spezifizierung der Düngeverordnung hinsichtlich des Düngebedarfes im Herbst

Ergänzend:

- Agrarumweltmaßnahmen: Angebot von freiwilligen Maßnahmen zu einer grundwasserschonenden Landbewirtschaftung

- Gewässerschutzberatung Landwirtschaft: Beratung zu einem effizienten Nährstoffeinsatz
- Erfolgsmonitoring: Überprüfung von Umsetzungsgrad und Effektivität von Maßnahmen und fortlaufende Optimierung des Maßnahmenprogramms

Haupteintragsquelle für Nitrat sind Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft. Der Schwerpunkt der Maßnahmenumsetzung liegt daher in der Reduktion des Nitratreintrages aus dem Agrarsektor.

Agrarumweltmaßnahmen

In 2010 ist landesweit mit der Maßnahmenumsetzung in der Zielkulisse „Nitratreduktion“ (Abb. 37) begonnen worden. Aktuell werden vier Maßnahmen zur Reduzierung auswaschungsbedingter Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft im Rahmen der Niedersächsischen und Bremer Agrarumweltmaßnahmen (NiB-AUM) auf Ebene der Förderkulisse „Wasserschutz“ bereitgestellt (ML und MU 2019). Die Kulisse „Wasserschutz“ umfasst sowohl die Gebiete zur Maßnahmenumsetzung nach EG-WRRRL als auch die TWGG. Im gesamten Einzugsgebiet der Großen Aue ist daher der Abschluss von Maßnahmen möglich.

Übersicht der Agrarumweltmaßnahmen (AUM) 2018 in der Förderkulisse „Wasserschutz“:

- Betriebliche Verpflichtungen (BV)
 - BV 3 Zusatzförderung Wasserschutz im Rahmen des Ökologischen Landbaus
- Nachhaltige Produktionsverfahren auf Ackerland (AL)

Gewässerschutzberatung Landwirtschaft

Zur Erreichung eines guten Gewässerzustandes ist seit 2010 im Auftrag des MU durch den NLWKN eine Gewässerschutzberatung als ergänzende Maßnahme innerhalb der EG-WRRRL-Zielkulisse installiert worden. Dafür wurden im Zeitraum 2016 - 2018 vom Land Niedersachsen EU-kofinanziert 3,08 Mio. € jährlich bereitgestellt. Für den Zeitraum De-

Dazu ist ab 2009 eine Zielkulisse „Nitratreduktion“ innerhalb der Belastungsregionen ausgewiesen worden, in der ab 2010 eine Gewässerschutzberatung installiert wurde (Abb. 37).

Bezüglich Pflanzenschutzmitteln 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.

- AL 2.2 Anbau von winterharten Zwischenfrüchten oder 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% oder wenigstens 10 Hektar der LF 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 landwirtschaftlichen Betrieben landesweit weitere Maßnahmen im NiB-AUM-Programm angeboten. Neben einer gewässerschonen Landbewirtschaftung werden umweltgerechte Anbauverfahren und eine naturschutzgerechte Landbewirtschaftung gefördert.

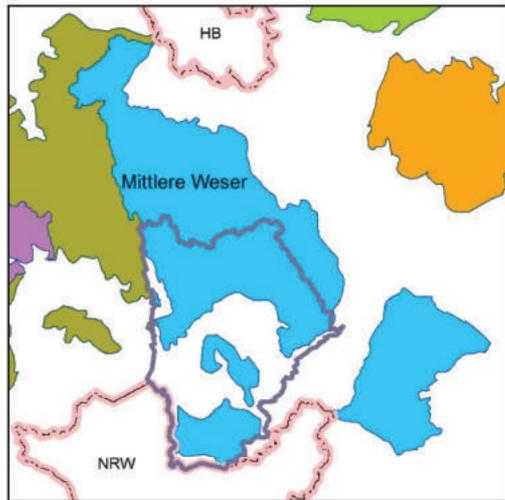
zember 2019 bis Dezember 2021 stehen jährlich 4,5 Mio. € für die Gewässerschutzberatung zur Verfügung.

Gefördert werden Beratungsleistungen, die über die Vorgaben des Ordnungsrechtes hinausgehen. Ziel der Beratung ist es, eine Verbesserung der Nährstoffeffizienz bei der Stickstoffdüngung zu bewirken.

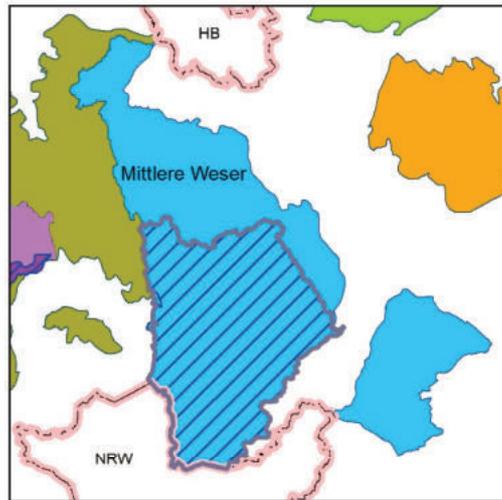
Seit 2014 wird zusätzlich in Einzugsgebieten ausgewählter Fließgewässer, für die ein Handlungsbedarf festgestellt wurde, hinsichtlich einer Verringerung des Stickstoff- und Phosphoreintrages beraten. Besonders für Stillgewässer ist eine Reduktion der Einträge von Phosphorverbindungen von Bedeutung, da Phosphor in Seen meist den limitierenden Wachstumsfaktor darstellt und ein übermäßiges Vorhandensein dieses Nährstoffs folglich zur Eutrophierung der Seen führen kann (NLWKN 2010). Ab 2016 sind daher ausgewählte Seeneinzugsgebiete in die Beratungskulisse zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz integriert worden. Im Zeitraum 2016 - 2018 waren landesweit elf Beratungsgebiete ausgewiesen, in denen fünf Beratungsträger tätig waren. Ende 2019 erfolgte eine weitere Ausweitung der Beratungskulisse. In 14 Beratungsgebieten sind vier Beratungsträger tätig (Stand 2020). In der WRRL-Zielkulisse befinden sich eine Reihe von TWGG, in denen eine Gewässerschutzberatung Landwirtschaft (Kap. 4.2) angeboten wird. Eine Doppelförderung von Beratungsleistungen aus beiden Programmen ist dabei nicht zulässig. Näheres zu den Anforderungen der EG-WRRL (2000) an den Gewässerschutz kann dem Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz (NLWKN 2015b) entnommen werden. Die Beratungszielkulisse innerhalb des Große Aue-Einzugsgebietes ist Bestandteil des Beratungsgebietes Mittlere Weser (Abb. 37). Seit 2010 hat sich der Beratungsschwerpunkt von einem verringerten N-Eintrag in das Grundwasser hin zu einer kombinierten Beratung hinsichtlich einer Reduzierung des N- und P-Eintrages in Grund- und Oberflächengewässer entwickelt. Die Gewässerschutzberatung im Beratungsgebiet Mittlere Weser wird im Auftrag des NLWKN zurzeit durch den Ingenieurdienst Umweltsteuerung GmbH (INGUS) durchgeführt (Stand 2019).

Aufgrund des großen Flächenumfanges der Zielkulisse und der im Gegensatz zur Gewässerschutzberatung in TWGG deutlich geringeren Mittelausstattung wird eine intensive einzelbetriebliche Beratung für eine vergleichsweise kleine Anzahl von Betrieben durchgeführt. Ziel ist es, sowohl durch einzelbetriebliche Beratung als auch durch Instrumente der überbetrieblichen Beratung eine größtmögliche Anzahl an Betrieben für die Anforderungen des Gewässerschutzes zu sensibilisieren und in der Umsetzung einer gewässerschonenden Landwirtschaft zu unterstützen.

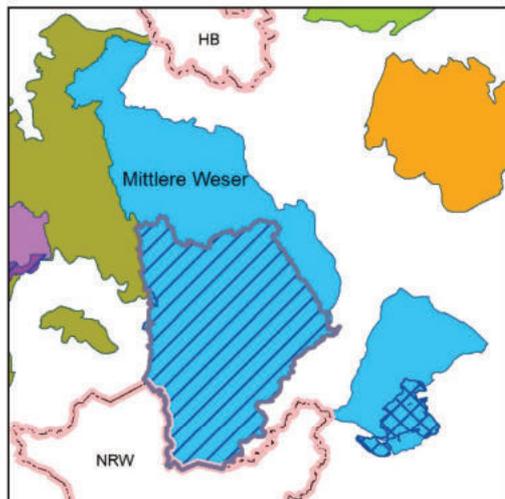
2018 wurde für 110 landwirtschaftliche Betriebe im Beratungsgebiet Mittlere Weser eine einzelbetriebliche Beratung in unterschiedlicher Intensität durchgeführt (INGUS 2018). Weitere über- und einzelbetriebliche Beratungsangebote stehen im Beratungsgebiet zur Verfügung. Ziel der Beratung ist es, landwirtschaftliche Betriebe verstärkt für den Gewässerschutz zu sensibilisieren und gewässerschonende Produktions- und Bewirtschaftungsverfahren dauerhaft in die Betriebsabläufe zu integrieren. Über die Beratung erfolgt eine fachliche Begleitung und Unterstützung der landwirtschaftlichen Betriebe bei der Umsetzung der AUM. Zudem werden fachliche Empfehlungen beispielsweise zur Reduzierung von N-Bilanz-überschüssen erarbeitet und herausgegeben. Strategien zur Steigerung der N-Effizienz werden von der Beratung in Zusammenarbeit mit den Landwirtinnen und Landwirten entwickelt. Daneben werden zur Unterstützung der Beratung Untersuchungen an Böden, Pflanzen und Gewässer durchgeführt, die auch zum Zweck der Erfolgskontrolle herangezogen werden. Wichtige Bestandteile der Beratung sind außerdem Gruppenberatungen und Öffentlichkeitsarbeit. Den Landwirtinnen und Landwirten werden Werkzeuge an die Hand gegeben, um zukünftig selbstständig gewässerschonend zu wirtschaften.



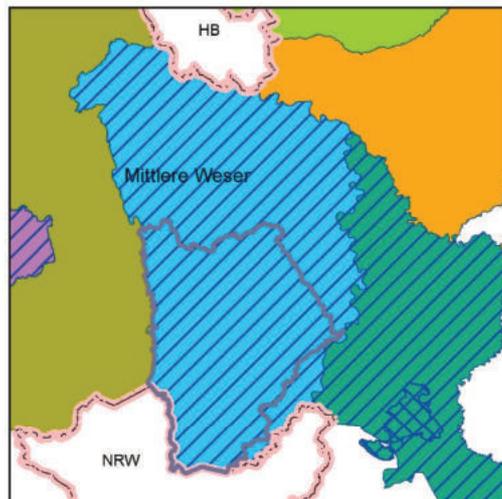
Beratungszeitraum 2010 - 2013



Beratungszeitraum 2014 - 2015



Beratungszeitraum 2016 - 2018



Beratungszeitraum ab 2019

Gewässerschutzberatung nach EG-WRRL

(Quelle: Geodaten, NLWKN)

Beratungsgebiet

- Mittlere Weser
- farbig, weitere Beratungsgebiete

Beratungsart

- N-Beratung
- kombinierte N- und P-Beratung
- EZG Steinhuder Meer

- Einzugsgebiet Große Aue
- Landesgrenze

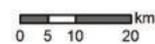


Abb. 37: Entwicklung der EG-WRRL Gewässerschutzberatung im Beratungsgebiet Mittlere Weser.

Erfolgsmonitoring

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

Zur Erfolgskontrolle werden Betriebsdaten (Hoftorbilanzen, Nährstoffvergleiche und Schlagbilanzen usw.) ausgewählter landwirtschaftlicher Betriebe (u.a. Modellbetriebe) erhoben und ausgewertet (NLWKN 2017). Daneben ist die Außenwirkung der mitarbeitenden Betriebe als Multiplikatoren im Sinne des Gewässerschutzes gegeben. In der Schriftenreihe Wasserrahmenrichtlinie Band 11 stellt der NLWKN die Erfolge der Gewässerschutzberatung nach EG-WRRL (2000) für den ersten Bewirtschaftungszeitraum 2010 bis 2015 vor (NLWKN 2017).

Um die Wirkung der Beratung erfassen zu können, werden u.a. die Bilanzdaten jährlich erho-

ben. Der dreijährige Zeitraum vor Beratungsbeginn (2007 - 2010) wird dabei als Referenzzeitraum festgelegt. Eine zentrale Rolle spielt die Hoftorbilanz, die Einfuhr und Abfuhr von Nährstoffen eines landwirtschaftlichen Betriebes bilanziert. Eine weitere wichtige Größe bei der Beurteilung der Beratungswirkung ist die Erhöhung der gesamtbetrieblichen N-Effizienz durch Nutzung der Optimierungspotenziale in der Düngepraxis. Für das Beratungsgebiet Mittlere Weser ist für das erste und zweite Beratungsjahr eine deutliche Minderung der N-Überschüsse zu verzeichnen (Abb. 38). Der Beratungserfolg konnte auch in den Folgejahren, trotz der zunächst höheren N-Überschüsse neuer Modellbetriebe, ausgebaut und stabilisiert werden (INGUS 2018). Für das Jahr 2017 sind etwas höhere Bilanzen ermittelt worden. Nach vollständiger Datenerfassung wird hier mit einem geringeren Saldo gerechnet (INGUS 2018). Die N-Effizienz ist gegenüber dem Referenzzeitraum in allen Beratungsjahren erhöht. Betriebe mit hohen N-Effizienzen setzen den Dünger effizient ein und nutzen die düngemindernde N-Nachlieferung der humosen Standorte (INGUS 2018).

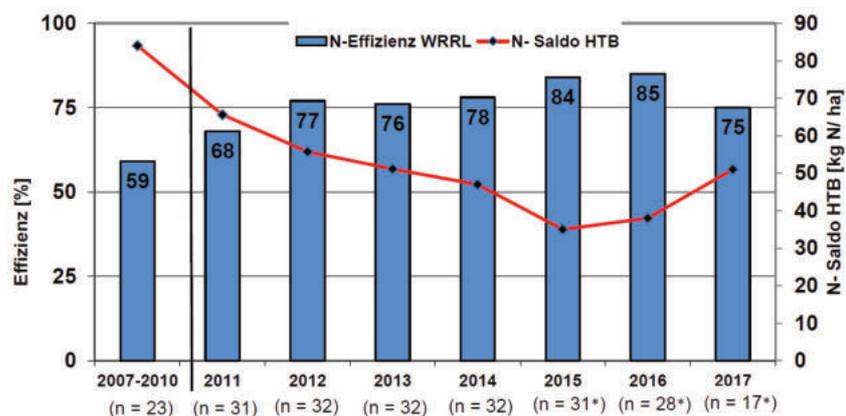


Abb. 38: Entwicklung des N-Bilanz-Saldos und N-Effizienz auf Hoftor-Basis der Modellbetriebe (n=Anzahl der Modellbetrieb) im Beratungsgebiet Mittlere Weser im Vergleich zum Referenzzeitraum 2007 bis 2010 (INGUS 2018).

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.

Für das Trinkwasser, das für den menschlichen Gebrauch vorgesehen ist, gelten besondere wasserwirtschaftliche Bestimmungen (WHG § 50 - § 52). Das WHG 2009 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 2010. 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 zielgerichtet vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Ein vorrangiges Ziel der Landesregierung ist es, alle Einzugsgebiete der öffentlichen Wasserversorgung als WSG auszuweisen. WSG werden nach DVGW Arbeitsblatt W 101 (DVGW 2006) 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 zugefließt; 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 2009) vorgegeben. Weitergehende Schutzbestimmungen können individuell auf das Schutzbedürfnis des jeweiligen WSG abgestimmt werden. Die aus den Vorgaben resultierenden Einschränkungen oder ein entstehender Mehraufwand werden durch Ausgleichszahlungen entschädigt (SchuVO 2009). Für die Ausweisung von WSG und die Kontrolle der Einhaltung der WSG-VO sind in Niedersachsen die Unteren Wasserbehörden der Landkreise, der Region Hannover, der kreisfreien Städte und der großen Städte verantwortlich (NLWKN 2013b).

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 2010 § 28).

Innerhalb des Einzugsgebietes Große Aue nehmen die TWGG bzw. WSG, die im Prioritätenprogramm (PP) (Tab. 11 und Tab. 11) berücksichtigt werden, mit 56,8 km² insgesamt einen Flächenanteil von 5,5% ein (Stand 2018). In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 11 und Tab. 11) sind zu den einzelnen TWGG/WSG im Flusseinzugsgebiet Informationen zu Wasserrecht, Flächengröße und Nutzung sowie Gefährdungszustand zusammengestellt.

Tab. 11: Kenndaten der nach PP relevanten TWGG im Einzugsgebiet der Großen Aue im Landkreis Diepholz.

Gebietsname	WVU	Kooperation	Zustand	PP	Entnahme genehmigt [Mio. m³]	Fläche gesamt [ha]	Große Aue Anteil [ha]	[%]
Schwaförden	Wasserversorgung Sulinger Land	Sulinger Land	TWGG	B2	1,7	695,3	648,2	93
Sulingen	Wasserversorgung Sulinger Land	Sulinger Land	WSG/TWGG	B2	1,25	539,3	539,3	100
Kirchdorf	Wasserversorgung Sulinger Land	Sulinger Land	WSG	B2	1,15	491,6	491,6	100

* Entnahmen außerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue

Tab. 12: Kenndaten der nach PP relevanten TWGG im Einzugsgebiet der Großen Aue im Landkreis Nienburg.

Gebietsname	WVU	Kooperation	Zustand	PP	Entnahme genehmigt [Mio. m³]	Fläche gesamt [ha]	Große Aue Anteil [ha]	[%]
Liebenau II/Blockhaus	Harzwasserwerke; Wasserverband Nienburg-Süd	Liebenau II/Blockhaus	WSG	C	5,5	3.815,8	3.814,7	100
Stolzenau*	Wasserversorgungsbetrieb Stolzenau	Dümmer/Hunte/Weser	TWGG	B1	0,60*	412,3	190,2	46

* Entnahmen außerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue



Abb. 39: Blick in das WSG Liebenau II/Blockhaus.

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 Nitratreinträge in das Grundwasser. Nachweise von PSM und ihren Metaboliten sowie von Arzneimitteln im Rohwasser geraten allerdings zunehmend in die Diskussion.

Im Jahr 1992 wurde die Erhebung einer Wasserentnahmegebühr im NWG 2010 gesetzlich verankert und die Verwendung der Mittel geregelt. Der § 28 NWG ermöglicht eine Verwendung der Gelder für eine zusätzliche Beratung der land- oder forstwirtschaftlichen oder erwerbsgärtnerischen Nutzer in Wasserschutz- und Trinkwassergewinnungsgebieten. Für Flächen in TWGG ist ein Ausgleich von wirtschaftlichen Nachteilen aufgrund von vertraglich vereinbarten Einschränkungen über „Freiwillige Vereinbarungen“ (FV) möglich. Zuwendungen für die Gewässerschutzberatung können im Rahmen des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) gewährt werden (ELER-RL 2021). Neben der Beratung der Land- und Forstwirtschaft sowie des Produktionsgartenbaus mit begleitenden Untersuchungen, erforderlichen Planungen und Konzepten sind Informations- und Qualifizierungsleistungen sowie eine unterstützende Öffentlichkeitsarbeit für Zwecke der Gewässerschutzberatung förderfähig. Daneben können Modell- und Pilotprojekte gefördert werden, soweit sie zur Einführung von Landbewirtschaftungsverfahren zur Reduzierung von Einträgen aus Land- und Forstwirtschaft oder der Verbesserung von Maßnahmen oder Erfolgsbewertungen zum Gewässerschutz beitragen (ELER-RL 2021).

Die Gewährung der Finanzhilfe für die oben genannten Maßnahmen setzt voraus, dass Wasserversorger und Landbewirtschaftler gleichberechtigt in einer Kooperation zusammenarbeiten und sich in einem Schutzkonzept auf Ziele und Erfolgsindikatoren einigen. Näheres dazu ist in der Kooperationsverordnung (FHkoopSchTrinkWVGebV ND 2007) zum Schutz von Trinkwassergewinnungsgebieten

geregelt. 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). Im Flusseinzugsgebiet der Großen Aue sind die drei Kooperationen „Dümmer/Hunte/Weser“, „Liebenau II/Blockhaus“ und „Sulinger Land“ vertreten (Abb. 40). Nähere Informationen zum Kooperationsprogramm werden in der NLWKN-Veröffentlichung „Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen, Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse“ vorgestellt (NLWKN 2019a).

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, den Nitratkonzentrationen im Rohwasser der Trinkwassergewinnung und potentiellen Stickstoffeinträgen (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.

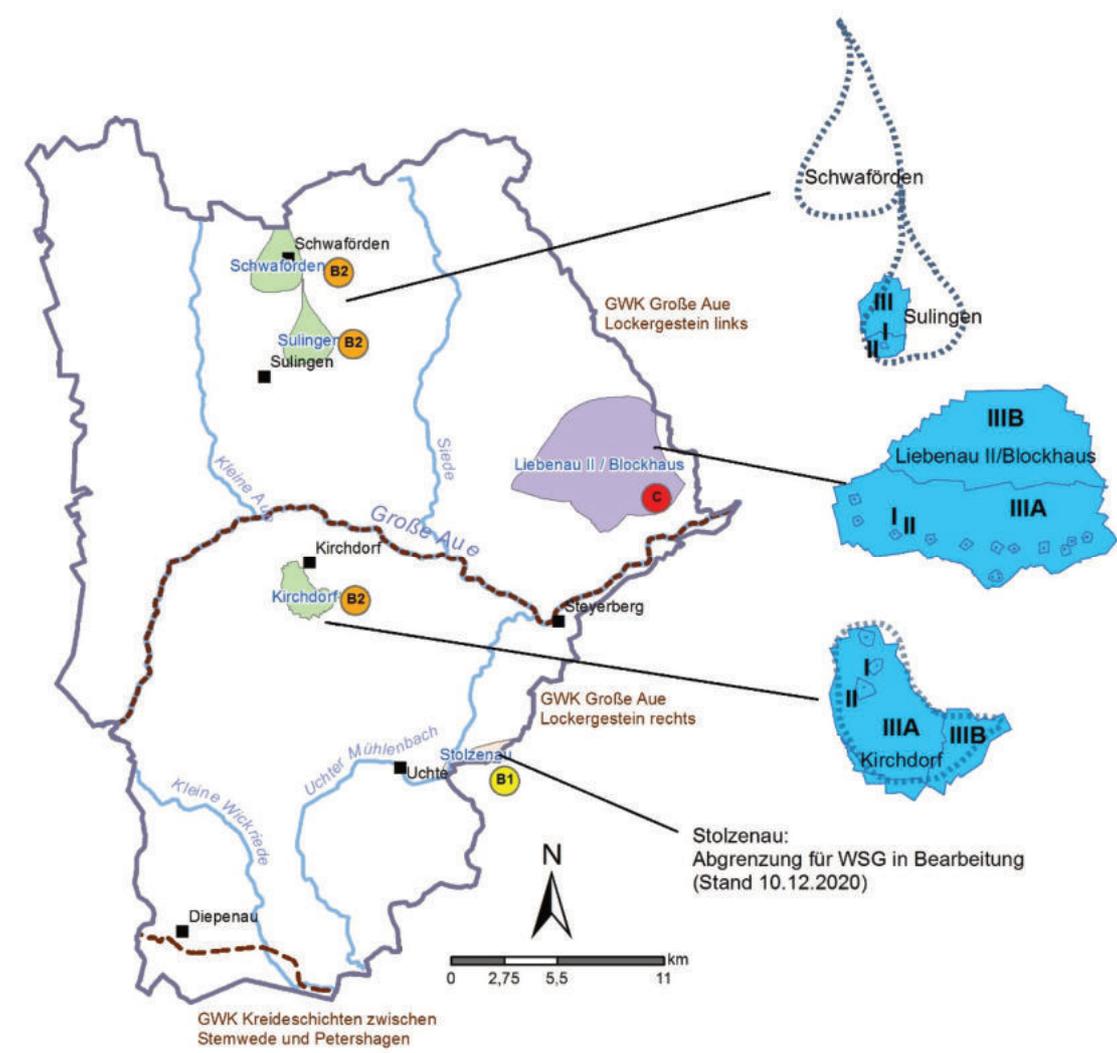
Die Liste mit allen am PP beteiligten TWGG mit Angaben zu Handlungsbereichen und landwirtschaftlicher Nutzfläche wird in regelmäßigen Abständen durch den GLD des NLWKN aktualisiert (NLWKN 2019a).

Die TWGG im Einzugsgebiet der Großen Aue sind in die Handlungsbereiche B und C eingestuft (Abb. 40). Aufgrund der Belastungen des Rohwassers ist das TWGG „Liebenau II/Blockhaus“ als C-Gebiet ausgewiesen.

Informations- und Beratungsleistungen sind neben konkreten Flächenmaßnahmen Bestandteil für die Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen. Die **Gewässerschutzberatung Landwirtschaft** für land- und forstwirtschaftliche Betriebe sowie Gartenbaubetriebe wird durch Mittel der Wasserentnahmegebühr gefördert und ist durch EU-Gelder kofinanziert. Die WVU legen dazu ein aussagekräftiges Beratungskonzept vor. Die Gewässerschutzberatung der in den TWGG wirtschaftenden Landwirtinnen und Landwirte erfolgt im Große Aue-Gebiet im Auftrag der zuständigen WVU zurzeit durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Stand 2019). Im TWGG Liebenau II/Blockhaus ist zusätzlich das Büro IN-

GUS tätig. Die Beratung ist für die landwirtschaftlichen Betriebe kostenfrei. Das Angebot der speziellen Beratung 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 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 2019a). Die Vorgehensweise zur Maßnahmenplanung und ihre Umsetzung sowie die Methoden zur Erfolgskontrolle werden hier ausführlich beschrieben. Landesweit wurden im Jahre 2016 in TWGG insgesamt 6,28 Mio. Euro, dies sind rund 21 €/ha LF, für die Gewässerschutzberatung verwendet (NLWKN 2019a).

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



Trinkwasserkoooperation (Stand 2018)
(Quelle: Geodaten NLWKN)

- Dümmer/Hunte/Weser
- Liebenau II/Blockhaus
- Sulinger Land

Einteilung der Trinkwassergewinnungsgebiete nach Prioritätenprogramm Niedersachsen (Stand 2018)
(Quelle: Geodaten NLWKN)

- B1
- B2
- C

Funktion und Zustand von Trinkwasserschutzgebieten
(Quelle: Geodaten NLWKN)

- TWGG: Hydrogeologische Abgrenzung eines zugelassenen Wasserrechts
- WSG: Abgrenzung einer amtlichen Festsetzung durch Verordnung

I, II, III, IIIA, IIIB Schutzzonen

Grundwasserkörpergrenzen

Abb. 40: Abgrenzung von Wasserschutzgebieten im Einzugsgebiet der Großen Aue durch Verordnung, hydrogeologische Abgrenzung von zugelassenen Wasserrechten, Einteilung der WSG und TWGG nach den Kriterien des Prioritätenprogrammes sowie Kooperationszugehörigkeit.

Der größte Anteil der Fördermittel fließt in handlungsbezogene freiwillige Grundwasserschutzmaßnahmen. Bei der Ausgestaltung der „Freiwilligen Vereinbarungen“ sind die Vorgaben des Maßnahmenkatalogs des MU (MU 2016b) hinsichtlich der Mindestanforderungen

und der maximalen Förderbeträge zu beachten (Tab. 13). Im Rahmen dieser Vorgaben können die Maßnahmen durch Beschluss der Kooperation an örtliche Verhältnisse in den einzelnen TWGG angepasst werden (NLWKN 2012).

Tab. 13: Übersicht der „Freiwilligen Vereinbarungen“ gemäß MU-Maßnahmenkatalog (MU 2016b).

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 sind 2018 in den TWGG insgesamt 11,7 Mio. Euro (40 €/ha LF) für FV verausgabt worden. Die TWGG/WSG, die innerhalb des Flusseinzugsgebietes der Großen Aue liegen oder durch das Gebiet angeschnitten werden, haben einen Flächenumfang von insgesamt 3.337 ha LF. Hier wurden 2018 insgesamt 169.114 € (51 €/ha LF) für FV erstattet. Maßnahmen zur reduzierten Düngung haben in den TWGG/WSG die größte Bedeutung (Tab. 14). Verstärkt werden in den letzten Jahren ergebnisorientierte Maßnahmen angeboten. Aufgrund des ab 2013 erheblich reduzierten Budgets und neuen Entwicklungen in der Agrarpolitik verfolgen die Kooperationen Sulinger Land und Dümmer-Hunte-Weser seit 2015

einen ergebnisorientierten Ansatz. Unter anderem soll eine gegenüber der Sollwertempfehlung der LWK um 5% reduzierte N-Düngung dazu beitragen, die Einhaltung der Herbst-Nmin-Zielwerte zu erreichen. Weitere Maßnahmen sind optional.

Im TWGG Liebenau II/Blockhaus erfolgt eine zielgerichtete Platzierung der Maßnahmen anhand einer räumlichen Prioritätensetzung, sodass einige FV nicht flächendeckend abgeschlossen werden können. Seit 2016 wird eine FV zum Verzicht der PSM Terbutylazin und/oder S-Metolachlor angeboten und im Jahr 2018 auf 418 ha umgesetzt (Tab. 14).

Tab. 14: Abschluss von „Freiwilligen Vereinbarungen“ im Jahr 2018 in den TWGG, die innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue liegen oder angeschnitten werden.

TWGG-Name	FV-Code*	FV-Fläche [ha LF]	FV-Verträge [Anzahl]	FV-Ausgaben [€]
Sulingen	I.B	4	1	205
Sulingen	I.D		5	205
Sulingen	I.I	156	5	3.885
Schwaförden	I.D		5	205
Schwaförden	I.I	350	8	25.438
Kirchdorf	I.D		2	82
Kirchdorf	I.F2	1	1	399
Kirchdorf	I.I	59	8	6.103
Liebenau II/Blockhaus	I.E	434	57	46.979
Liebenau II/Blockhaus	I.F1	30	5	8.792
Liebenau II/Blockhaus	I.I	446	31	51.300
Liebenau II/Blockhaus	I.L	418	28	16.704
Stolzenau	I.D		1	41
Stolzenau	I.I	58	6	8.776

* Code-Bezeichnung siehe Tab. 13

Spezielles Flächenmanagement der Wasserversorgung Sulinger Land

Die Wasserversorgung Sulinger Land konnte im Jahr 1994 rd. 33 ha im Wasserschutzgebiet Kirchdorf von der Kirchengemeinde Kirchdorf pachten. Die Flächen waren durch ein besonderes Flächentauschvorhaben in das Wasserschutzgebiet gelegt worden. Für die Pachtzahlung erhielt die Wasserversorgung Sulinger Land seinerzeit von der Bezirksregierung Hannover eine kapitalisierte Zuwendung aus der Wasserentnahmegebühr. Ortsansässige Landwirtinnen und Landwirte bewirtschaften diese Flächen seit ca. 25 Jahren erfolgreich grundwasserschonend. In den Jahren bis 2008 hat die Wasserversorgung Sulinger Land mit Zuwendungen des Landes und der EU weitere Flächen im WSG Kirchdorf erworben. Auch diese unterliegen einer extensiven Nutzung. Insgesamt sind inzwischen rd. 40 ha im WSG Kirchdorf Pacht- oder Eigentumsflächen des Wasserversorgers.

Im WSG Sulingen, hauptsächlich im Feld I am Wasserwerk Sulingen, hat die Wasserversorgung Sulinger Land mit Eigenmitteln sowie mit Zuwendungen des Landes und der EU in der Zeit von 1995 bis 2007 ca. 52 ha landwirtschaftliche Fläche erworben. Im Zuge der Flurbereinigung Sulingen-Nord um 2010 wurden die Flächen überwiegend in die Zone II des WSG und damit in die Nähe des Wasserwer-

kes bzw. in die angrenzende Zone III arrondiert. Landwirtinnen und Landwirte aus der Region haben diese Flächen gepachtet und bewirtschaften sie als extensives Grünland. Die Grünlandflächen erhalten eine N-Düngung von bis zu 100 kg N/ha. Eine Beweidung erfolgt mit max. 1 GV/ha.

Unter den extensiv bewirtschafteten Flächen werden im Rahmen der Erfolgskontrolle mit 20 bis 30 kg N/ha sehr geringe Herbst-Nmin-Werte gemessen. Auch Nitrattiefenprofile weisen niedrige Nitratgehalte auf. Aufgrund der daraus resultierenden geringen Nitratstränge leisten die Flächen als Verdünnungsflächen einen erfolgreichen Beitrag zum Grundwasserschutz.

Auf Flächen, für die eine Zuwendung bereitgestellt wurde, ist der Einsatz von PSM verboten. Da auf einigen Flächen nach längerer extensiver Bewirtschaftung verstärkt Jakobskreuzkraut auftrat, waren im Einzelfall Ausnahmen von dem Verbot erforderlich.

Sowohl in Kirchdorf als auch in Sulingen wurde ein Teil der erworbenen bzw. gepachteten Flächen mit heimischen Gehölzen aufgeforstet. Durch diese Maßnahme wird auch das Landschaftsbild in der jeweiligen Gegend aufgewertet.



Abb. 41: Extensiv bewirtschaftete Erwerbsflächen der Wasserversorgung Sulinger Land im WSG Kirchdorf.

Monitoringkonzept im TWGG Liebenau II/Blockhaus

Im TWGG Liebenau II/Blockhaus der Harzwasserwerke GmbH erfolgt ein gesamtgebietliches Monitoring zur Erfolgskontrolle der Gewässerschutzmaßnahmen (INGUS und LWK 2019). Strukturiert ist das Monitoring über das Zonenmodell laut Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz (NLWKN 2015b), wobei die Zonen Betrieb/Boden – Wurzelzone – Sickerwasser-Dränzone – obere GW-Zone abgegrenzt sind (Abb. 42). Konkrete Indikatoren zur Überprüfung der Zielerreichung werden mit Ausgangswerten und angestrebten Zielwerten benannt.

Für die Zone Betrieb/Bodenoberfläche dienen einzelbetriebliche N-Überschüsse nach Hoftor-Bilanz als Indikator für die Zielerreichung. Bei der Auswahl der Betriebe ist es wichtig, zukunftsfähige Betriebe zu gewinnen, die bereit

sind, langjährige Zeitreihen zur Verfügung zu stellen. In der Wurzelzone erfolgt die Erfolgskontrolle über das Herbst-Nmin-Monitoring, wodurch auch Maßnahmenwirkungen überprüft werden. Die Sickerwassergüte wird über Nitrat-Tiefbohrungen erfasst. Eine Gegenüberstellung von Anbausituation, Herbst-Nmin-Werten und Nitratgehalten im Sickerwasser dient der Nachvollziehbarkeit der Zusammenhänge zwischen Bewirtschaftung und den gemessenen Nitratkonzentrationen. Über eine Beprobung flacher GWM der Messprogramme „Trendumkehr“ und „Qualitätsüberwachung §147“ erfolgt die stoffliche Kontrolle von GW-Schutzmaßnahmen im oberflächennahen Grundwasser. Neben Nitrat liegt der Fokus dabei auch auf PSM-Wirkstoffen und nicht relevanten Metaboliten (nrM).

Zonenmodell	Art u. Methoden der Erfolgskontrolle		Teil-Monitoring-Themen	geplante Monitoringstrukturen des Zeitraumes 2018 bis 2022					
				2018		2019	2020	2021	2022
				geplant	durchgeführt				
Betrieb/Bodenoberfläche	Hofort-Nährstoff-Bilanzen für prioritäre Einzelbetriebe	Anzahl Bilanzen (Einzeljahr)	prioritäre Betriebe	15	15	15	15	15	15
Wurzelzone	Herbst-Nmin (0-90 cm); maßnahmen- und standortbezogen	Anzahl Proben	Gesamtgebiets-Monitoring, Erfolgskontrolle Maßnahmen	70	70	70	70	70	70
Sickerwasser-Dränzone	Nitrat-Tiefbohrungen	Anzahl Schläge	Erfolgskontrolle Maßnahmen	10	10	10	10	10	10
obere GW-Zone	Flache GW-Messstellen	Anzahl Messstellen beprobt	Gesamtgebiets-Monitoring + Trendmessnetz	16	16	16	16	16	28

Abb. 42: Struktur und Untersuchungsumfänge des gesamtgebietlichen Monitorings 2018 bis 2022 im TWGG Liebenau II/Blockhaus (INGUS und LWK 2019).

Kurzinformation: Kap. 4 Grundwasserschutz

- Die Zustandsbewertung der GWK 2015 nach EG-WRRL (2000) im Zuge der Fortschreibung des Bewirtschaftungsplanes zeigt für alle GWK des Große Aue-Einzugsgebietes einen schlechten chemischen Zustand auf. Hauptbelastungsquelle ist Nitrat. Für den GWK „Große Aue Lockergestein links“ ist zusätzlich Cadmium für die schlechte Bewertung verantwortlich. Der Festgesteins-GWK ist durch das Land NRW auch wegen Ammoniumbelastungen als im schlechten Zustand befindlich bewertet worden.
- Die GWK im Einzugsgebiet sind mengenmäßig in einem guten Zustand.
- Das gesamte Einzugsgebiet der Großen Aue ist Beratungsgebiet nach EG-Wasserrahmenrichtlinie hinsichtlich N und P.
- 5 TWGG mit einem Gesamtflächenanteil von rund 57 km² befinden sich im Große Aue-Gebiet. Ein TWGG ist als B1-Gebiet, drei TWGG sind als B2-Gebiet und ein TWGG ist als C-Gebiet eingestuft worden.
- Verstärkt wird in den TWGG bei der Maßnahmenumsetzung auf einen ergebnisorientierten Ansatz gesetzt.

5 Grundwasserbewirtschaftung

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 durch den Erlass zur mengenmäßigen Bewirtschaftung (MU 2015c) geregelt, der auch landläufig als „Mengenerlass“ bezeichnet wird. Demnach ist Grundwasser so zu bewirtschaften, dass die im WHG 2009 vorgegebenen Grundsätze (§ 6 WHG) und die Bewirtschaftungsziele nach NWG 2010 (§ 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, die vom LBEG ermittelt wird. Randbedingungen wie Ergiebigkeit und Versalzung der Grundwasservorkommen sowie die Überbrückungen von Trockenwetterperioden oder der Erhalt von grundwasserabhängigen Landökosystemen und Oberflächengewässern 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.

Ausgehend vom Gesamtdargebot wird das nutzbare Dargebot über folgende Berechnungsgrößen abgeschätzt (Abb. 43):

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

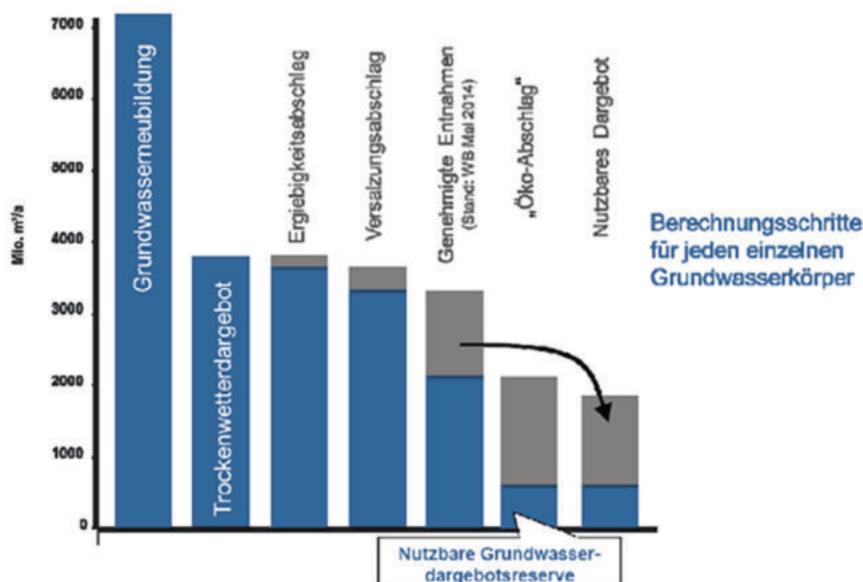


Abb. 43: Abschätzung des nutzbaren Dargebotes für Grundwasserkörper (LBEG 2017).

5.1 Grundwassermenge

Die Grundwasserneubildung wird durch klimatische, bodenkundliche und geologische Gegebenheiten beeinflusst. Wesentliche Einflussgrößen sind Niederschlagsmenge und Niederschlagsverteilung, 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 2.5.1 wird die Grundwasserneubildung innerhalb des Große Aue-Einzugsgebietes näher erläutert.

Grundwasserentnahmen erfordern eine Genehmigung durch die Untere Wasserbehörde (UWB) 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 zur Nutzung 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 UWB im WBE erfasst. Das WBE ist der LDB angeschlossen und steht in gesonderten Anwendungen 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 hinzu, die sich negativ auf die Grundwasserstände auswirken können (siehe auch Kap. 7).

In Tab. 15 sind Kenndaten für die mengenmäßige Bewirtschaftung der Große Aue-GWK aufgeführt. Dem Datenbestand der genehmigten Entnahmemengen liegen Auswertungen des WBE von Mai 2014 zu Grunde. Im Große Aue-Gebiet ist das nutzbare Dargebot für den GWK „Große Aue Lockergestein links“ mit 20 Mio. m³/a am höchsten (Tab. 15). Der Anteil genehmigter Entnahmen am nutzbaren Dargebot beträgt für den GWK „Große Aue Lockergestein links“ 61%, für den rechtsseitigen GWK 44%, für den Festgesteins-GWK lediglich 2%.

Tab. 15: Nutzbares Dargebot der GWK innerhalb des Große Aue-Gebietes (MU 2015 c, ergänzt).

Name des GWK	Fläche des GWK in NDS [km ²]	Flächenanteil des GWK in NDS [%]	Mittleres Grundwasserdargebot, abgeschätzt nach Growa06v2 [Mio. m ³ /a]	Trockenwetterdargebot [Mio. m ³ /a]	Genehmigte Entnahmemengen [Mio. m ³ /a]	Nutzbare Dargebotsreserve [Mio. m ³ /a]	Nutzbares Dargebot [Mio. m ³ /a]	Anteil genehmigter Entnahmen am nutzbaren Dargebot [%]
Große Aue Lockergestein links	614,01	87,22	94,03	45,68	12,13	7,87	20,00	61
Große Aue Lockergestein rechts	399,26	85,73	52,23	25,44	4,08	5,26	9,33	44
Kreideschichten zw. Stemwede und Petershagen	17,66	9,35	3,39	1,74	0,01	0,47	0,48	2,1

Im Einzugsgebiet der Großen Aue sind aktuell (Stichtag 31.12.2018) Wasserrechte in Höhe von 24,15 Mio. m³/a erteilt worden, wobei auf den GWK „Große Aue Lockergestein links“ 78% (18,78 Mio. m³/a) der genehmigten Entnahmen entfallen (Abb. 44, Tab. 16). Die Entnahmen sind hier vor allem für die Trinkwasserversorgung vorgesehen. Die zum Zweck der Trinkwassernutzung vergebenen Entnahmemengen betragen im Einzugsgebiet rund 42% der Gesamtentnahmemenge. Aufgrund

der günstigen Entnahmebedingungen sind die Nutzungsorte für die Trinkwasserversorgung in der Syker Geest und der Börhrde Geest verortet (Abb. 44, Tab. 16). Gegenwärtig bestehen im Einzugsgebiet der Großen Aue Wasserrechte für die öffentliche Trinkwasserversorgung in Höhe von 10,23 Mio. m³/a. Dabei entfallen 89% auf die Wassergewinnungsanlagen (WGA) innerhalb des GWK „Große Aue Lockergestein links“.

Tab. 16: Genehmigte mengenbilanzrelevante Entnahmemengen innerhalb der Große Aue-GWK, (berechnet zum Stichtag 31.12.2018, Datenquelle WBE Niedersachsen).

GWK	Gesamtentnahme		Beregnung		Brauchwasser		Trinkwasser		Sonstiges	
	Gesamtentnahme (GE)*	Entnahme	Anteil an GE							
	[Mio. m ³ /a]	[Mio. m ³ /a]	[%]							
Große Aue Lockergestein links	18,78	3,77	20,1	5,43	28,9	9,08	48,3	0,50	2,7	
Große Aue Lockergestein rechts	5,36	4,0	74,6	0,17	3,2	1,15	21,5	0,04	0,7	
Kreideschichten zw. Stemwede und Petershagen	0,012	0,012	100	-	-	-	-	-	-	
Gesamt	24,15	7,78	32,2	5,60	23,2	10,23	42,4	0,54	2,2	

*GE = Gesamtentnahmemenge der Nutzungen

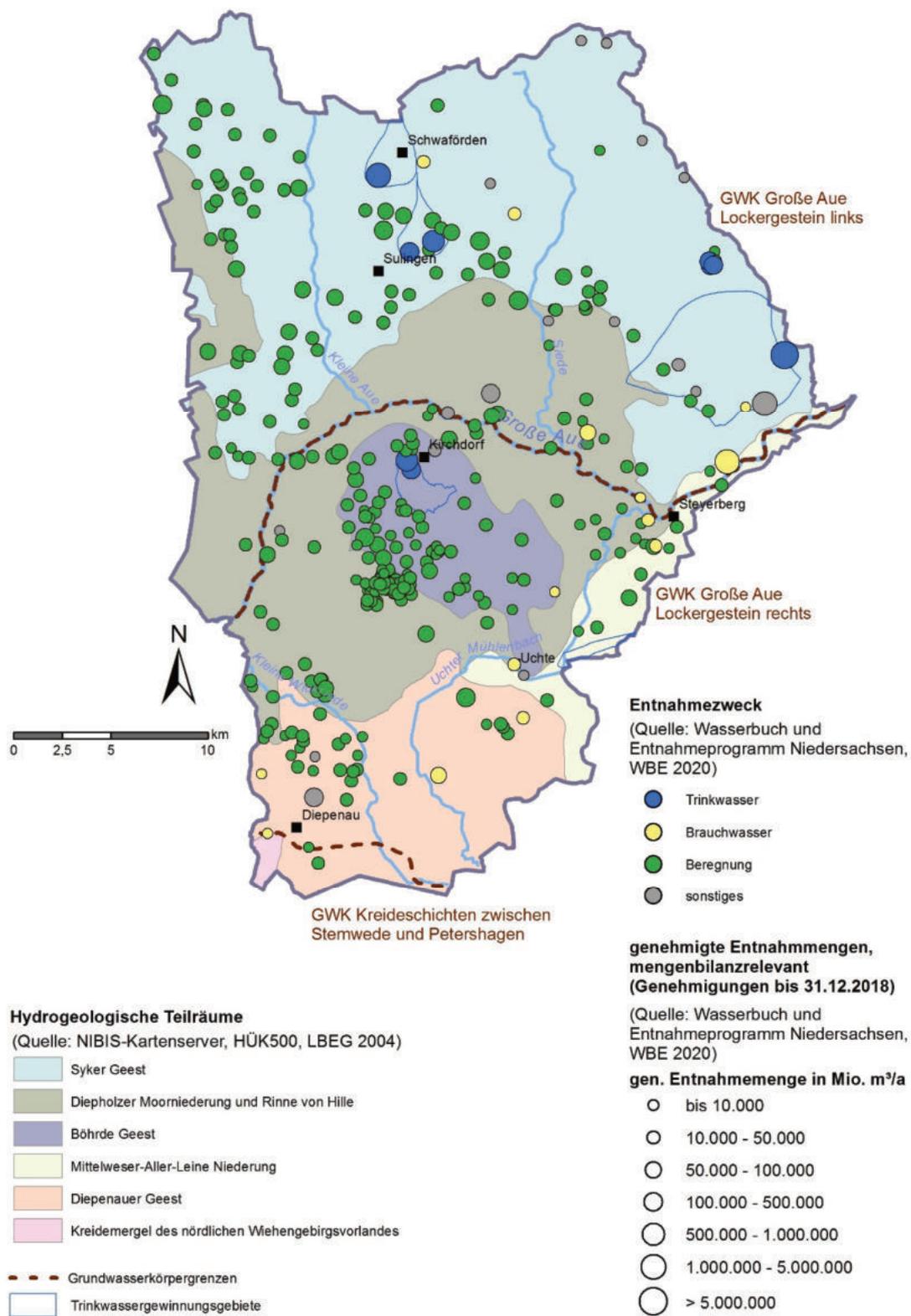


Abb. 44: Genehmigte Entnahmemengen im Gebiet der Großen Aue nach Auswertungen des WBE Niedersachsen.

Über ein Drittel der genehmigten Entnahmemengen sind im Einzugsgebiet der Großen Aue für Beregnungstätigkeiten vergeben. Insbesondere der GWK „Große Aue Lockergestein rechts“ ist durch Beregnung geprägt. Rund 75% der genehmigten Entnahmemengen sind hier für Beregnungszwecke vorgesehen (Tab. 16). Eine deutliche Zunahme der Genehmigungen für Beregnungstätigkeiten erfolgte

im Zeitraum 2012 bis 2016 (Abb. 45). Die Abb. 46 und Abb. 47 zeigen Beregnung von Freilandgemüse und von Sonderkulturen.

Aktuell können aus 6% der für die landwirtschaftliche Beregnung vorgesehenen Nutzungsorte unbefristet Entnahmen getätigt werden. Vielfach liegen langfristige Genehmigungen mit 30-jährigen Laufzeiten vor.

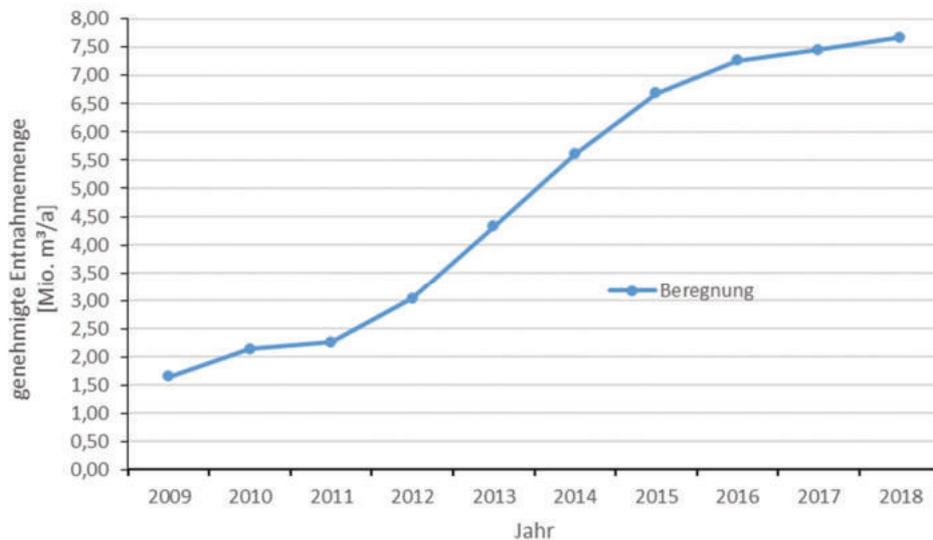


Abb. 45: Entwicklung der genehmigten Entnahmemengen für den Rechtszweck Beregnung innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue (Stichtag 31.12 des jeweiligen Bezugsjahres, Auswertung WBE Niedersachsen).



Abb. 46: Beregnung von Freilandgemüse.



Abb. 47: Beregnung von Weihnachtsbaumkulturen.

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 (2016) vorgeschriebenen Qualität. Die TrinkwV (2016) stellt die Umsetzung der EG-Trinkwasserrichtlinie „über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ in nationales Recht dar (EG-TWRL 1998). Sie schreibt vor, dass Trinkwasser frei von Krankheitserregern (mikrobielle Parameter) sein muss und dass bestimmte Schadstoffe wie Nitrate, Schwermetalle und PSM (chemische Parameter) die vorgeschriebenen Grenzwerte nicht überschreiten dürfen.

Es ist eine Aufgabe der Städte und Gemeinden, die Wasserversorgung sicherzustellen, wobei die Wasserversorgung von diesen selbst oder von WVU übernommen werden kann. Verbände, kommunale Gesellschaften, Betriebe der Gemeinden, gemischt öffentlich-pri-

vatrechtliche Gesellschaften sowie ausschließlich privatrechtliche Unternehmensformen können in der Trinkwasserversorgung tätig sein. Die WVU sind für die Wasserversorgung der Bevölkerung in abgegrenzten Gebieten, den Versorgungsräumen, zuständig (NLWKN 2012). Im Einzugsgebiet der Großen Aue sichern acht Unternehmen die Trinkwasserversorgung (Abb. 48). Die Wasserversorgungsbetriebe im Bereich des LK Nienburg sind Mitglieder des Kreisverbandes für Wasserwirtschaft.

In den vom Flusseinzugsgebiet der Großen Aue angeschnittenen LK Diepholz und Nienburg erfolgt die Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser (LSN 2019). Der Wasserverbrauch pro Einwohner und Tag liegt in beiden LK über dem Landesdurchschnitt von 126,9 l (Diepholz 132,2 l/Einwohner/Tag, Nienburg 129,9 l/Einwohner/Tag) (Tab. 17). Die Einwohner in den entsprechenden LK sind vollständig oder fast vollständig an die öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen (LSN 2019).

Tab. 17: Öffentliche Wasserversorgung in 2016 in den Landkreisen im Bereich des Einzugsgebietes der Großen Aue (eigene Zusammenstellung, Datenquelle LSN 2019).

Landkreis	Anteil im Große Aue-Einzugsgebiet [%]	Jahr	Wasserabgabe je Einwohner und Tag insgesamt (Letztverbraucher insgesamt) [L/(E*d)]	Abgabe je Einwohner und Tag (Haushalte und Kleingewerbe) [L/(E*d)]
Diepholz	29	2016	158,9	132,2
Nienburg	32	2016	188,9	129,9

Kurzinformation: Kap. 5 Grundwasserbewirtschaftung

- Für mengenbilanzrelevante Entnahmemengen von 24,15 Mio. m³/a sind im Einzugsgebiet Genehmigungen erteilt worden.
- Für 78% der genehmigten Entnahmemengen sind die Nutzungsorte im GWK „Große Aue Lockergestein links“ verortet.
- Ca. 42% der genehmigten Entnahmemengen sind für die Trinkwasserversorgung vorgesehen.
- 89% der für die Trinkwasserversorgung vorgesehenen Entnahmemengen sind im GWK „Große Aue Lockergestein links“ verortet.
- Neun Wasserversorgungsbetriebe sichern die Trinkwasserversorgung im Gebiet.
- Der Wasserverbrauch liegt durchschnittlich bei 131 l pro Einwohner und Tag.



Versorgungsräume mit Trinkwasser

- Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
- Wasserversorgung Sulinger Land
- Wasserversorgung Syker-Vorgeest
- Stadtwerke EVB Huntetal GmbH
- Wasserbeschaffungsverband Wietzen
- Wasserverband "Am Sandkamp"
- Wasserversorgung Nienburg-Süd
- Wasserversorgungsbetrieb Stolzenau

Gemeindegrenze

Landkreisgrenze

Grundwasserkörpergrenzen

Abb. 48: Trinkwasser-Versorgungsräume im Einzugsgebiet der Großen Aue.

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 (FBR) der WVU und VFM, die von den WVU im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlagen betrieben werden.

Auch die Grundwassermenge unterliegt Veränderungen, wobei insbesondere klimatische Schwankungen einen großen Einfluss auf die Menge haben. Grundwassernutzungen durch Grundwasserentnahmen aus der Industrie, der öffentlichen Wasserversorgung und der Landwirtschaft können sich 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 Grundwasser-

vorkommen und für wasserwirtschaftliche Planungen und Maßnahmen dar (NLWKN 2014). Das landeseigene Grundwasserstandsmessnetz umfasst im Wesentlichen von Grundwasserentnahmen unbeeinflusste Messstellen. Dem gegenüber stehen Messstellen, die anthropogene Beeinflussung z.B. durch Grundwasserentnahmen oder Versiegelung usw. anzeigen und beobachten. Hierzu zählen Pegel und Beweissicherungsbrunnen in TWGG.

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 setzt das Land Niedersachsen ein Gewässerüberwachungssystem (GÜN) ein, 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. Der NLWKN ist daher nicht nur in der Lage, Einzeldaten pro Messstelle zu liefern, sondern auch anhand der Messdaten die Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit und des Grundwasserstandes zu beurteilen.

Darüber hinaus verpflichtet das NWG (2010) mit § 89 die Unternehmen der „Öffentlichen Trinkwasserversorgung“ zur Eigenüberwachung des gewonnenen Rohwassers. Bei der Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser handelt es sich bei Rohwasser um Entnahmen aus Förderbrunnen und Quellen vor der Aufbereitung zu Trinkwasserzwecken. Um möglichst frühzeitig negative Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit erkennen zu können, müssen im Einzugsbereich der Grundwasserentnahmen Grundwassermessstellen, sogenannte VFM, errichtet und durch die WVU betrieben und ausgewertet werden. Die Güte-Daten werden an den NLWKN übermittelt und

vom Landesbetrieb ausgewertet und bewertet. Die Untersuchung der Rohwassermessstellen (RWM) und VFM und die Datenweitergabe an die UWB sowie den GLD ist per Erlass geregelt (MU 2019).

Die in den Messprogrammen erhobenen Rohdaten sowie Aus- und Bewertungen des quantitativen bzw. qualitativen Zustandes des Grundwassers werden der Öffentlichkeit in Berichtsform und über das Internet zur Verfügung gestellt. Der internetbasierte Grundwasserbe-

richt Niedersachsen (siehe auch Kap. 1) beispielsweise stellt umfangreiche Hintergrundinformationen zu Grundwasserstand und -güte bereit und liefert einen Überblick über die landesweite Grundwassersituation.

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

6.1 Messnetz

Während Belastungen der Atmosphäre z.B. durch Ozon oder Feinstaub oder Verunreinigungen von Oberflächengewässern häufig unmittelbar erkennbar bzw. messbar sind, können nachteilige Veränderungen im Grundwasser 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 (Tab. 18) können der NLWKN Schriftenreihe Grundwasser, Band 18 „Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN)“ (NLWKN 2014) entnommen oder von der NLWKN Internetseite abgerufen werden.

Tab. 18: Grundwassergüte und Grundwasserstände werden in Niedersachsen im Rahmen von verschiedenen Messprogrammen umfassend überwacht (NLWKN 2014, ergänzt).

Grundwasser-Messkonzept 2014				
GÜN-Messprogramme		Anzahl Messstellen		
		Programm	Land	Dritte
Stand	Grundwasser-Stand	1.584	1.558	26
	WRRL-Stand	1.121	903	218
	Klima-Stand	240	240	0
Güte	Grundwasser-Güte	601	594	7
	WRRL-Güte	1.085	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	kKeine Angabe	-	-
	Nitrat- und Pflanzenschutzmittel (LAWA)	23	23	0
	Europäische Umweltagentur (EUA)*	167	160	7
	Teilmessnetz Landwirtschaft	103	100	3
	Evaluierung von Grundwasserschutzmaßnahmen in Trinkwassergewinnungsgebieten**	1.410	44	1.366

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

Die GWM als 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 erfüllen, eine qualifizierte Grundwasserprobe (Abb. 49) gewinnen zu können, die in

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



Abb. 49: Durchführung einer qualifizierten Grundwasserprobenahme.

Die Festlegung des Mess- bzw. Beprobungs- turnus' und des zu erfassenden Parameterum- fanges eines Güteprogramms erfolgt dabei an- gepasst an regionale und landesweite Fragestellungen sowie nationale und internati- onale Berichtspflichten gemäß eines vom NLWKN erarbeiteten Messkonzeptes. Die Viel- fältigkeit der Anforderungen spiegelt sich in den verschiedenen Messprogrammen wider (Tab. 18). Die Messnetzkonzeption wird in re- gelmäßigen Abständen den neuen Erkenntnis- sen und der fortschreitenden Entwicklung der Mess- und Analysentechnik sowie den sich än- dernden aktuellen Fragestellungen angepasst. Der NLWKN veröffentlicht regelmäßig The- menberichte, in denen Erkenntnisse zu ver- schiedenen Fragestellungen vorgestellt wer- den.

Der Betrieb des GÜN Grundwassermessnet- zes umfasst die Probenahme inkl. der Ermitt- lung begleitender Vor-Ort-Parameter, die Er- mittlung des Grundwasserstandes, die Labor- untersuchung der Proben sowie die Wartung und die Unterhaltung der Messstellen (NLWKN 2012). Daneben werden bei Bedarf Messstel- len neu oder als Ersatz für abgängige Mess- stellen gebaut. Ferner erfolgt die Sammlung, Plausibilitätsprüfung und Auswertung der erho- benen Daten und deren Darstellung im Internet (Landesdatenbank, niedersächsische Umwelt- karten) und in Berichten wie beispielsweise dem vorliegenden Regionalbericht oder dem internetbasierten Grundwasserbericht (Kap. 1, Abb. 1).

Zur Darstellung der Grundwasserstandsentwicklung im Einzugsgebiet der Großen Aue stehen 25 Landesmessstellen mit Grundwasserstandsdaten zur Verfügung (Tab. 19), deren Messreihe mindestens 30 Jahre umfassen (siehe Kap. 7.2). Im Festgesteins-GWK „Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen“ sind keine Messstellen mit entsprechenden Datenreihen vorhanden.

Zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit im Große Aue-Einzugsgebiet werden Daten von 117 Messstellen (Landesmessstellen, FBR, VFM, sonstige GWM der WVU) ausgewertet (Tab. 19).

Grundwassergütedaten aus den WSG und TWGG Schwaförden, Sulingen, Kirchdorf und Liebenau II/Blockhaus sowie Stolzenau sind von den zuständigen WVU zur Verfügung gestellt worden. Insgesamt können Daten von 91 GWM und 26 FBR, ausgewertet werden (Tab. 20). Bei sechs GWM der WVU sind ausschließlich Untersuchungen auf Pflanzenschutzmittel durchgeführt worden.

Der GWK „Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen“ weist keine Messstellenbelegung auf.

Tab. 19: Anzahl der für die Entwicklung der Grundwasserstände ausgewerteten Messstellen (Landesmessstellen) im Einzugsgebiet der Großen Aue differenziert nach GWK.

GWK	GWM
Große Aue Lockergestein links	15
Große Aue Lockergestein rechts	10
Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen	0
Gesamt	25

Tab. 20: Anzahl (Betreiber und Art) der für die Grundwasserbeschaffenheit ausgewerteten Messstellen im Einzugsgebiet der Großen Aue differenziert nach GWK.

GWK	Gesamt	Betreiber		Art	
		Land	WVU	FBR	GWM
Große Aue Lockergestein links	91	15	76	22	69
Große Aue Lockergestein rechts	26	13	13	4	22
Kreideschichten zwischen Stewede und Petershagen	0	0	0	0	0
Gesamt	117	28	89	26	91

Land = landeseigene Messstelle; WVU = Wasserversorgermessstelle; FBR = Förderbrunnen; GWM = Grundwassermessstelle

Kurzinformation: Kap. 6 Grundwasserüberwachung

- Der NLWKN unterhält ein Messnetz zur Beobachtung der Grundwasserstände sowie der Grundwasserbeschaffenheit.
- Für die Auswertung der Grundwasserstandsbeobachtungen im Rahmen des vorliegenden Berichtes stehen 25 landeseigene Messstellen mit ausreichenden Zeitreihen zur Verfügung.
- Die Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit stützt sich auf landeseigene Messstellen sowie auf RWM/FBR und VFM der WVU.
- Zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit wird auf 117 Messstellen zurückgegriffen.

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. 50) oder durch Datensammler (Abb. 51). Zunehmend werden die Grundwasserstände automatisiert gemessen und per Datenfernübertragung (DFÜ) übermittelt (Abb. 50). Die Daten bilden die Grundlage für Auswertung und Beurteilung der Grundwassermenge (NLWKN 2012).

Durch Auftragen der gemessenen Grundwasserstände einer GWM gegen die Zeit werden Grundwasserganglinien erzeugt (Kap. 7.1). Die Grundwasserstandsdaten werden darüber hinaus zur Konstruktion von Grundwassergleichplänen genutzt. Daraus sind die Höhen des Grundwasserspiegels in einem Gebietsausschnitt abzulesen. Die Grundwassergleichen werden durch Konstruktion (Interpolation) von Linien gleichen Grundwasserstands (Isohypsen) zu einem definierten Beobachtungszeitpunkt (Stichtagsmessung) abgeleitet.



Abb. 50: Datensammler mit Datenfernübertragung, Lichtlot zur Handmessung, RDS-Recon zum Auslesen des Datensammlers.

Aus dem Grundwassergleichenplan lässt sich die Fließrichtung des Grundwassers bestimmen. Grundwassergleichenpläne werden für jeden Grundwasserleiter getrennt angefertigt.

Das LBEG stellt im Rahmen des digitalen Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) auf dem NIBIS-Kartenserver (2020, <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>) Grundwassergleichenpläne in den Maßstäben 1:200.000 und 1:50.000 für den oberen Hauptgrundwasserleiter zur Verfügung.

Die Grundwasserstandsentwicklung und die Mengenvorräte werden durch natürliche Faktoren (insbesondere Witterungs- und Klimadynamik) und anthropogene Einflüsse (Entnahmen, Entwässerung, Flurbereinigung, Aufstauungen) beeinflusst, die im Ganglinienverlauf sichtbar werden. Der im Internetportal des MU verfügbare Grundwasserbericht Niedersachsen (<http://www.umwelt.niedersachsen.de/grundwasser/grundwasserbericht>) bietet über die Niedersächsischen Umweltkarten die Möglichkeit, sich Ganglinien ausgewählter Messstellen anzeigen zu lassen und Zusatzinformationen abzurufen. Die Informationen stehen ebenfalls über das Niedersächsische Umweltportal (NUMIS-Kartenserver) zur Verfügung.



Abb. 51: Auslesen eines Datensammlers mit dem TDS-Recon.

7.1 Grundwasserganglinien

Bei der Darstellung einer Grundwasserganglinie werden die gemessenen Grundwasserspiegelhöhen gegen die Zeit aufgetragen. Der Verlauf der Ganglinie wird maßgeblich durch den Grundwasserzufluss bzw. -abfluss und durch die Grundwasserneubildung bestimmt. Im Winterhalbjahr versickert ein Großteil des Niederschlages und führt zu einer besonders hohen Grundwasserneubildung. In den Sommermonaten ist die Grundwasserneubildung durch eine hohe Verdunstungsrate (Evapotranspiration) und durch Aufnahme durch die Vegetation eingeschränkt. Untergeordnet können Schwankungen des Luft- und Auflastdruckes (insbesondere in gespannten Grundwasserleitern), Einflüsse von Erd- und Meeresgezeiten sowie seismische Aktivitäten den Verlauf der Grundwasserganglinie beeinflussen (NLWKN 2012).

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

a) Natürliche Faktoren:

- Klimatische Verhältnisse (z.B. Niederschlag, Temperatur, Verdunstung)
- Gestalt der Geländeoberfläche (Morphologie)
- Oberirdisches Gewässernetz
- Bodentyp, Bodenart

- Hydrogeologie des Untergrundes

b) Anthropogene Faktoren:

- Landnutzung
- Versiegelung der Erdoberfläche
- Stauhaltungen
- Gewässerausbau
- Meliorationsmaßnahmen
- Einleitungen in das Grundwasser
- Grundwasserentnahmen
- Einbauten in das Grundwasser
- Abbau von Bodenschätzen

Der Einfluss klimatischer Faktoren auf den Verlauf der Grundwasserstände ist exemplarisch für die GWM Asendorf I (Teilraum Syker Geest) dargestellt (Abb. 52). Die GWM Asendorf I besitzt eine Filterlage von 16 - 18 m u. GOK. Der mittlere Flurabstand der Messstelle beträgt 3,25 m u. GOK. Der über die Wintermonate ansteigende Grundwasserstand erfolgt in Abhängigkeit von der zu dieser Zeit erhöhten Grundwasserneubildung. In den Sommermonaten fallen die Grundwasserstände, in der Regel bis September/Oktober, um danach mit der einsetzenden Sickerwasserbildung wieder anzusteigen. Extreme Niederschlagsereignisse spiegeln sich in kurzfristig erhöhten Grundwasserständen wider.

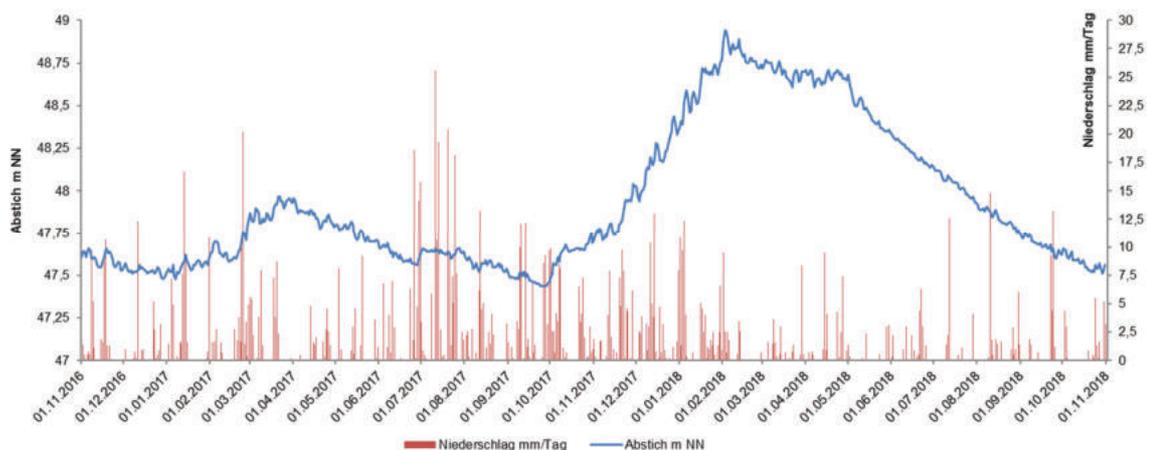


Abb. 52: Ganglinie der Grundwasserstände der GWM Asendorf I (Teilraum Syker Geest) für den Zeitraum vom 01.11.2016 bis zum 31.10.2018 und Tagesniederschläge der DWD Station Diepholz.

7.2 Aus- und Bewertungsmethodik

Im Unterschied zur Gefährdungsabschätzung und zur Bewertung des mengenmäßigen Zustands der GWK gem. EG-WRRL (2000) (siehe Kapitel 4), die in Niedersachsen auf einer in einzelne Prüfschritte gegliederten Matrix basieren, werden im Rahmen des vorliegenden Berichtes keine flächenbezogenen, sondern punktuelle, messstellenbezogene Aussagen getätigt.

Im Regionalbericht Große Aue werden unabhängig von der Bewertung nach der EG-WRRL (2000) 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 2013a) zur Auswertung der Grundwasserstandsentwicklung verwendet. Die Trendanalyse ermöglicht eine Aussage über langfristige Veränderungen der Grundwasservorräte.

Für die Auswertung der 30-jährigen Grundwasserstandsentwicklung wird hier der Zeitraum vom 01.11.1988 bis zum 31.10.2018 berücksichtigt. 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 nicht, dass in dieser Zeitreihe bereits alle möglichen Extremwerte aufgetreten sein müssen (NLWKN 2012).

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. 21).

$$\text{Gleichung (1)} \quad \frac{\text{Steigung der Regressionsgeraden } \left(\frac{\text{cm}}{\text{a}}\right)}{\text{Spannweite der Extremwerte (cm)}} = \text{Trendkoeffizient}$$

Die in Tab. 21 dargestellte Klasseneinteilung ist der Empfehlung von Grimm-Strele folgend für die niedersächsischen hydrogeologischen Verhältnisse angepasst, da die ursprüngliche Klassifizierung für baden-württembergische Verhältnisse entwickelt wurde. Mit Hilfe der Klasseneinteilung, die auch der Empfehlung der Arbeitshilfe der Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2003) entspricht, ergibt sich für die Lockergesteinsgebiete des Flusseinzugsgebietes der Großen Aue ein plausibles Bewertungsbild, das die wasserwirtschaftliche Entnahmesituation der Region widerspiegelt.

In den vorliegenden Auswertungen nach Grimm-Strele werden Messstellen berücksichtigt, die eine Zeitreihe von 30 Jahren aufweisen. Die als Tages-, Wochen- oder Monatsmessung vorliegenden Standsdaten werden durch die Bildung von Monatsmittelwerten vereinheitlicht. Als Bedingung für die Auswertung dürfen lediglich bis zu 10% Fehlmonate im Datenbestand vorhanden sein. Messstellen mit Fehlmonaten zu Beginn und Ende der Zeitreihe werden für die Auswertungen nicht herangezogen.

Bezugsebene für die Auswertungen sind die innerhalb des Große Aue-Gebietes liegenden Flächenanteile der hydrogeologischen Teilräume (Kap. 2.2, Abb. 4).

Tab. 21: Klasseneinteilung der Bewertung nach Grimm-Strele (NLWKN 2013a), angepasst an niedersächsische Verhältnisse.

Klasse	Bezeichnung
-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

Eine beispielhafte Trendberechnung ist für die GWM Göthen (Teilraum Börde Geest) dargestellt (Abb. 53). Nach Abgleich des Endergebnisses $(-0,0175 \text{ (Steigung)}/2,14 \text{ (Spannweite)} * 100 \text{ (Umrechnung \%)} = \text{Trendkoeffizient} - 0,8)$ mit Tab. 21 ergibt sich für das vorliegende Beispiel eine fallende Grundwasserstandsentwicklung. Angesichts der starken

Schwankungen der Grundwasserstände und des Fehlens eines Trends im Sinne einer stetigen linearen Entwicklung wird deutlich, dass die Trendklassifikation zwar Ausdruck der mittleren Grundwasserstandsveränderung ist, jedoch keine Rückschlüsse auf die Dynamik innerhalb des Betrachtungszeitraumes zulässt.

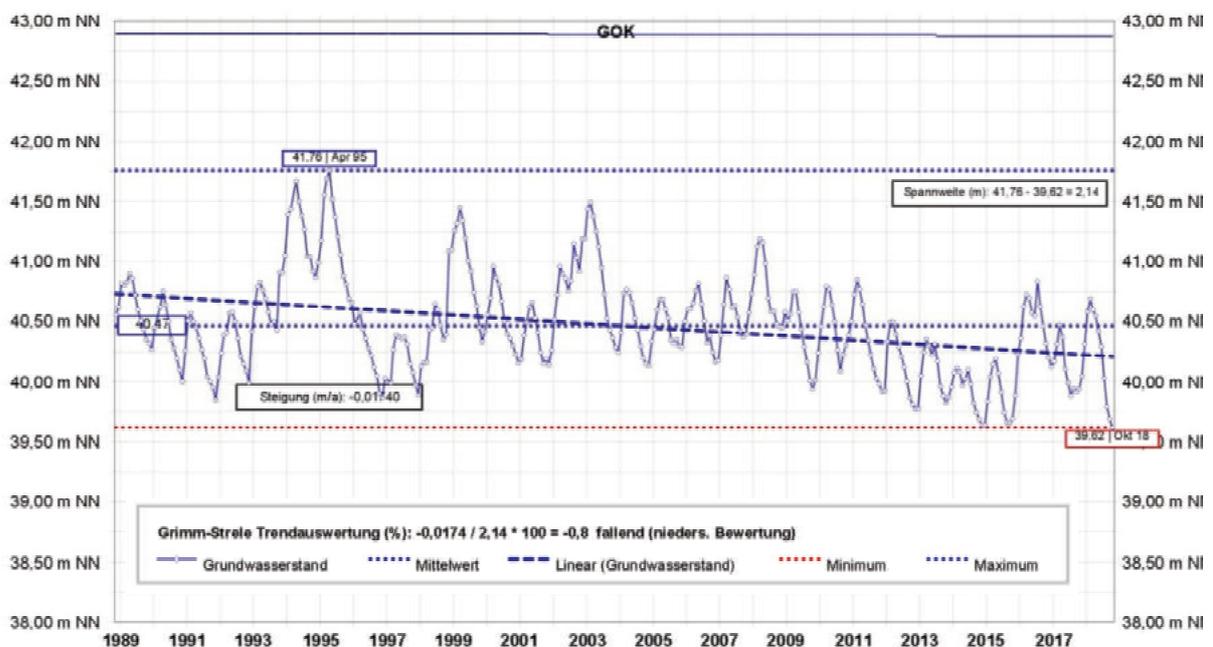


Abb. 53: Beispiel einer Trendberechnung nach Grimm-Strele für einen Zeitraum von 30 Jahren (01.11.1988 - 31.10.2018) für die GWM Göthen als exemplarische Ganglinie mit fallendem Trend. Die blaue, gestrichelte Linie zeigt die Regressionsgerade (linear) an.

Die Veränderungen der Extremwerte der Grundwasserstände (Grundwasserniedrigstand, Grundwasserhochstand) werden in klassifizierter Form anhand von Quantilswerten dargestellt. Dabei wird das Einzeljahr im Vergleich zum langjährigen Referenzzeitraum (01.11.1988 bis 31.10.2017) betrachtet. Quantile stellen ein Lagemaß in der Statistik dar und bilden einen Schwellenwert ab, der von einem vorgegebenen Prozentanteil der Messwerte

unterschritten wird. Für die Bewertung der Grundwasserstände wird eine siebenstufige Klassifikation nach NLWKN (2019b) verwendet (Tab. 22). Daneben werden die absoluten Abweichungen in Metern von den langjährigen Bezugswerten betrachtet. Als Ebene für die Auswertungen dienen die innerhalb des Große Aue-Gebietes liegenden Flächenanteile der hydrogeologischen Teilräume (Kap. 2.2, Abb. 4).

Tab. 22: Klassifikationsschema der Grundwasserstände nach Quantilswerten (NLWKN 2019b).

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

7.3 Grundwasserstandsbeobachtung – Ergebnisse der Datenauswertung

Im Zuge des Berichtes werden unabhängig von der Risikoabschätzung und der Bewertung nach der EG-WRRL (2000) die Grundwasserstandsdaten punktuell für jede Messstelle ausgewertet und dargestellt. Für die Auswertung der Grundwasserstands-entwicklung nach dem Grimm-Strele-Verfahren

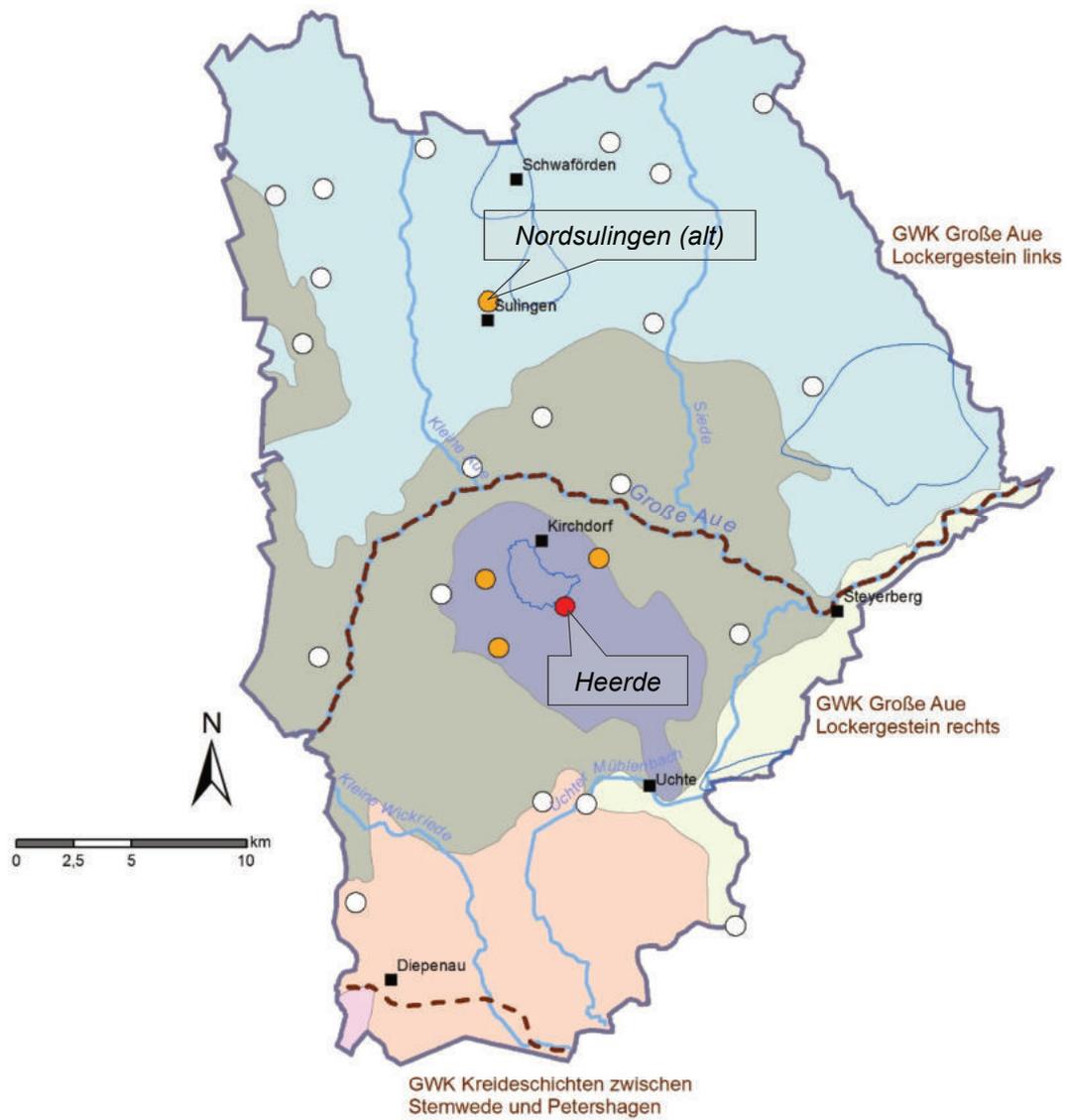
stehen insgesamt 25 Landesmessstellen mit geeigneten Zeitreihen zur Verfügung. Bei 23 GWM ist eine Auswertung der Extremwerte (Grundwasserhochstand, Grundwasserniedrigstand) über eine Klassifikation nach Quantilswerten möglich, wobei ein Abgleich mit dem 30-jährigen Referenzzeitraum erfolgte.

7.3.1 Grundwasserstandsentwicklung über 30 Jahre

Die langjährige Entwicklung der Grundwasserstände im Einzugsgebiet der Großen Aue weist für 20 der 25 auswertbaren Messstellen einen gleichbleibenden Trend auf (Abb. 54, Tab. 23). GWM mit steigenden Trends sind nicht vorhanden. Vier in der Börde Geest verorteten GWM weisen fallende (3 GWM) bzw. stark fallende (1 GWM) Entwicklungen auf. In der Syker Geest zeigen die Grundwasserstände der GWM Nordsulingen (alt) eine fallende Tendenz. Insgesamt zeigen sich die fallenden Grundwasserstände unabhängig vom Grundwasserflurabstand. So treten negative Trends

sowohl bei GWM mit geringen Flurabständen von 2-3 m als auch bei großen Flurabständen von mehr als 10 m auf (z.B. Nordsulingen (alt): mittlerer Flurabstand 3,42 m, Heerde: mittlerer Flurabstand 15,17 m).

Bei der Beurteilung der Standsentwicklung auf Teilraumbene ist zu berücksichtigen, dass der Teilraum Mittelweser-Aller-Leine Niederung innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue nur durch eine GWM belegt ist. Innerhalb des Teilraums Diepenauer Geest befinden sich nur im nördlichen Teilbereich auswertbare GWM.



Hydrogeologische Teilräume
(Quelle: NIBIS-Kartensever, HÜK500, LBEG 2004)

- Syker Geest
- Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille
- Böhrde Geest
- Mittelweser-Aller-Leine Niederung
- Diepenauer Geest
- Kreidemergel des nördlichen Wiehengebirgsvorlandes
- Grundwasserkörpergrenzen
- Trinkwassergewinnungsgebiete

Grimm-Strele Beurteilung 1988 bis 2018

- stark fallend
- fallend
- gleichbleibend

Abb. 54: 30-jährige Trendentwicklung des Grundwasserstandes im Einzugsgebiet der Großen Aue.

Tab. 23: Anzahl von GWM mit Beurteilung der Grundwasserstandsentwicklung nach Grimm-Strele (30 Jahre) innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes.

Hydrogeologischer Teilraum	Grimm-Strele Beurteilung				
	stark steigend	steigend	gleichbleibend	fallend	stark fallend
Syker Geest	0	0	9	1	0
Diepholzer Moorniederung	0	0	7	0	0
Böhrde Geest	0	0	0	3	1
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	0	0	1	0	0
Diepenauer Geest	0	0	3	0	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	0	0	0	0
Gesamt	0	0	20	4	1

Die abnehmenden Grundwasserstände können durch anthropogene Ursachen oder natürlich (z.B. klimatisch) bedingt sein (siehe auch Kap. 7.1). Neben jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen die Grundwasserstände mittel- und langfristigen Veränderungen abhängig von klimatischen Schwankungen. Die im Zeitraum 1988 bis 2018 deutlich zurückgehenden Niederschlagsmengen der DWD-Station Diepholz (Abb. 55) spiegeln sich jedoch nicht in den

nach Grimm-Strele zumeist gleichbleibenden Grundwasserständen des Einzugsgebietes wider. Gegebenenfalls ist bei den vereinzelt GWM mit fallenden Entwicklungen (z.B. GWM Heerde) eine standortabhängige Ursachenklärung notwendig, da auch Veränderungen im Umfeld der Messstellen oder Erhöhungen der Grundwasserentnahmen diesen Trend verursachen können (siehe Kap. 7.1).

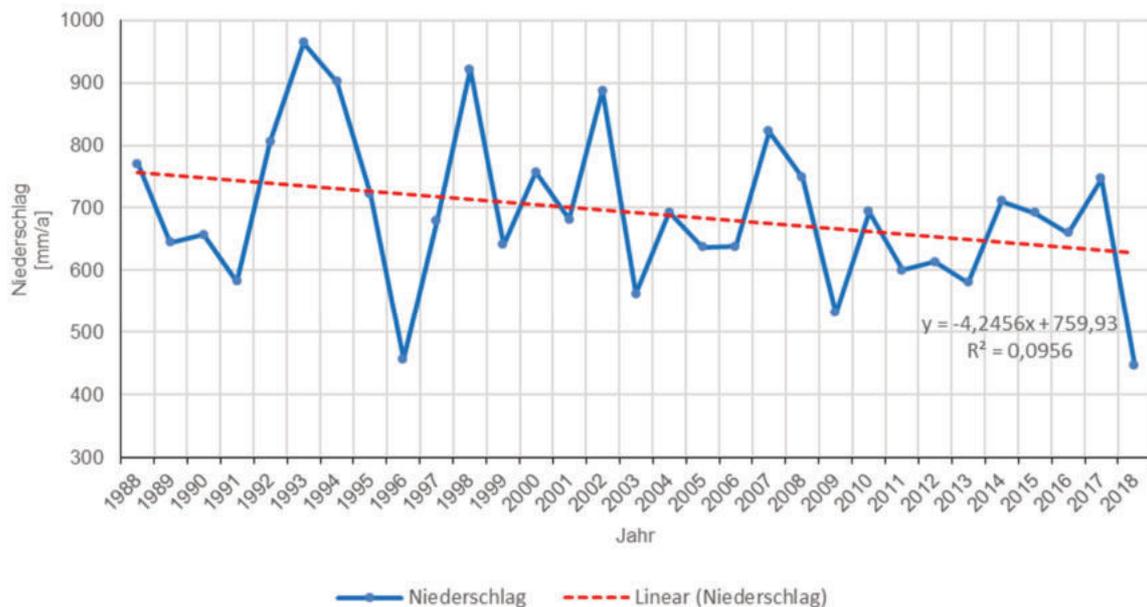


Abb. 55: Jahresniederschlagsmengen (DWD) der Station Diepholz für den Zeitraum 1988 bis 2018.

Die Ziele der mengenmäßigen Bewirtschaftung gelten als erfüllt, wenn u.a. die Grundwasserentnahmen das nutzbare Dargebot nicht überschreiten. Die UWB 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. Angesichts des Klimawandels wird die Frage nach einer etwaigen Verschlechterung des mengenmäßigen Grundwasserzustandes eine immer größere Rolle in der Wasserrechtspraxis spielen.

7.3.2 Veränderung der Extremwerte von Grundwasserständen

Die Entwicklungen der Grundwasserhoch- und Grundwasserniedrigstände sind innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue relativ einheitlich ausgeprägt. Unterschiedliche Tendenzen in den Geest- und Niederungsbereichen sind nicht erkennbar (Abb. 56). Deutlich sicht-

bar ist der klimatische Einfluss auf die Grundwasserextremwerte. So spiegeln sich die Feucht- und Trockenphasen der Niederschlagsentwicklung (Abb. 55) auch in der Entwicklung der Grundwasserniedrig- bzw. Grundwasserhochstände wider (Abb. 57, Abb. 58).

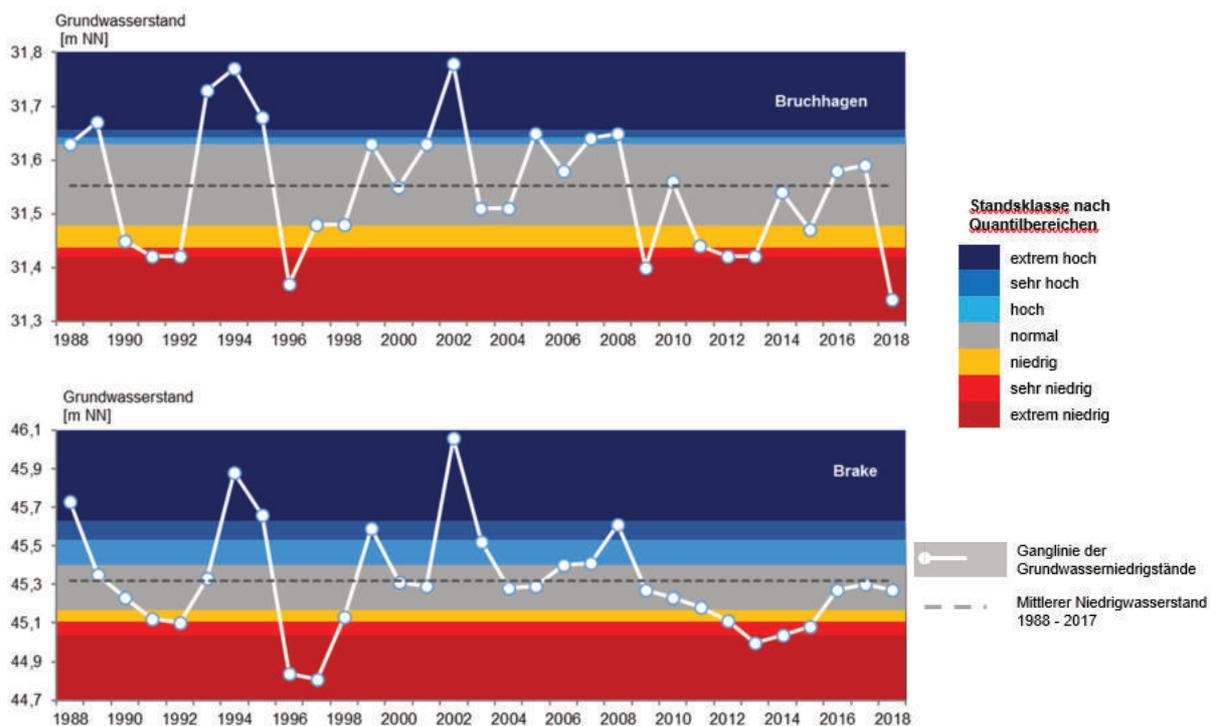


Abb. 56: Ganglinien der Grundwasserniedrigstände ausgewählter GWM aus dem Geest- und Niederungsbereich (Bruchhagen/Diepholzer Moorniederung, Brake/Syker Geest). Berücksichtigt sind die messstellenspezifischen Quantilsbereiche zur Einordnung der Standsklassen von extrem hoch bis extrem niedrig, die als farbige Balken im Hintergrund platziert sind.

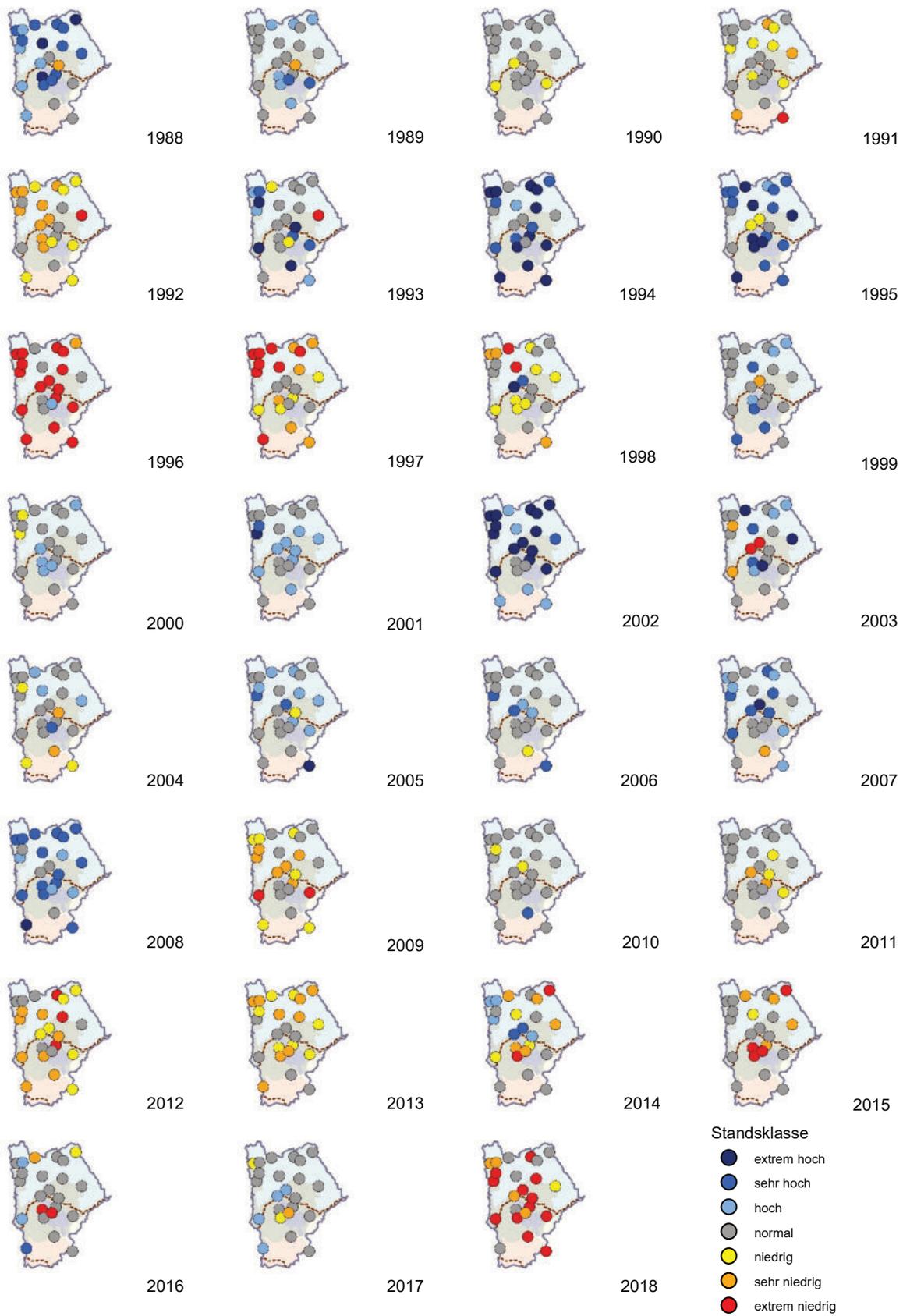


Abb. 57: Entwicklung der Niedrigwasserstandssituation ab 1988 im Vergleich zur Quantilverteilung der jährlichen Niedrigwasserstände im Zeitraum 1988 - 2017.

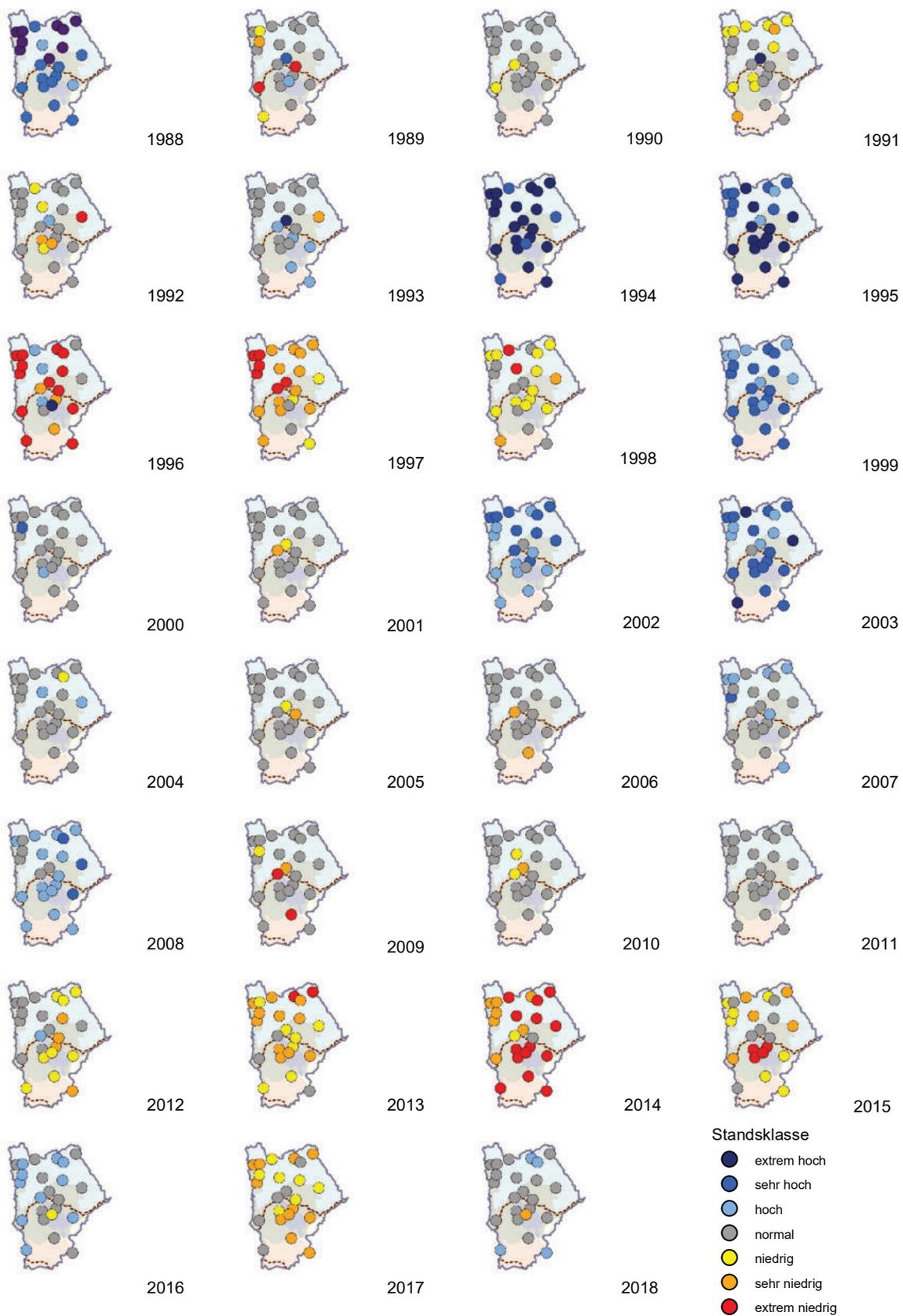


Abb. 58: Entwicklung der Hochwasserstandssituation ab 1988 im Vergleich zur Quantilverteilung der jährlichen Hochwasserstände im Zeitraum 1988 - 2017.

Die ausgesprochenen Feuchtjahre 1993/1994, 1998, 2002 und 2007 gehen einher mit sehr hohen bis extrem hohen Niedrigwasserständen und Hochwasserständen. Das Trockenjahr 1996 spiegelt sich in extrem niedrigen Grundwasserniedrigständen und in extrem niedrigen Hochwasserständen wider. Das ebenfalls trockene Jahr 2003 zeigt sich hingegen nicht in den Grundwasserextremwerten. 2009 traten zwar verstärkt sehr niedrige Niedrigstände auf, die Hochstände zeigen hingegen ein durchschnittliches Niveau. Auffällig ist das Trockenjahr 2018, das sich durch extrem niedrige Niedrigwasserstände, aber ausgeglichene Hochwasserstände, auszeichnet. Diese Entwicklung der Grundwasserextremwerte zeigt sich tendenziell landesweit (NLWKN 2019b).

Die absoluten Abweichungen der Extremwerte von den mittleren Grundwasserständen folgen dem gleichen Muster wie die Entwicklung der Standsklassen. Die GWM der Geestregionen zeigen jedoch häufig höhere Absenkungen nach Trockenzeiten und höhere Anstiege nach Feuchtphasen als Messstellen in den Niederungen (NLWKN 2019b). Der Ganglinienverlauf der GWM Bruchhagen (Diepholzer Moorniederung) ist beispielsweise deutlich flacher als der Verlauf der Geest-Messstelle Brake in der Syker Geest (Abb. 59). Grundwasserspiegelanstiege und -rückgänge können eher durch einen höheren bzw. geringeren Abfluss in den dichten Vorfluternetzen der Niederungsgebiete ausgeglichen werden (NLWKN 2019b).



Abb. 59: Absolute Abweichung der Grundwasserniedrigstände vom langjährigen Mittel der Niedrigwasserstände im Zeitraum 1988 - 2017 am Beispiel einer GWM aus der Geest (Brake, gelbe Linie) und einer GWM aus dem Niederungsbereich (Bruchhagen, grüne Linie).

Die absoluten Abweichungen der Monatsmittelwerte vom Jahresmittelwert sind für das Jahr 2018 getrennt nach Geest- und Niederungsmessstellen dargestellt (Abb. 60). Als Grundlage für die räumliche Zuordnung der GWM dient ihre Verortung innerhalb der entsprechenden hydrogeologischen Teilräume. In den Geestmessstellen treten die Jahreshochstände

im Zeitraum Februar bis April auf. Der Tiefstand wird zumeist in den Monaten September bis Oktober, vereinzelt auch im Dezember, erreicht. Die Niederungsmessstellen zeigen Hochstände in den Monaten Februar und März. Der Jahrestiefstand hingegen wird schon in den Monaten August und September, also deutlich früher als in der Geest, erreicht.

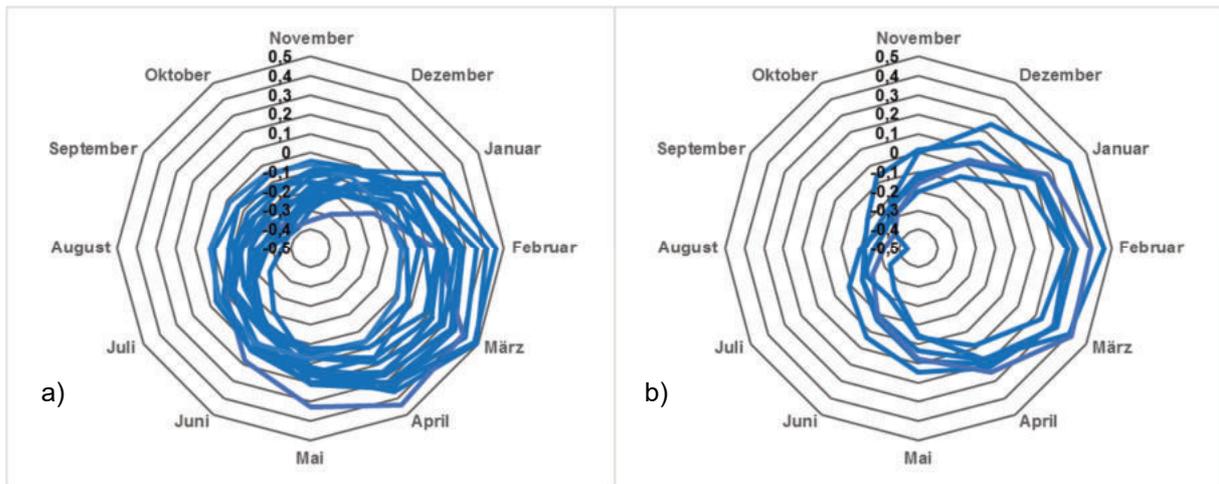


Abb. 60: Absolute Abweichungen der Monatsmittelwerte vom Jahresmittelwert im hydrologischen Jahr 2018 (Angaben in Meter), Messstellensortierung nach Verortung in a) Geest und b) Niederung.

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 für die meisten GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue einen gleichbleibenden Trend auf. Insbesondere GWM der Böhnde Geest weisen fallende Grundwasserstände auf.
- Die Veränderungen der Grundwasserhoch- und tiefstände folgen weitgehend der Niederschlagsentwicklung.
- In den Niederungen werden die Grundwasseranstiege bzw. Grundwasserrückgänge durch das Vorfluternetz stärker ausgeglichen als in der Geest.
- 2018 werden die Grundwassertiefstände innerhalb der Niederungsgebiete im August/September erreicht und damit deutlich früher als in der Geest mit Tiefständen im September /Oktober.
- 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 Wasserrechtspraxis spielen.

8 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 im Hinblick auf einen vorbeugenden Grundwasserschutz ist es wichtig, diese Dynamik zu erkennen, um bei einer negativen Veränderung rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können (NLWKN 2012).

8.1 Aus- und Bewertungsmethodik

In den folgenden Kapiteln werden die Analyseergebnisse der Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit für einen 10-jährigen Zeitraum vom 01.01.2009 bis zum 31.12.2018 dargestellt. Als Indikatoren für eine Belastung der Grundwasservorkommen durch Stoffeinträge werden Auswertungen für 15 Parameter bzw. Parametergruppen vorgenommen.

Als regelmäßig gemessene Größen, neben den physikochemischen Kenngrößen pH-Wert und Sauerstoff, werden Gesamthärte (vereinfacht: Summe Calcium und Magnesium), die Stickstoffverbindungen Nitrat, Nitrit, Ammonium sowie Sulfat und Chlorid, ortho-Phosphat, Kalium, Eisen und Aluminium betrachtet. Ebenfalls dargestellt werden die in größeren zeitlichen Abständen gemessenen Schwermetalle Arsen, Cadmium und Nickel.

Eine allgemeine hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers in den Teilraumbereichen des Einzugsgebietes der Großen Aue erfolgt durch Darstellung der Hauptinhaltsstoffe in Piper-Diagrammen mit Klassifikation nach Furtak & Langguth (1967).

Die Einzelparameter werden in Form von Kartendarstellungen mit den aktuell verfügbaren Jahresmittelwerten und tabellarischen Auswertungen mit Zusatzinformationen dargestellt. Auf Ebene der hydrogeologischen Teilräume

Der im Internetportal des MU verfügbare Grundwasserbericht Niedersachsen (<http://www.umwelt.niedersachsen.de/grundwasser/grundwasserbericht>) bietet über die Niedersächsischen Umweltkarten die Möglichkeit, sich über die Grundwasserbeschaffenheit in Niedersachsen zu informieren. Für eine Vielzahl von Messstellen sind parameterbezogene Daten verfügbar, und es können Zusatzinformationen abgerufen werden. Die Informationen stehen ebenfalls über das Niedersächsische Umweltportal (NUMIS-Kartenserver) zur Verfügung.

werden Minimum-, Maximum- und Durchschnittswerte der einzelnen Parameter benannt. Werte kleiner der Bestimmungsgrenze (BG) gehen mit dem halben Wert der BG in die Berechnungen ein.

Für die Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit werden für die Mehrzahl der Parameter definierte Grenzwerte der TrinkwV (2016) sowie Schwellenwerte der GrwV (2010) zu Grunde gelegt. Die entsprechenden Angaben können für die im Regionalbericht dargestellten Parameter aus Tab. 24 entnommen werden.

Zur Erfassung langfristiger Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit werden für die Parameter pH-Wert, Nitrat, Sulfat und Kalium Trendbetrachtungen (Regression) für den Betrachtungszeitraum 01.01.2009 bis 31.12.2018 durchgeführt und signifikant steigende bzw. fallende Trends ausgegeben. Voraussetzung für die Durchführung einer Trendbeurteilung ist das Vorhandensein von mindestens 4 Jahresmittelwerten im 10-jährigen Betrachtungszeitraum. Um deutliche Messwertveränderungen zu lokalisieren, bleiben Datenreihen im Bereich der BG oder im unteren Konzentrationsbereich unberücksichtigt. Im unteren Konzentrationsbereich können statistisch signifikante Trends angezeigt werden. Diese stellen aber unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten an sich keine fallenden oder steigenden Entwicklungen

der Messwerte dar. Die Beurteilung der Ausprägung signifikanter Trends erfolgt durch

Klassifizierung der Steigung der Regressionsgeraden in zwei Klassen (Tab. 25).

Tab. 24: Übersicht der im vorliegenden Bericht ausgewerteten Parameter mit den jeweiligen Schwellen- bzw. Grenzwerten sowie der Anzahl der Gesamtanalysen im Zeitraum 2009 bis 2018.

Parameter	Grenzwert TrinkwV (2016)	Schwellenwert GrwV (2010)	Analysen Anzahl
Arsen	10 µg/l	10 µg/l	347
Aluminium gelöst	0,2 mg/l	-	1.061
Ammonium	0,5 mg/l	0,5 mg/l	1.089
Cadmium	3 µg/l	0,5 µg/l	501
Chlorid	250 mg/l	250 mg/l	1.303
Eisen	0,2 mg/l	-	1.239
Gesamthärte in °dH	-	-	1.231
Kalium	-	-	1.227
Nickel	20 µg/l	-	687
Nitrat	50 mg/l	50 mg/l	1.341
Nitrit	0,5 mg/l	0,5 mg/l	1.089
pH	< 6,5 und > 9,5	-	1.222
ortho-Phosphat	-	0,5 mg/l	951
Sauerstoff	-	-	1.205
Sulfat	250 mg/l	250 mg/l	1.302
Pflanzenschutzmittel (Wirkstoffe und Metaboliten)	> 0,1 µg/l	> 0,1 µg/l	siehe Kap. 8.2.13.1 und Kap. 8.2.13.2

Tab. 25: Klassifikationsschema der Ausprägung signifikanter Trends.

Steigung der Regressionsgeraden +/-	Ausprägung der Trendbewertung
bis 5	gering
> 5	stark

Zu beachten ist, dass die in den Karten dargestellten Analyseergebnisse nur für eine begrenzte Flächenausdehnung im jeweiligen Anstrom der Messstelle gelten. Infolge kleinräumiger geologischer und bodenkundlicher Heterogenität sowie örtlich variierender Flächennutzung können sich auf engem Raum Unterschiede in der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers einstellen.

PSM und deren Metaboliten werden anhand einer Prüfliste mit 129 Wirkstoffen, relevanten (rM) und nicht relevanten Metaboliten (nrM) ausgewertet. Bei der Bewertung der Pflanzenschutzmitteluntersuchungen wird für PSM-

Wirkstoffe der Schwellenwert von 0,1µg/l berücksichtigt. Für Metaboliten wird der gesundheitliche Orientierungswert (GOW) von 1 µg/l sowie der Vorsorgemaßnahmenwert (VMW) von 10 µg/l zur Einschätzung der Ergebnisse herangezogen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in tabellarischer Form und in einer Kartendarstellung. Bezugsebene für die Auswertungen sind die innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue liegenden Flächenanteile der hydrogeologischen Teilräume.

8.2 Grundwasserbeschaffenheit - Ergebnisse der Datenauswertung

Für die Auswertung werden Messstellen zusammengefasst, die in unterschiedlichen Güteprogrammen untersucht werden. Die Untersuchungshäufigkeit der Messstellen und der Umfang der analysierten Parameter variieren je nach Programm. Folgende Wasseruntersuchungen werden regelmäßig durchgeführt:

- jährliche Untersuchungen des Rohwassers der FBR durch die WVU auf die wichtigsten Parameter
- jährliche oder 5-jährliche Untersuchungen von VFM durch die WVU
- jährliche Untersuchungen von landeseigenen Messstellen (GW-Güte, WRRL-Güte) durch den NLWKN
- jährliche Untersuchungen der EG-WRRL (2000) Messstellen auf Parameter des Grundprogramms (Überblicksmessnetz)
- zweimal jährlich werden operative Messstellen in Grundwasserkörpern, die nach EG-WRRL (2000) mit im „schlechten Zustand“ bewertet wurden, beprobt (operatives Messnetz)
- regelmäßige Untersuchungen auf Parameter des Ergänzungsprogramms (alle drei Jahre)
- regelmäßige Untersuchungen auf leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) sowie PSM (alle sechs Jahre, bei Belastungen Wiederholungen im Folgejahr)

Durch Änderungen innerhalb des Messnetzes, z.B. durch Messstellenneubauten oder durch

Stilllegungen von GWM oder FBR, kommt es zu Schwankungen bei der Anzahl jährlich untersuchter Messstellen und zu unterschiedlichen Datenreihen (Abb. 61). Nicht für alle Messstellen liegen komplette Zeitreihen eines Parameters von 2008 bis 2017 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 der einzelnen Messstelle kann daher in Bezug auf den betrachteten Parameter innerhalb des Untersuchungszeitraumes variieren. Für die Auswertung wird der jeweils letzte verfügbare Jahresmittelwert herangezogen. Für das Einzugsgebiet Große Aue können 117 Messstellen mit Güteuntersuchungen ausgewertet werden. Für 111 Messstellen liegen dabei Nitratwerte im Zeitraum 2009 bis 2018 vor, wobei für 105 Messstellen (95%) aktuelle Nitratwerte aus den Jahren 2018 oder 2017 verfügbar sind. (Abb. 61). Für die in größeren Abständen untersuchten Parameter liegen größtenteils Messwerte aus den letzten fünf Jahren vor. Für Arsen beispielsweise sind für das Jahr 2018 Messwerte von 61% des Messstellenbestandes vorhanden (Abb. 62). Über die Hälfte der Messstellen (60 von 117 GWM) mit Gütedaten sind flach verfiltert mit Filteroberkanten (FOK) bis 15 m u. GOK (Abb. 63). Für eine VFM liegt keine Angabe zur Filterlage vor.

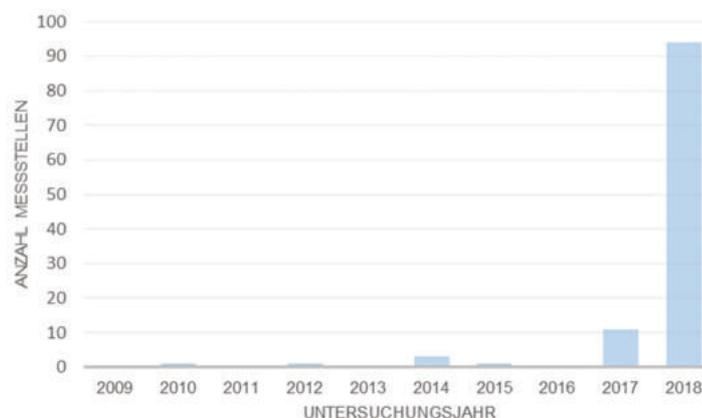


Abb. 61: Anzahl der Messstellen pro Beprobungsjahr, deren Nitratwert als letzter verfügbarer Jahresmittelwert in die Güteauswertungen einfließt.

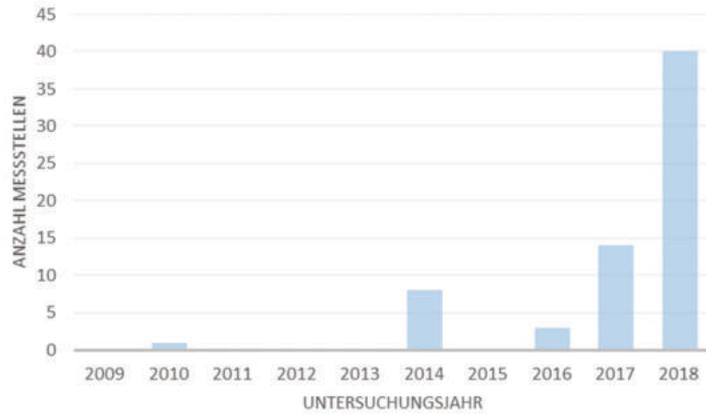


Abb. 62: Anzahl der Messstellen pro Beprobungsjahr, deren Arsenwert als letzter verfügbarer Jahresmittelwert in die Güteauswertungen einfließt.

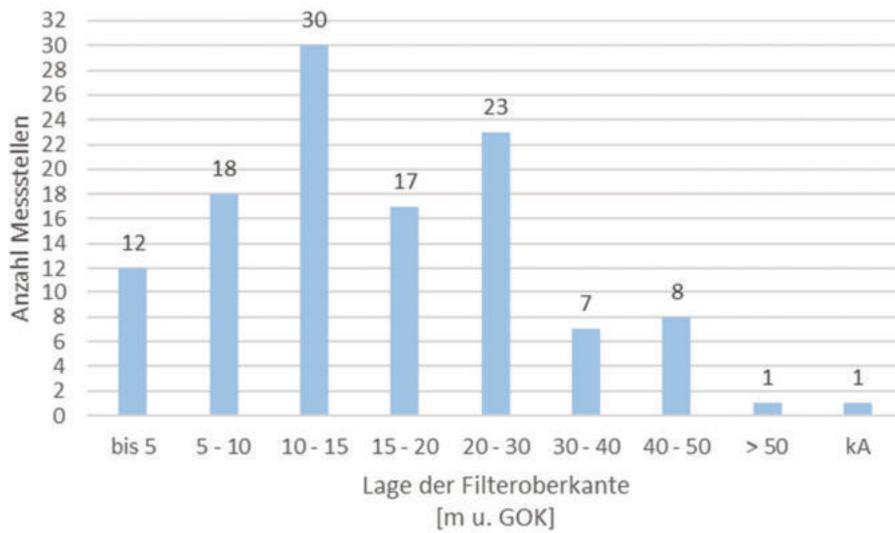


Abb. 63: Messstellen mit Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit klassifiziert nach Lage der FOK (n=117), kA = keine Angabe der FOK verfügbar.

8.2.1 Charakterisierung des Grundwassers nach Hauptinhaltsstoffen

Zur allgemeinen Charakterisierung des Grundwassers in den Teilräumen des Einzugsgebietes der Großen Aue werden die Hauptinhaltsstoffe in einem Piper-Diagramm dargestellt. In diesem Mehrstoffdiagramm werden die gemessenen Konzentrationen der Hauptinhaltsstoffe des Grundwassers (Sulfat, Chlorid, Nitrat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium und (Hydrogen-)Carbonat) als Äquivalentkonzentrationen zueinander in Beziehung gesetzt (Abb. 64). Das untere linke Dreieck zeigt die Konzentrationsbeziehungen der Kationen, das rechte Dreieck die Verhältnisse der Anionen zueinander. Die Summendarstellung beider Dreiecke wird in der Raute wiedergegeben. Anhand des Piper-Diagrammes können Wasserproben typisiert, verglichen und weiter ausgewertet werden. Bei der Einteilung des Grundwassers wird die Klassifikation nach Furtak & Langguth (1967) verwendet.

Das Grundwasser im Teilraumbereich der Syker Geest weist größtenteils erdalkalische Wässer mit höherem Alkali-Anteil auf und kann als „überwiegend sulfatisch/chloridisch“ bezeichnet werden (Abb. 64). Zwei Messstellen des Wasserwerks (WW) Liebenau II können dem alkalischen Grundwasser zugeordnet werden, zeigen jedoch ebenfalls einen sulfatisch/chloridischen Charakter. Auffällig ist die GWM Hahnhorst II mit ebenfalls alkalischem Grundwasser, das jedoch „überwiegend (hydrogen-)carbonatisch“ ausgeprägt ist. Nach der Typisierung von Löffler und Meinert (2011), die eine Einteilung des Grundwassers anhand der Bildungsbedingungen vornehmen, kann hier von „altem“, z.T. stagnierendem Grundwasser ausgegangen werden (Abb. 65). Insbesondere die hohen Carbonatgehalte und ein geringer Lösungsinhalt weisen auf altes Grundwasser hin.

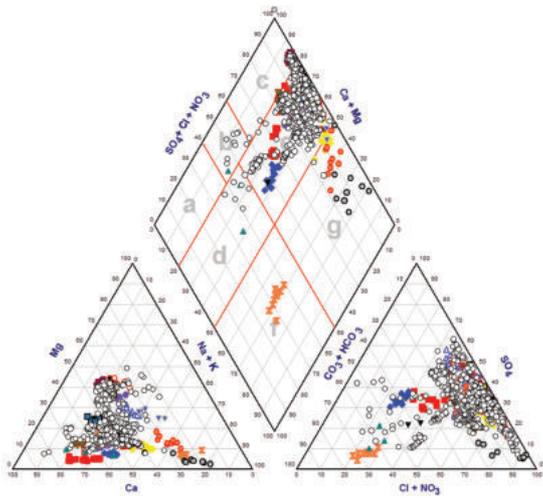
Auch im Teilraum Diepholzer Moorniederung ist das Grundwasser vieler GWM erdalkalisch und „vorwiegend sulfatisch/chloridisch“ (Abb. 64). Auffällig ist die Messstelle Ströhen, die alkalisches Wasser mit Typ „vorwiegend sulfatisch/chloridisch“ aufweist. Die Streuungen sowohl der Kationen als auch der Anionen sind

hier aufgrund deutlich jahreszeitlich ausgeprägter Schwankungen groß, wobei u.a. hohe Nitrat-, Chlorid-, Natrium-, und Calciumwerte im Frühjahr und deutlich niedrigere Werte im Winterhalbjahr auftreten (Abb. 66). Auffälligkeiten weist auch die GWM Voigtei auf, die ab Herbst 2016 eine Zunahme an Alkalimetallen und eine deutliche Abnahme insbesondere an Calcium aufweist. Das Grundwasser ändert aufgrund der ab 2016 deutlichen Zunahme von Natriumchlorid (Abb. 67) seinen Charakter von erdalkalisch mit höherem Alkalianteil zu alkalisch „überwiegend sulfatisch/chloridisch“. Ab 2016 nehmen hier auch die Nitratgehalte deutlich ab. Sehr hohe Hydrogencarbonatgehalte weist die Messstelle Steinbrink auf, die im Piper-Diagramm in der unteren Hälfte der Raute verortet ist. Das Grundwasser kann als erdalkalisch mit höherem Alkalianteil bezeichnet und dem Typ „überwiegend hydrogencarbonatisch“ zugeordnet werden. In Anlehnung an die Klassifizierung von Löffler & Meinert (2011) kann hier von „altem“ Grundwasser ausgegangen werden (Abb. 65). Auch Wriedt (2016) konnte für diese Messstelle lange Transportzeiten des Grundwassers von 60 bis 200 Jahren ermitteln.

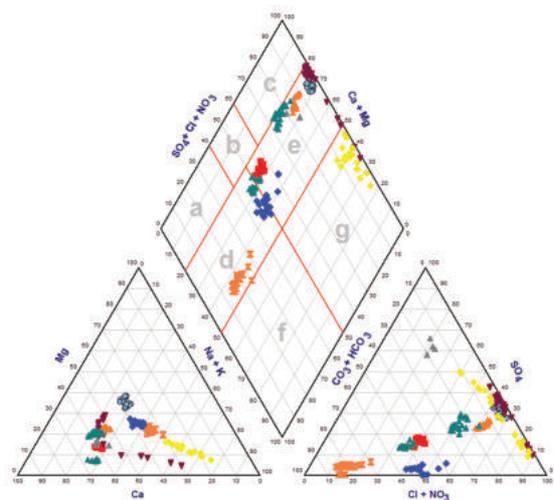
Die Messstellen im Teilraumbereich der Börde Geest zeigen erdalkalisch geprägtes Wasser mit „überwiegend sulfatisch“ bzw. „überwiegend sulfatisch/chloridisch“ Charakter (Abb. 64). Eine Ausnahme bildet die GWM Göthen, die durch alkalisches Wasser geprägt ist.

In dem Teilraum Mittelweser-Aller-Leine Niederung sind lediglich drei GWM verortet, sodass die Interpretation der Analysenergebnisse mit der entsprechenden Unsicherheit behaftet ist. Zwei Messstellen zeigen normal erdalkalisches Wasser, die dritte Messstelle weist einen höheren Alkaligehalt auf.

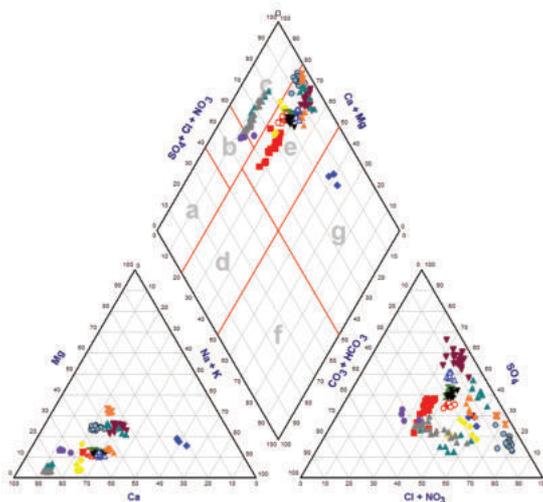
Die fünf GWM der Diepenauer Geest weisen erdalkalisches Wasser mit höherem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend sulfatisch/chloridisch“ auf, wobei auf der Seite der Anionen stärkere Schwankungen festzustellen sind als auf der Kationenseite.



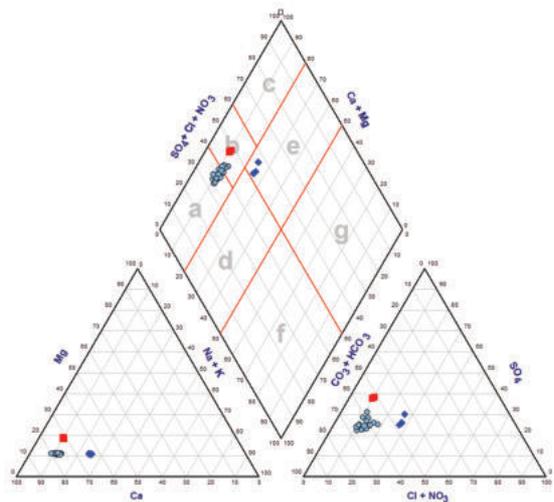
Syker Geest



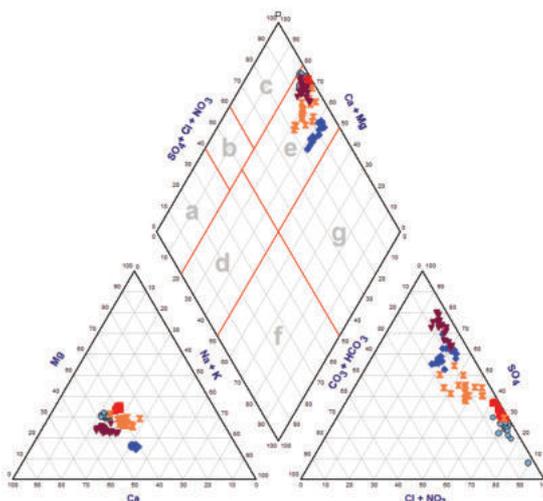
Diepholzer Moorniederung



Böhre Geest



Mittelweser-Aller-Leine Niederung



Diepenauer Geest

Einteilung nach Furtak & Langguth (1967)

Normal erdalkalische Wasser

- a) überwiegend hydrogencarbonatisch
- b) hydrogencarbonatisch-sulfatisch
- c) überwiegend sulfatisch

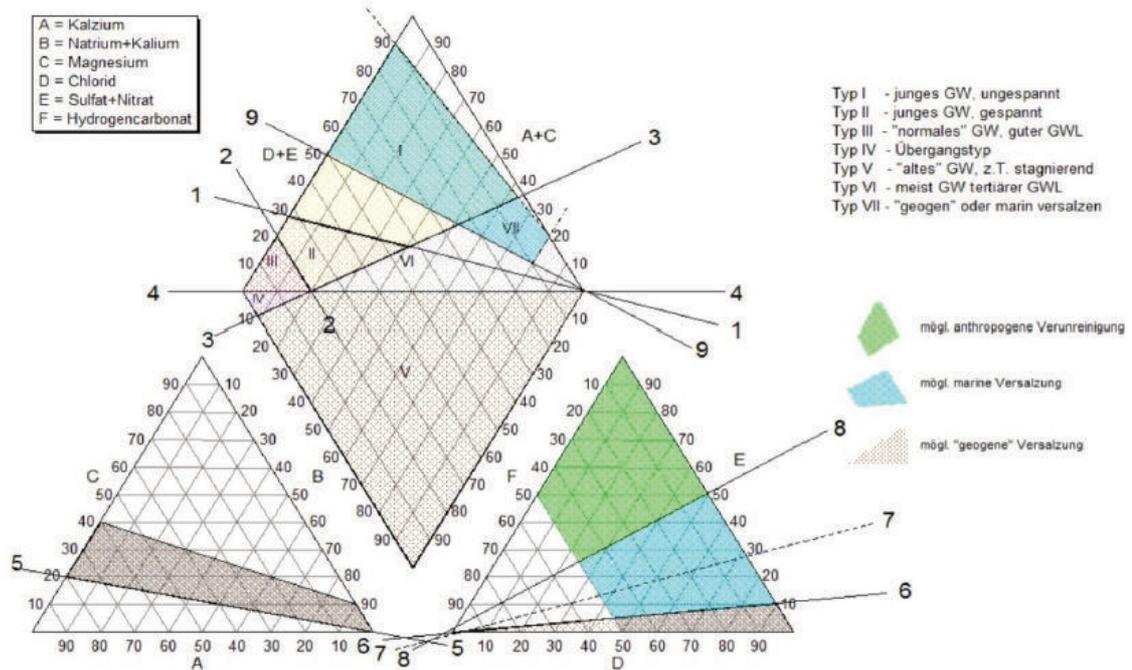
Erdalkalische Wasser mit höherem Alkaligehalt

- d) überwiegend hydrogencarbonatisch
- e) überwiegend sulfatisch / chloridisch

Alkalische Wasser

- f) überwiegend (hydrogen-)carbonatisch
- g) überwiegend sulfatisch / chloridisch

Abb. 64: Verteilung der Hauptkationen und Hauptanionen der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue differenziert nach Teilräumen.



Linie 1: Linie des Härtequotienten $Hq = 2,8$ (nach WANDT liegt oberhalb der Linie das luftbedeckte und unterhalb das gespannte Grundwasser)
 Linie 2: nach WANDT liegt unterhalb (links) der Linie das gespannte Grundwasser und oberhalb (rechts) der Übergangstyp von luftbedeckte zu gespannt,
 Linie 3: nach WANDT liegen oberhalb der Linie die Analysen des „normalen“ Grundwassers,
 Linie 4: unterhalb dieser Linie besitzt das Grundwasser stets NaHCO_3 -Gehalt,
 Linie 5: Linie der MgO/CaO -Relation von 0,2 (nach SCHLINKER weist $\text{MgO}/\text{CaO} \geq 0,2$ auf den Einfluss „geogener“ Tiefenwässer, d. h. oberhalb der Linie ist mit Versalzungsgefahr zu rechnen),
 Linie 6: Linie $\text{Cl}:\text{SO}_4 = 1:0,1$ (nach ROTHER weist $\text{SO}_4/\text{Cl} \geq 0,1$ auf marine und $< 0,1$ auf „geogene“ Versalzungstendenzen. Gleiche Bedeutung wie Linie 7),
 Linie 7: Linie $\text{Cl}:\text{SO}_4 = 1:0,4$ (nach SCHLINKER weist $\text{SO}_4/\text{Cl} \geq 0,4$ auf marine und $< 0,1$ auf „geogene“ Versalzungstendenzen. Gleiche Bedeutung wie Linie 6),
 Linie 8: Linie $\text{Cl}:\text{SO}_4 = 1:1,04$ (nach SCHLINKER ist bei $\text{SO}_4/\text{Cl} \geq 1,0$ mit anthropogener Verunreinigung, d. h. also oberhalb der Linie 8, zu rechnen),
 Linie 9: Linie des Härtequotienten $Hq = 1,0$ (nach ROTHER ist oberhalb dieser Linie mit marinem Einfluss zu rechnen).

Abb. 65: Typisierung des Grundwassers nach Löffler und Meinert (2011).

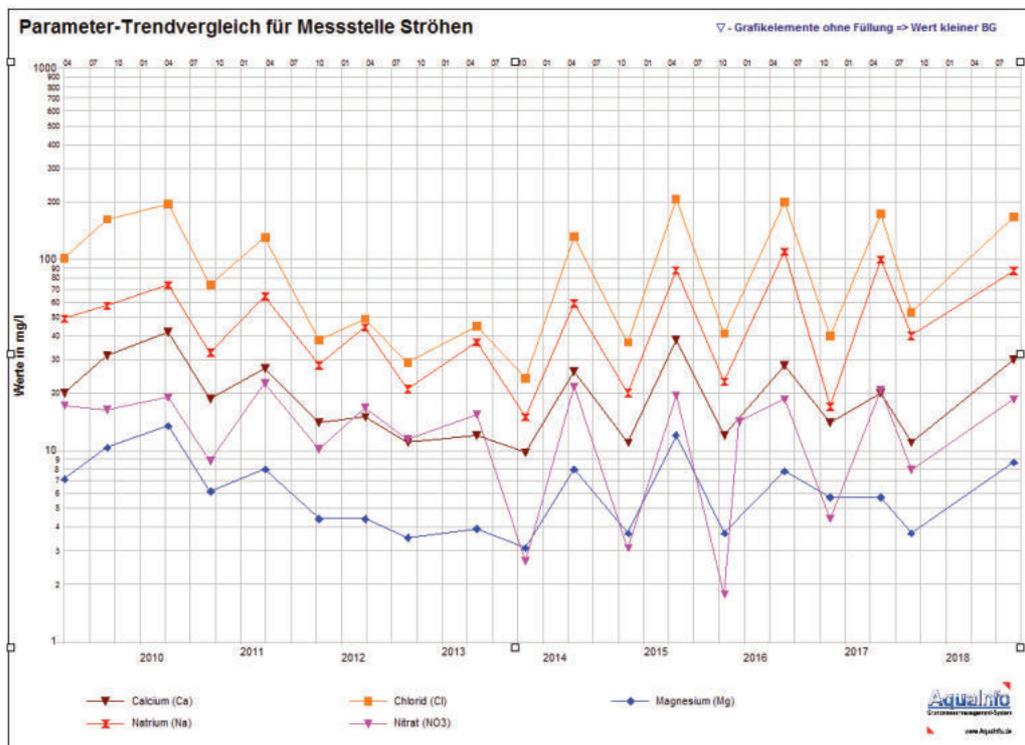


Abb. 66: Parametertrendvergleich für die GWM Ströhen. Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat und 200 mg/l für Natrium. Grenzwerte für Calcium und Magnesium bestehen nach TrinkwV (2016) nicht.

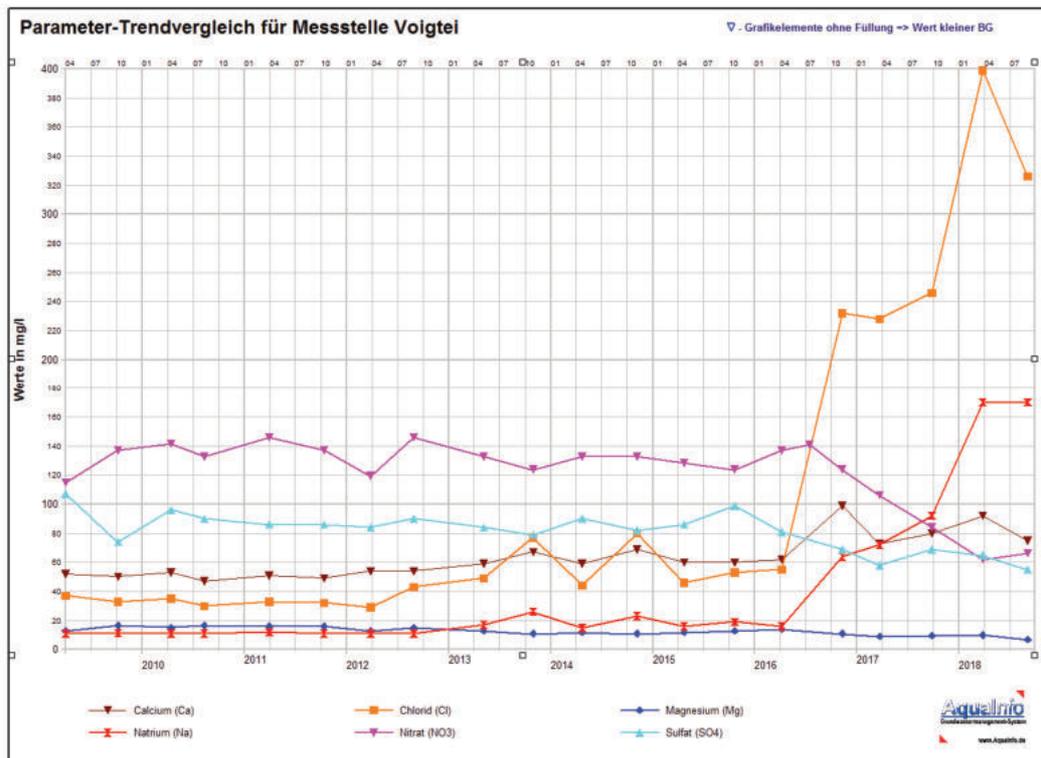


Abb. 67: Parameter-trendvergleich für die GWM Voigtei. Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat, 250 mg/l für Sulfat und 200 mg/l für Natrium. Grenzwerte für Calcium und Magnesium bestehen nach TrinkwV (2016) nicht.

8.2.2 pH-Wert

Der pH-Wert beeinflusst den Ablauf vieler Reaktionen und die Löslichkeit von Stoffen im Grundwasser. Er kennzeichnet den Säuregehalt eines Wassers und 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, Hydrogencarbonat) 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 Hydrogencarbonat 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, zwischen pH 5 und pH 6.

Bei sehr kohlensäurereichen Mineralwässern kann der pH-Wert auf Werte von pH 5 bis pH 4,5 absinken. Fehlen im Boden oder Grundwasser puffernde Substanzen wie beispielsweise in basenarmen Sanden, führt die Bildung oder der Eintrag von Säuren (z.B. Stickoxide, Stickstoffmonoxid, Schwefeldioxide aus saurem Regen, natürliche Bildung von Huminsäuren in Moorgebieten) zur Versauerung des Grundwassers.

Ein pH-Wert zwischen pH 6 und 9 gilt für die meisten Organismen als verträglich. Der Reaktionsablauf vieler chemischer und biologischer Vorgänge wird durch den pH-Wert entscheidend bestimmt. Die Schädigung bzw. die biologische Verfügbarkeit vieler Stoffe (z.B. Löslichkeit, Mobilität vieler Verbindungen wie

Schwermetalle, Aluminium) ist abhängig vom pH-Wert.

Die TrinkwV (2016) legt die Einhaltung des pH-Bereiches von pH 6,5 bis pH 9,5 fest (Tab. 24).

Im Einzugsgebiet der Großen Aue wird der untere Grenzwert bei 98 GWM (88%), also einem Großteil der ausgewerteten Messstellen, unterschritten (Tab. 26). Eine Beziehung zu den hydrogeologischen Teilräumen kann nicht festgestellt werden. In 11 GWM werden pH-Werte über 6,5 festgestellt (Abb. 68). Der obere Grenzwert von pH 9,5 wird von keiner Mess-

stelle überschritten. Der höchste Wert im Gebiet liegt im Zeitraum 2009 bis 2018 bei pH 8,1.

Auffällig sind die hohen pH-Werte der GWM Kirchdorf PB 39 (Böhrde Geest) mit einem aktuellen Wert von 7,8 und Liebenau II IX 3B 2.0 (Syker Geest) mit einem pH-Wert von 7,6.

Die Trendanalyse (Tab. 27) ergibt lediglich für 26 der 111 ausgewerteten Messstellen einen signifikanten Trend. 20 GWM zeigen dabei eine steigende Entwicklung der pH-Werte, wobei alle Trends gering ausgeprägt sind.

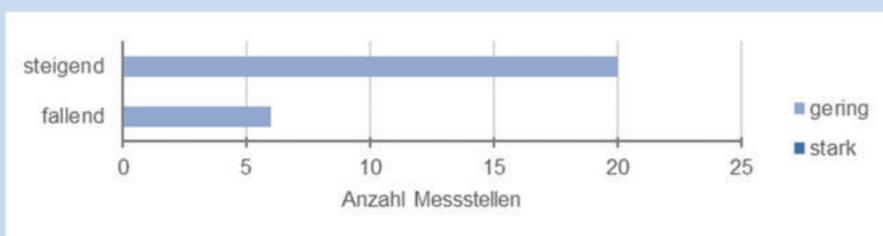
Tab. 26: pH-Wert, Min./Max.- und Mittelwerte sowie Unterschreitung des Grenzwertes von pH 6,5 in den GWM der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		pH-Wert			< pH 6,5			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl Analysen	GWM	% GWM
Gesamtzeitraum						Aktueller Wert			
Syker Geest	78	767	5,5	4,1	8,1	76	716	72	92
Diepholzer Moorniederung	10	177	5,8	4,4	7,5	9	159	9	90
Böhrde Geest	15	156	6,3	5,0	7,9	11	112	5	33
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	27	6,7	6,2	7,4	2	5	2	67
Diepenauer Geest	5	95	5,4	4,4	7,2	5	94	5	100
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	0	-	-	-
Gesamt	111	1222	6,0	4,1	8,1	1086	103	98	88

Tab. 27: pH-Wert, Trend im Zeitraum 2009 bis 2018 sowie Ausprägung der signifikanten Trends (Steigung der Regressionsgeraden).

Hydrogeologischer Teilraum	Gesamt	Trend beurteilbar		Signifikant	
		nein	ja	steigend	fallend
		[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]
Syker Geest	78	63	46	15	2
Diepholzer Moorniederung	10	10	9	0	1
Böhrde Geest	15	13	8	4	1
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	3	3	0	0
Diepenauer Geest	5	5	2	1	2
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	0	0	0	0
Gesamt	111	94	68	20	6

Signifikante Trends, Ausprägung nach Steigung der Regressionsgeraden



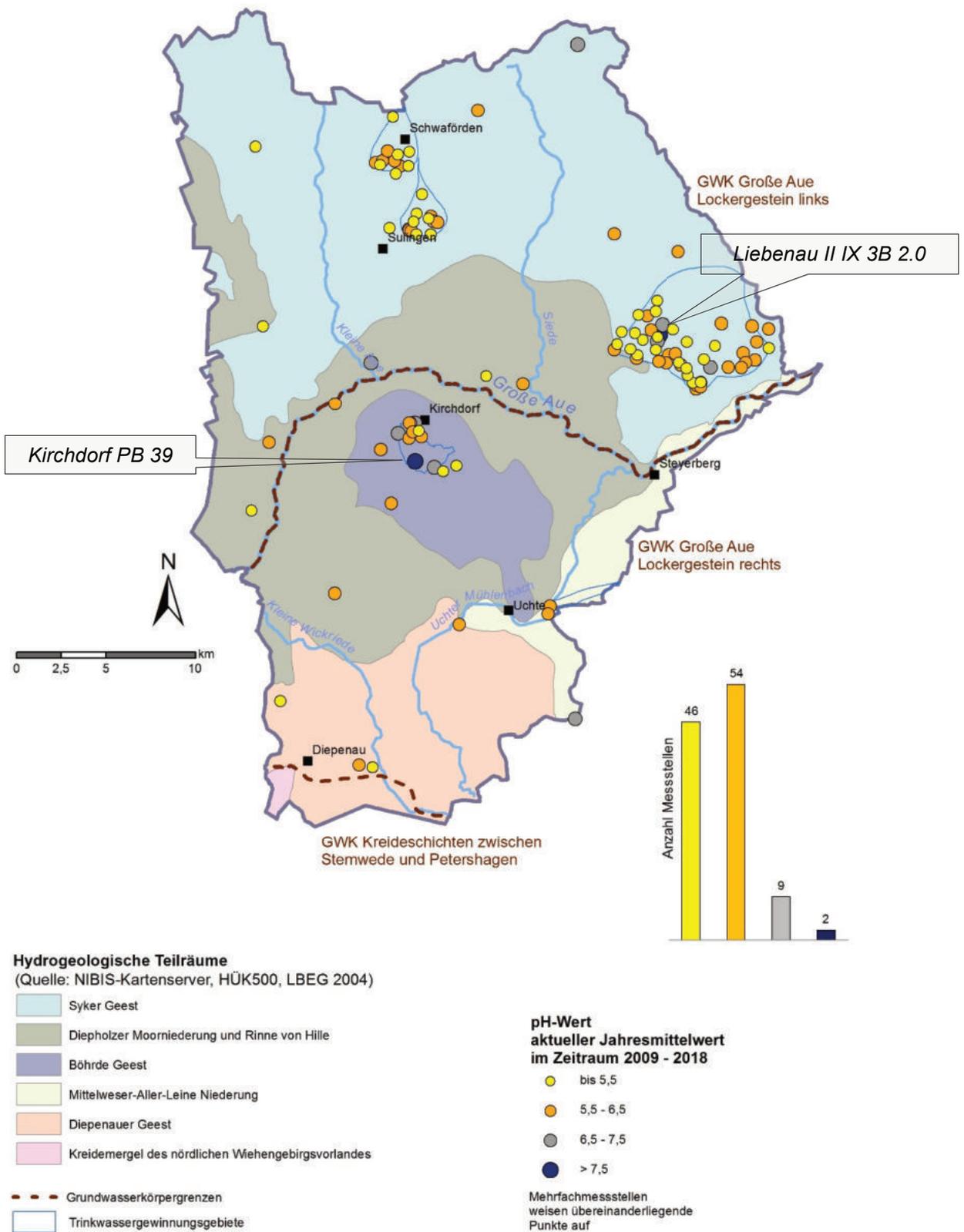


Abb. 68: Aktueller pH-Wert der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.3 Sauerstoff

Sauerstoff (O₂) ist an vielen chemischen und biochemischen Prozessen beteiligt. Der Sauerstoffgehalt kennzeichnet das chemische Milieu eines Grundwassers (oxidierend, reduzierend) und ist daher für die Beurteilung der chemischen Zusammensetzung und der im Grundwasser ablaufenden (bio-)chemischen Prozesse von Bedeutung. Sauerstoff wird bei der Grundwasserneubildung in gelöster Form mit dem Sickerwasser ins Grundwasser eingetragen. Im sauerstoffhaltigen Grundwasser kommt es aufgrund mikrobieller Stoffwechselprozesse zu einer Oxidation von organischen Substanzen und reduzierter Schwefelverbindungen (oxidierendes Milieu), wobei Sauerstoff gezehrt wird. Diese Prozesse können zu einem vollständigen Verbrauch des gelösten Sauerstoffs führen. Unter sauerstoffarmen Verhältnissen stellt sich ein reduzierendes chemisches Milieu ein. Typische Kennzeichen für reduzierte Grundwässer sind der Abbau von Nitrat (Denitrifikation), die Erhöhung von Eisen- und Mangankonzentrationen sowie das Auftreten von Nitrit und Ammonium. Im Extremfall kommt es zur Reduktion von Sulfaten (Desulfurikation) und damit einhergehender Bildung von Schwefelwasserstoff. Reduzierende Verhältnisse sind vor allem in Lockergesteinsaquiferen anzutreffen, während Sauerstoffkonzentrationen, die auf oxidierende Bedingungen hindeuten, vor allem für Festgesteine typisch

sind (Kunkel et al. 2004). Grenzwerte zur Regulierung des Sauerstoffgehaltes bestehen nicht. Vorgaben der TrinkwV (2016) für andere Parameter wie Eisen, Mangan und Ammonium können jedoch nur dann erfüllt werden, wenn das Wasser entsprechend Sauerstoff enthält (Kölle 2010). Sauerstoffgehalte > 2 mg/l deuten oxidierende Verhältnisse an (UFZ 1998). Bei Grundwässern mit Sauerstoffkonzentrationen < 2,0 mg/l kann ein Nitratabbau durch Denitrifikation auf der Fließstrecke zur Grundwassermessstelle nicht sicher ausgeschlossen werden (Rivett et al. 2008). Nach Kunkel et al. (2004) kann ein Grundwasser mit einer Sauerstoffkonzentration < 1 bis 1,5 mg/l als reduziert angesehen werden. Bei Sauerstoffgehalten über 4 mg/l kann von einem oxidierenden Milieu ausgegangen werden.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue herrschen in 49% der Messstellen oxidierende Verhältnisse vor (Tab. 28, Abb. 69). In der Diepholzer Moorniederung sind weitestgehend Sauerstoffgehalte unter 2 mg/l anzutreffen. Lediglich zwei Messstellen im Randbereich zur Syker Geest (WW Liebenau II) weisen Sauerstoffgehalte über 4 mg/l auf. Die Gebietsmittelwerte sowohl der Diepholzer Moorniederung als auch der Mittelweser-Aller-Leine Niederung sind deutlich niedriger als die der Geest-Teilräume.

Tab. 28: Sauerstoff, gelöst, Min/Max- und Mittelwerte sowie aerobe Verhältnisse (Sauerstoffgehalt > 4 mg/l) in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Einzugsgebietes der Großen Aue im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Sauerstoff [mg/l]			> 4 mg/l Sauerstoff			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl Analysen	GWM	% GWM
			Gesamtzeitraum						
Syker Geest	78	754	5,10	0	14,0	48	438	43	55
Diepholzer Moorniederung	10	173	1,23	0,06	5,5	3	27	2	20
Böhrde Geest	15	155	4,96	0,06	11,8	10	90	7	47
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	27	0,59	0,05	1,40	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	96	2,58	0,02	9,1	2	26	2	40
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	111	1205	2,89	0	14	63	581	54	49

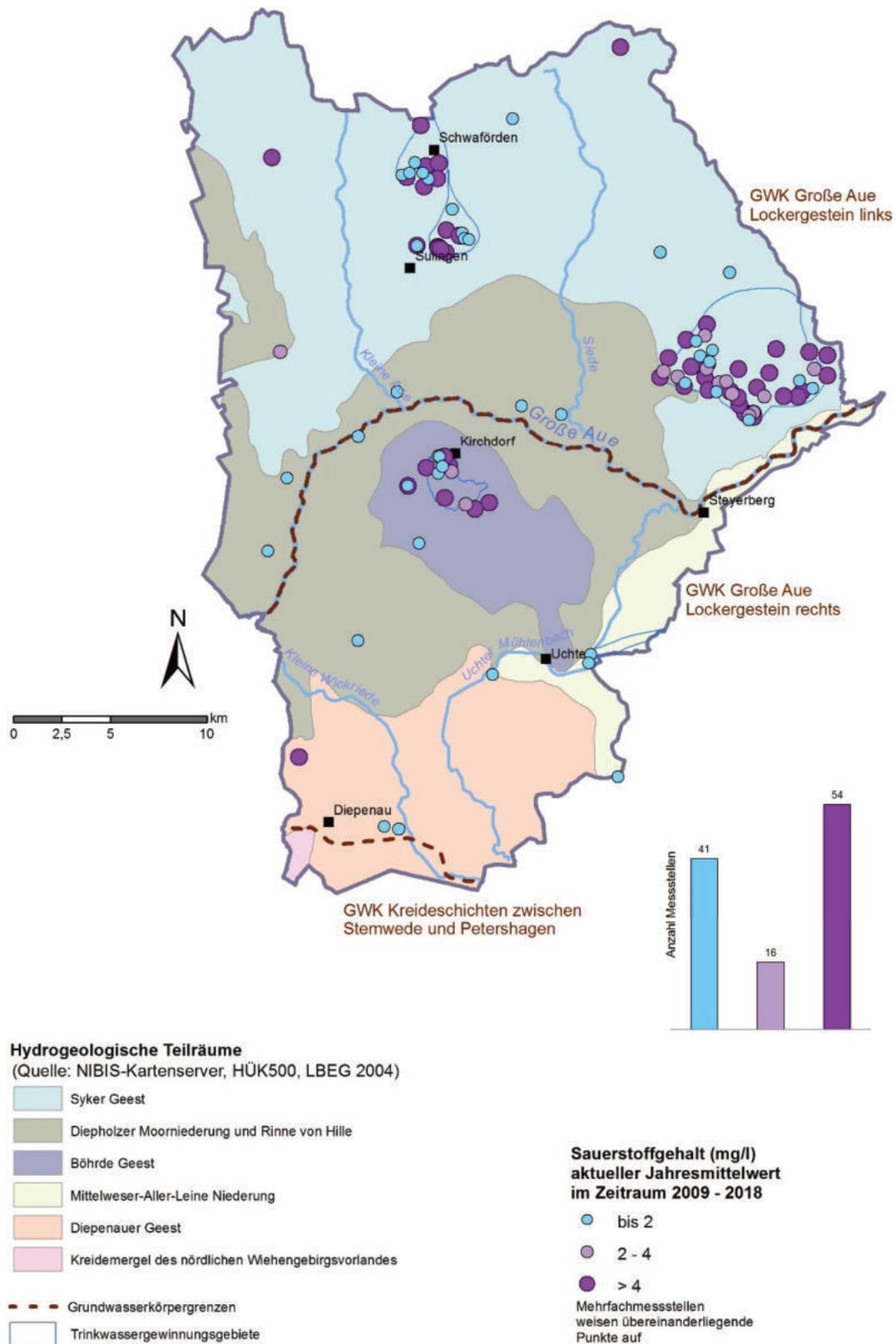


Abb. 69: Sauerstoffgehalt der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.4 Wasserhärte

Die Gesamthärte wird als Summe aller Erdalkalimetalle definiert. Calcium und Magnesium sind die wichtigsten Vertreter dieser Gruppe 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 (2016) sieht keine Grenzwerte für die Wasserhärte vor. Nach dem Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG 2013) sind die

WVU verpflichtet, dem Verbraucher die Härtebereiche des Trinkwassers in drei Härtebereichen anzugeben. Die Angaben zu den Härtebereichen müssen nach europäischem Recht in mmol pro Liter Calciumcarbonat erfolgen. Neben den Vorgaben des WRMG (2013) muss auch die Gesamthärte als Summe der Erdalkalisalze (Calcium- und Magnesium-Salze) berücksichtigt werden (DVWK 2020), da sie für den Waschvorgang entscheidend ist (Tab. 29). Für die Beurteilung der Wasserhärte wird daher für die vorliegende Auswertung die Gesamthärte als Summe der Calcium- und Magnesiumkonzentration herangezogen.

Tab. 29: Einteilung der Härtebereiche für Trinkwasser.

Härtebereich	Calciumcarbonat (WRMG 2013)	Gesamthärte °dH
	[mmol/l]	
weich	< 1,5	< 8,4
mittel	1,5 - 2,5	8,4 - 14
hart	> 2,5	> 14

Im Einzugsgebiet der Großen Aue weisen lediglich sechs GWM hartes Wasser auf. Auffällig ist die Messstelle Sünder I in der Syker Geest (Abb. 70). Seit 2012 und deutlich ab 2016 nehmen die Konzentrationen der Härtebildner Calcium und Magnesium zu, sodass hier eine deutliche Aufhärtung des Grundwas-

sers stattgefunden hat. Insbesondere die Calciumkonzentrationen weisen einen stark steigenden Trend mit einem Konzentrationsanstieg von 53 mg/l (2009) auf Werte über 200 mg/l im Jahr 2018 auf (Abb. 71). Parallel zur Zunahme der Erdalkalimetalle erfolgt ein stark steigender Trend der Anionen Sulfat, Chlorid und bis 2017 auch von Nitrat.

Tab. 30: Gesamthärte, Min/Max- und Mittelwerte in GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018, (Härtebereich weich = < 8,4°dH, mittel = 8,4 bis 14°dH, hart = > 14°dH).

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Gesamthärte [°dH]			Anzahl GWM Härtebereich aktuell		
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	weich	mittel	hart
Syker Geest	78	769	6,4	0,6	42	63	13	2
Diepholzer Moorniederung	10	176	6,6	1,2	16	6	4	0
Böhrde Geest	15	169	8,4	1,5	25	9	4	2
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	24	11,3	8,4	16	1	1	1
Diepenauer Geest	5	93	9,5	2,6	17	1	3	1
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	111	1231	8,4	0,6	42	80	25	6

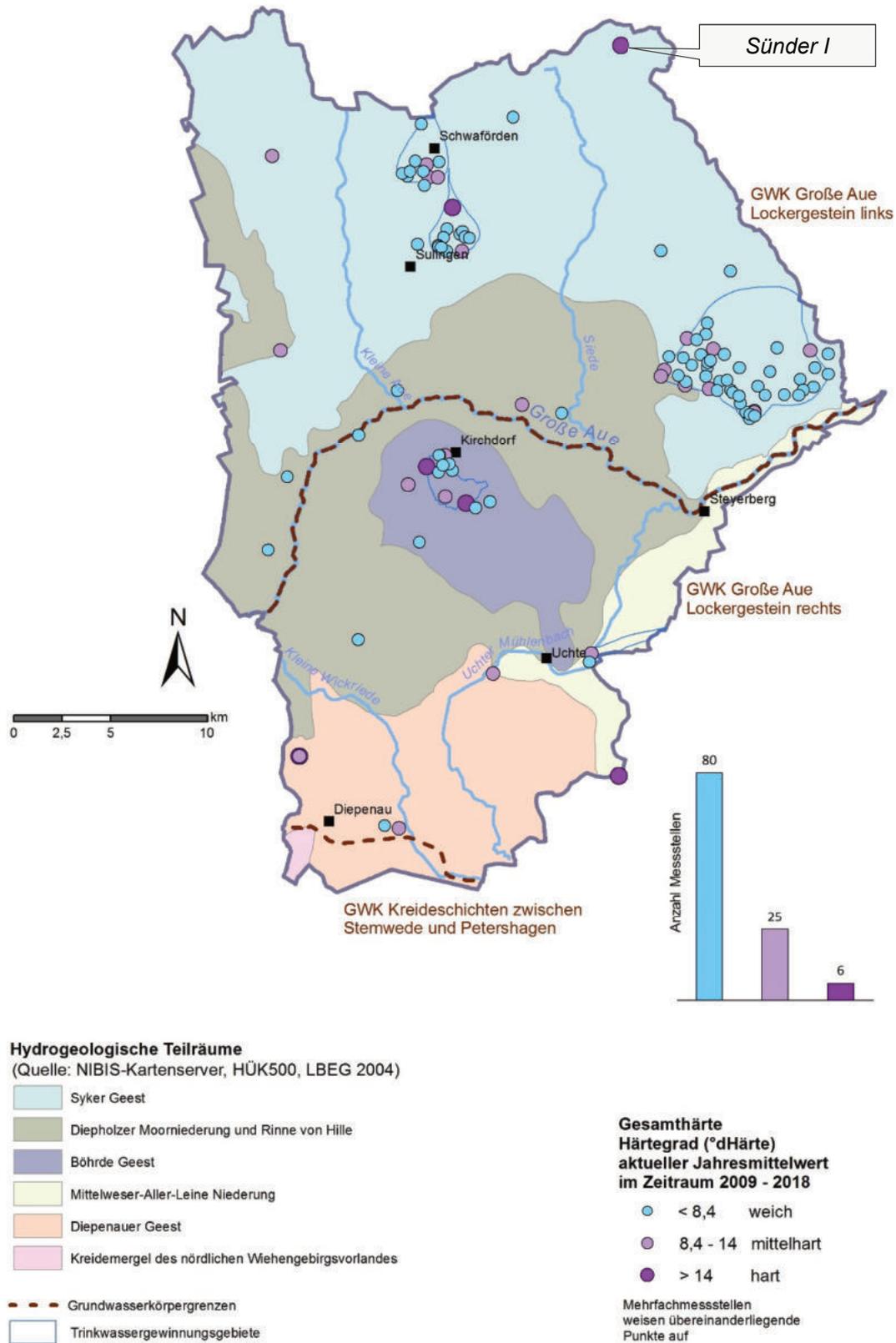


Abb. 70: Gesamthärte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

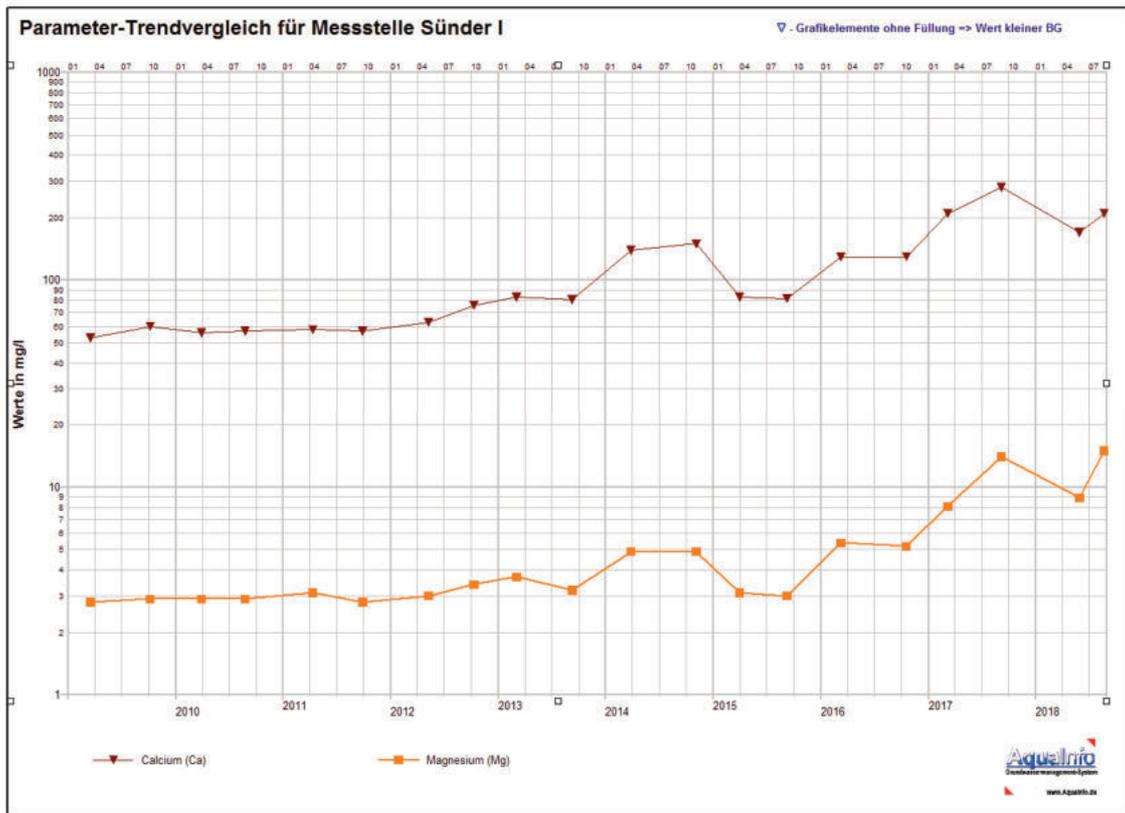


Abb. 71: Trendvergleich der Härtebildner Calcium und Magnesium der GWM Sünder I. Grenzwerte für Calcium und Magnesium bestehen nach TrinkwV (2016) nicht.

8.2.5 Stickstoffhaltige Parameter

Stickstoff ist ein 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 geringer Konzentration im Grundwasser zu finden (Kölle 2010).

Die Belastung des Grundwassers mit Stickstoffverbindungen ist im Einzugsgebiet der Großen Aue 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 Ausbringungsverluste bei der organischen Düngung zu nennen. Daneben können Sickerwasserausträge aus Deponien, Abwasser aus den Kanalisationen und Hauskläranlagen usw. zu Belastungen im Grundwasser führen.

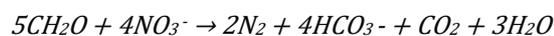
8.2.5.1 Stickstoffkreislauf

Nitrat ist das Anion der Salpetersäure. Es spielt eine bedeutende Rolle als Pflanzennährstoff und ist durch verschiedene Stoffumwandlungsprozesse in den Stickstoffkreislauf (Abb. 72) 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

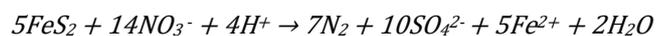
die Fähigkeit, Luftstickstoff zu binden und den Stickstoff bestimmten Pflanzen (Leguminosen) als Nährstoff zuzuführen (N-Fixierung).

Im sauerstofffreien Grundwasser kann Nitrat bei Anwesenheit von organischen Kohlenstoffverbindungen (Gleichung (2)) und/oder reduzierten Schwefelverbindungen (Eisensulfid- und Disulfid-Phasen, u.a. Pyrit, Gleichung (3)) zu Lachgas (N_2O) oder atmosphärischem Stickstoff (N_2) unter Beteiligung von Mikroorganismen abgebaut werden (Denitrifikation). Sauerstofffreie Grundwässer sind daher häufig nitratfrei.

Gleichung (2)
heterotropher Nitratabbau



Gleichung (3)
autolithotropher Nitratabbau



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 nitrat-haltigem Grundwasser und durch Denitrifikation nitrat-freiem Grundwasser (Denitrifikationsfront) kann je nach Gehalt reaktiver Stoffe und Fließ-

geschwindigkeit 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 aufgebrauchte Stickstoff in Form von Mineraldünger und organischem Dünger sowie 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. Erhöhte Stickstoffeinträge haben letztlich zur Folge, dass Nitrat mit dem Sickerwasser in das Grundwasser ausgewaschen wird. Daneben führt die Deposition über eine Anreicherung mit Sulfat, Nitrat und Ammonium zu einer Versauerung des Bodens.

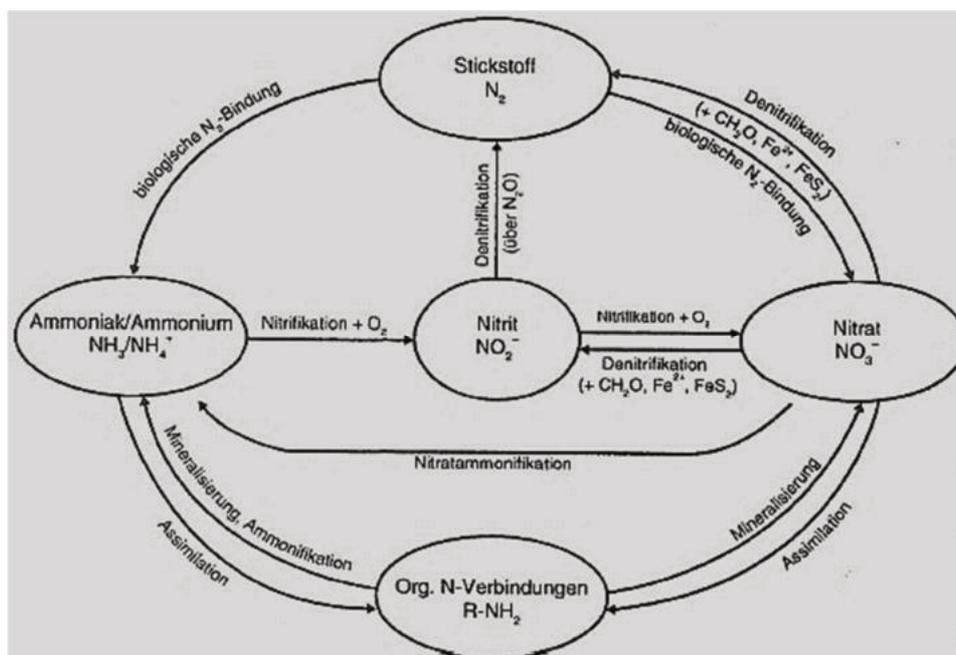


Abb. 72: Die im Stickstoffkreislauf beteiligten N-Spezies und deren Stoffübergänge (Wisotzky et. al. 2018).

8.2.5.2 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 Mangel-element ist, tritt bei landwirtschaftlicher Bodennutzung infolge der langjährigen Düngung ein hoher Überschuss an Nitrat auf (siehe auch Kap. 3.1). 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 können z.T. zu Konzentrationen von bis zu 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 Methämoglobin (Blausucht) führen (Kap. 8.2.5.4). Über die Ernährung nimmt der Mensch durchschnittlich 75 mg Nitrat pro Tag auf. Diese Menge kann schon durch die Aufnahme eines stark nitrathaltigen Trinkwassers erreicht werden. Der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) vorgeschlagene ADI-Wert (Wert für die duldbare tägliche Aufnahme) beträgt 225 mg pro Person und Tag. Um die Qualität des Trinkwassers für den Verbraucher sicher zu stellen, gibt die TrinkwV (2016) 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 (siehe auch Kap. 4.2).

Zum großflächigen Schutz des Grundwassers in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung hat die Europäische Union die EG-NitratRL (1991) erlassen, die gleichfalls 50 mg/l Nitrat als Grenzwert festlegt. Auf Grundlage der GrwV (2010), die ebenfalls einen Schwellenwert von 50 mg/l vorgibt, sind

Gewässerschutzmaßnahmen und einschlägige Beratung installiert (Kap. 4.1.1).

Im Einzugsgebiet der Großen Aue ist der Gebietsmittelwert für Nitrat mit 46,5 mg/l extrem hoch. In der Böhhrde Geest treten im Zeitraum 2009 bis 2018 Maximalwerte von über 300 mg/l auf (Tab. 31). Aktuell überschreiten im Einzugsgebiet 48 GWM von 111 Messstellen (43%) den Grenzwert von 50 mg/l (Tab. 31, Abb. 73), wobei 18 GWM Konzentrationen über 100 mg/l aufweisen und in sieben GWM mehr als 150 mg/l Nitrat detektiert werden. Bis auf den Teilraum Mittelweser-Aller-Leine Niederung, der nur eine sehr geringe Messstellenbelegung aufweist, treten Überschreitungen in jedem mit Messstellen belegten Teilraum auf. Der Gebietsmittelwert ist im Teilraum Mittelweser-Aller-Leine Niederung mit 0,15 mg/l Nitrat am geringsten, wobei hier lediglich drei Messstellen ausgewertet werden können. Mit 39,5 mg/l ist der Gebietsmittelwert der Diepholzer Moorniederung noch deutlich niedriger als der Mittelwert der Geestgebiete. Fünf der zehn in diesem Teilraum verorteten GWM weisen Nitratgehalte unterhalb der BG auf. Im gesamten Einzugsgebiet weisen nur 18 GWM Nitratgehalte unter 1 mg/l auf. In Gebieten mit reduzierenden Verhältnissen und hohen Anteilen an Organik treten dagegen verstärkt erhöhte Ammoniumgehalte auf (Kap. 8.2.5.3). Fast alle Messstellen mit Nitratgehalten über 50 mg/l weisen auch Sauerstoff z.T. deutlich über 4 mg/l auf (Kap. 8.2.3). Auffällig ist die Messstelle Wehrbleck im Teilraum Diepholzer Moorniederung, die jahreszeitliche Schwankungen sowohl der Sauerstoffgehalte als auch der Nitratgehalte aufweist, wobei die Frühjahreswerte deutlich niedriger ausfallen (Abb. 74). Auffällig ist, dass z.T. auch in GWM mit tieferen Filterlagen (beispielsweise FOK unterhalb von 40 m u. GOK) erhöhte Nitrat-Konzentrationen bis 50 mg/l auftreten (Abb. 75).

Im Einzugsgebiet der Großen Aue ist für 74 GWM mit Werten über 5 mg/l Nitrat eine Trendbeurteilung durchführbar (Tab. 32). Für 29 GWM kann ein signifikant steigender Trend ermittelt werden. 19 GWM zeigen eine fallende Entwicklung der Nitratgehalte. Die Ausprägung der signifikanten Trends ist größtenteils gering.

Bei knapp zwei Drittel der GWM ist der Trendverlauf stark ausgeprägt.

Auffällig ist die VFM Liebenau II X.3. im TWGG Liebenau II/Blockhaus (Syker Geest). Nach zuvor abnehmenden Werten steigen die Nitratgehalte ab 2011 deutlich auf Werte über 100 mg/l an (

Abb. 76). Interessant ist der Ganglinienverlauf weiterer Anionen und Kationen, die eine vergleichbare Entwicklung aufzeigen. Anders ist

die Entwicklung in der VFM Blockhaus G3 im TWGG Liebenau II/Blockhaus (Syker Geest). 2016 wurden noch Nitratgehalte unter 10 mg/l gemessen, bis 2018 steigen die Nitratwerte hingegen deutlich über den Grenzwert von 50 mg/l. Anders als in der VFM Liebenau II X.3 ist diese Entwicklung in den übrigen Parametern nur sehr abgeschwächt erkennbar. Bei Chlorid hingegen verläuft der Trend gegenläufig.

Tab. 31: Nitrat, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Nitrat [mg/l]			> 50 mg/l Nitrat			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl	% GWM	
								GWM	Aktueller Wert
Syker Geest	78	856	55,06	0,05	250	45	357	35	45
Diepholzer Moorniederung	10	188	39,51	0,22	146,09	4	43	4	40
Böhrde Geest	15	174	62,73	0,1	323,17	6	74	6	40
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	27	0,15	0,10	0,66	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	96	74,85	0,22	256,77	3	43	3	60
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	0	0	0	0
Gesamt	111	1.341	46,46	0,05	323,17	58	567	48	43

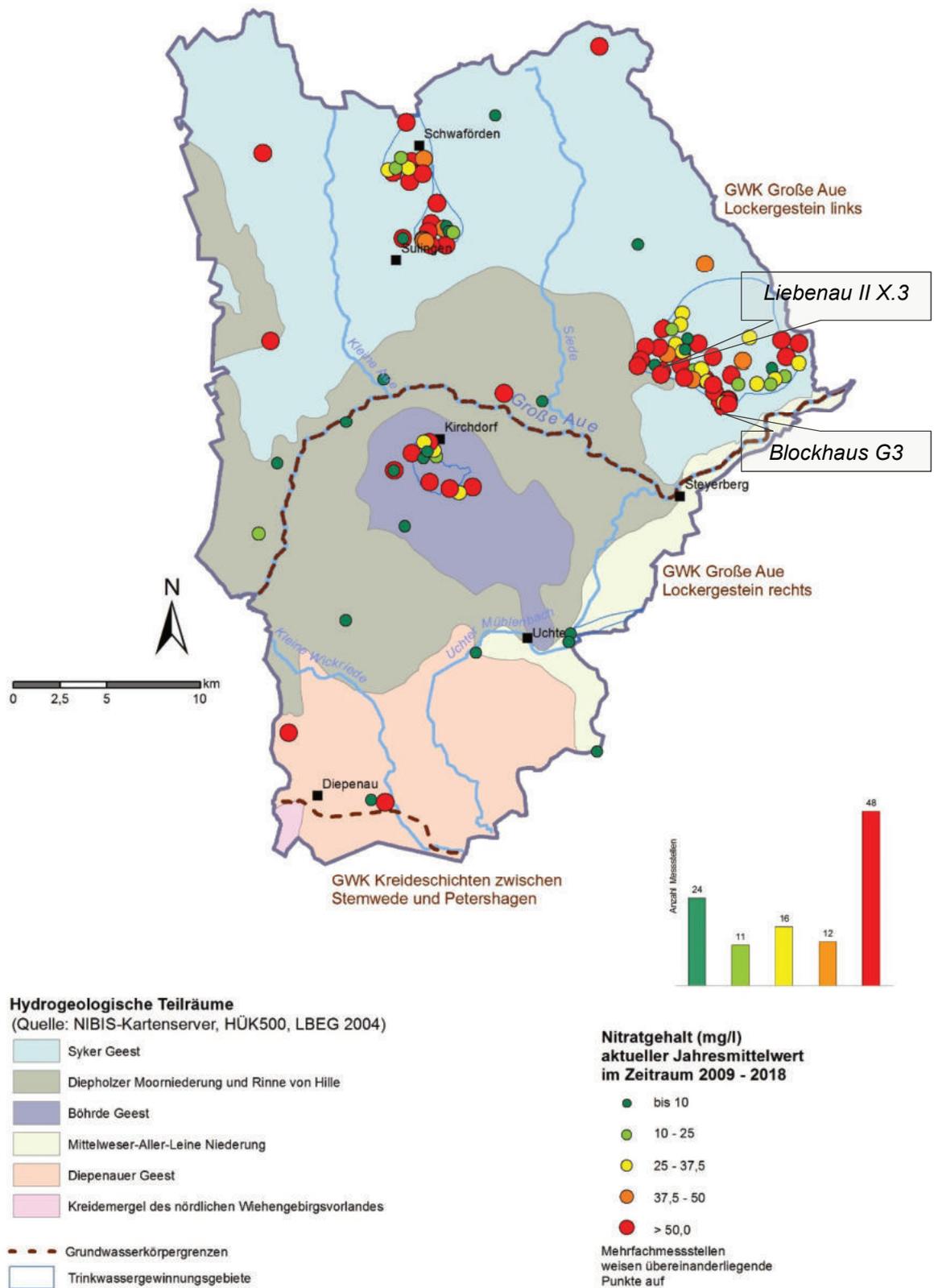


Abb. 73: Nitratgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

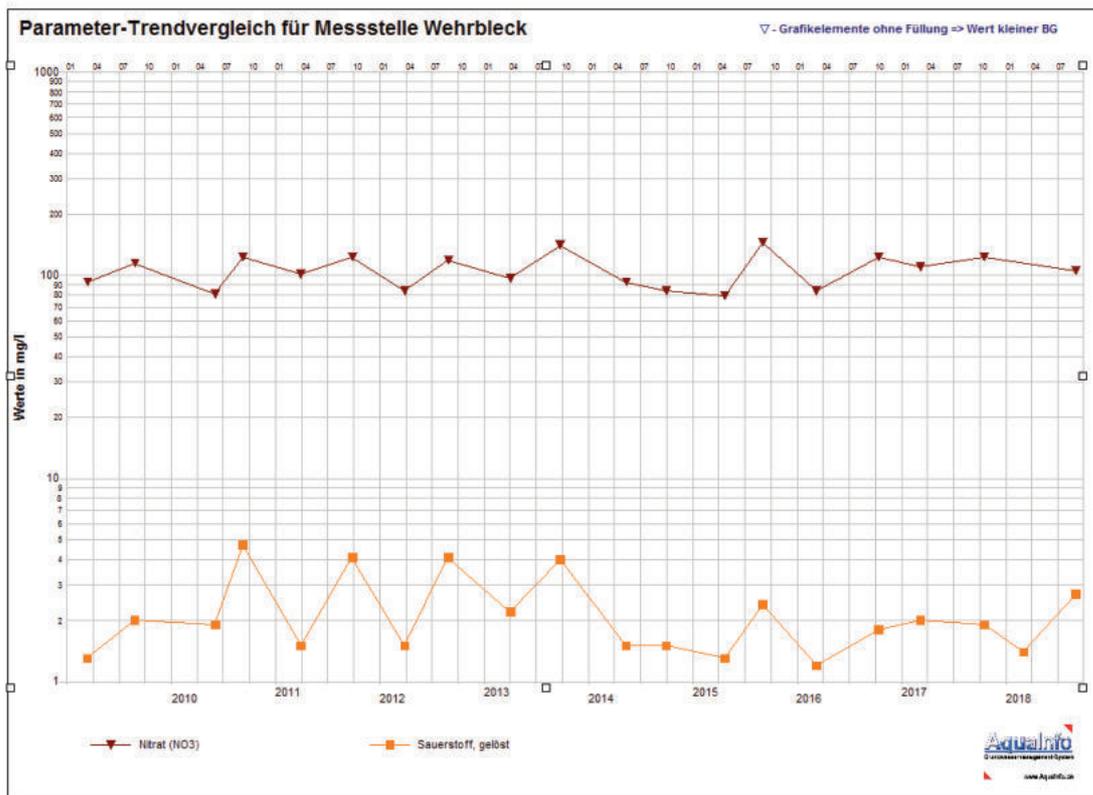


Abb. 74: Parametertrendvergleich Nitrat und Sauerstoff für die GWM Wehrbleck (Diepholzer Moorniederung). Der Grenzwert für Nitrat liegt nach TrinkwV (2016) bei 50 mg/l.

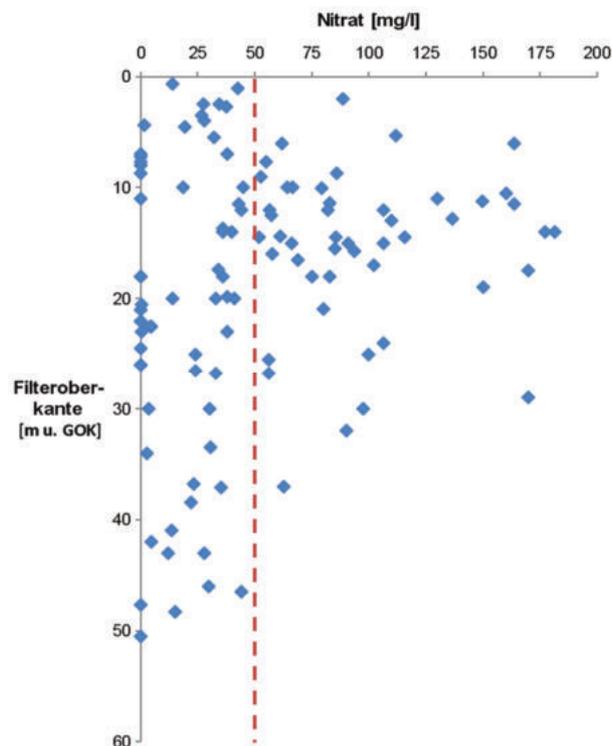


Abb. 75: Nitratgehalte (aktueller Jahresmittelwert im Zeitraum 2009 - 2018) und FOK der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue (Rote Linie = Grenzwert nach TrinkwV (2016) und Schwellenwert nach GrwV (2010)).

Tab. 32: Nitrattrend der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue mit Nitratmittelwerten > 5 mg/l für den Zeitraum 2009 - 2018 sowie Ausprägung der signifikanten Trends (Steigung der Regressionsgeraden).

Hydrogeologischer Teilraum	Gesamt [Anzahl GWM]	Trend beurteilbar		Signifikant	
		[Anzahl GWM]	nein [Anzahl GWM]	ja davon Trend steigend [Anzahl GWM]	fallend [Anzahl GWM]
Syker Geest	78	57	19	23	15
Diepholzer Moorniederung	10	5	2	2	1
Börde Geest	15	10	4	3	3
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	2	1	1	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	0	0	0	0
Gesamt	111	74	26	29	19

Signifikanter Trend, Ausprägung nach Steigung der Regressionsgeraden

Trendrichtung	gering	stark
steigend	20	9
fallend	13	6

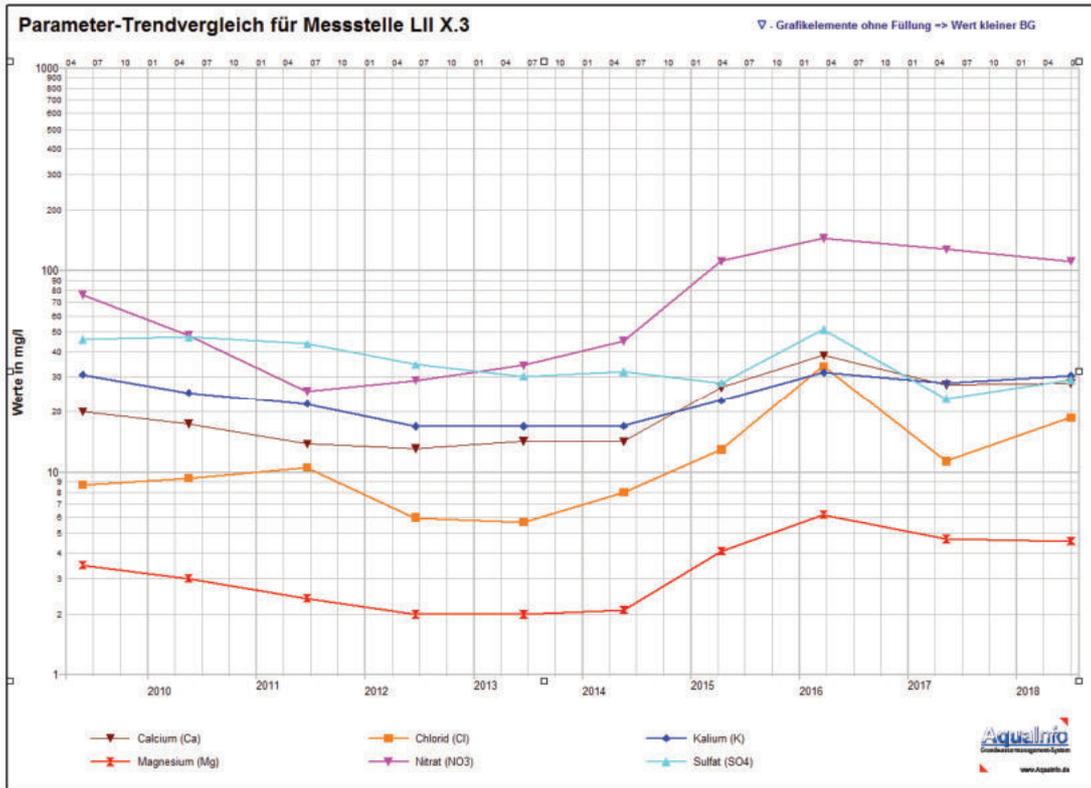


Abb. 76: Parameter-Trendvergleich für die VFM Liebenau II X.3 (Syker Geest). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat und 250 mg/l für Sulfat. Grenzwerte für Calcium, Magnesium und Kalium bestehen nach TrinkwV (2016) nicht.

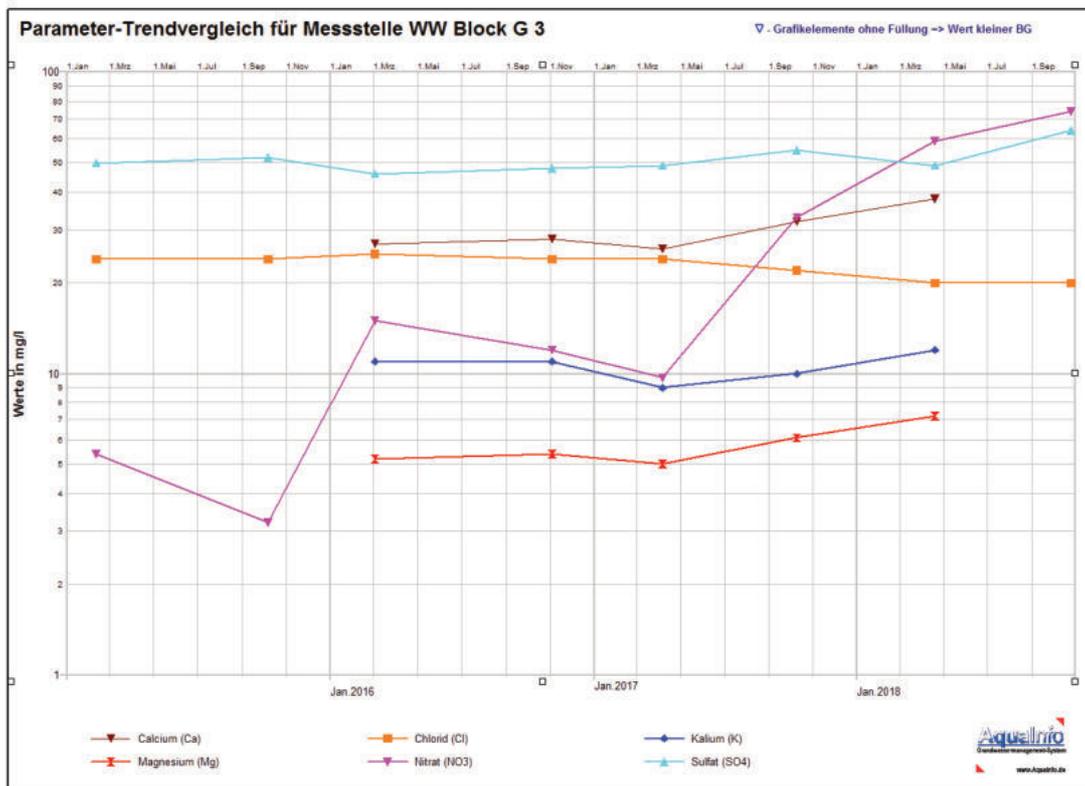


Abb. 77: Parameter-Trendvergleich für die VFM Blockhaus G 3 (Syker Geest). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat und 250 mg/l für Sulfat. Grenzwerte für Calcium, Magnesium und Kalium bestehen nach TrinkwV (2016) nicht.

8.2.5.3 Ammonium

Ammonium (NH_4^+) stellt eine für die Pflanzernahrung 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-TWRL (1998) über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch ist Ammonium zu den unerwünschten, aber nicht giftigen Stoffen gezählt worden. Sowohl in der TrinkwV (2016) auch in der GrwV (2010) wurde der Grenzwert für Ammonium auf 0,5 mg/l festgesetzt (Tab. 24).

Im Gebiet der Großen Aue liegen für 94 GWM Ammoniumuntersuchungen im Zeitraum 2009 - 2018 vor. Zehn GWM überschreiten den Grenzwert von 0,5 mg/l. Insbesondere in den Niederungsgebiete werden z.T. deutlich erhöhte Ammoniumgehalte detektiert (Tab. 33, Abb. 78). Alle GWM mit Ammoniumgehalten über 0,5 mg/l weisen Sauerstoffgehalte unter 2 mg/l auf, sodass hier von reduzierenden Bedingungen ausgegangen werden kann.

Tab. 33: Ammonium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Ammonium [mg/l]			> 0,50 mg/l Ammonium			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	Anzahl		%	
						GWM	Analysen	GWM	GWM
Gesamtzeitraum									
Syker Geest	66	674	0,04	0,01	0,79	1	1	1	1,5
Diepholzer Moorniederung	10	176	0,39	0,01	1,67	4	53	4	40
Böhrde Geest	10	121	0,34	0,02	1,80	2	20	2	20
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	26	0,74	0,03	1,70	2	8	2	67
Diepenauer Geest	5	92	0,23	0,03	1,11	1	18	1	20
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	94	1.089	0,35	0,01	1,80	10	100	10	11

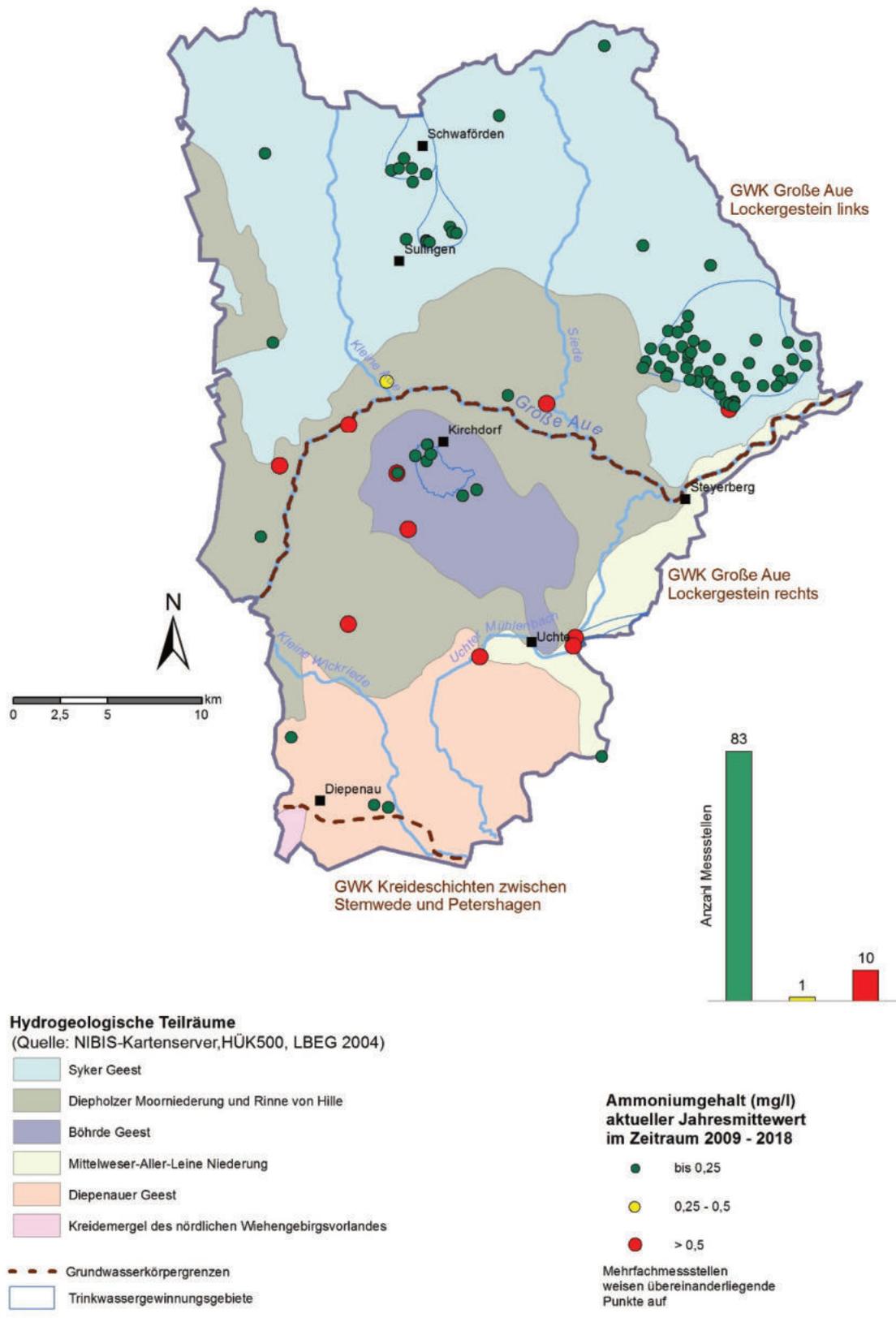


Abb. 78: Ammoniumgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.5.4 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 rea-

giert 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 ihr Hämoglobin eine andere Struktur aufweist und nur langsam mit Nitrit reagiert. Das Auftreten von Nitrit kann auf fäkale Verunreinigungen hinweisen.

Der Grenzwert nach TrinkwV (2016) und GrwV (2010) von 0,5 mg/l Nitrit wird aktuell von keiner GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue überschritten. Im 10-jährigen Zeitraum tritt lediglich einmal eine geringfügige Überschreitung auf (Tab. 34, Abb. 79).

Tab. 34: Nitrit, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Nitrit [mg/l]			> 0,50 mg/l Nitrit			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl Analysen	% GWM	
								GWM	Aktueller Wert
Syker Geest	66	672	0,017	0,001	0,580	1	1	0	0
Diepholzer Moorniederung	10	176	0,031	0,002	0,263	0	0	0	0
Böhrde Geest	10	122	0,020	0,005	0,131	0	0	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	26	0,015	0,005	0,099	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	93	0,034	0,016	0,099	0	0	0	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	0	0
Gesamt	94	1.089	0,024	0,001	0,580	1	1	0	0

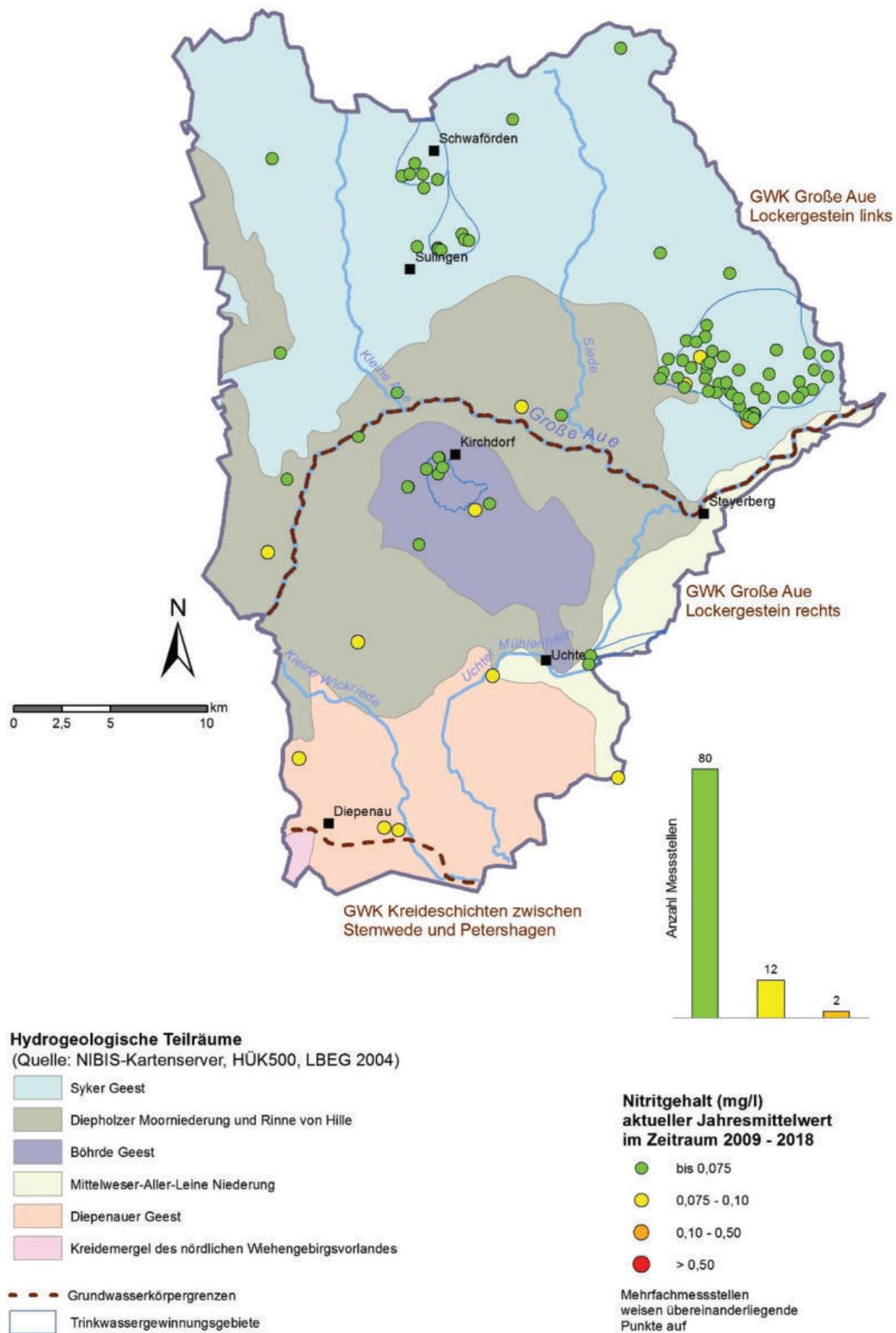


Abb. 79: Nitritgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.6 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 zu mehreren 100 mg/l Sulfat typisch sein (NLWKN 2012). Ablaugungsvorgänge aus Gipsstufen über Salzstöcken können Ursache geogen erhöhter Sulfatgehalte sein. 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.

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. Höhere Gehalte von wenigen 100 mg/l Sulfat machen sich gemeinsam mit Natrium oder Magnesium im Trinkwasser geschmacklich nachteilig bemerkbar.

Sowohl in der TrinkwV (2016) und als auch in der GrwV (2010) ist für Sulfat ein Grenzwert von 250 mg/l festgelegt worden (Tab. 24).

Im Einzugsgebiet der Großen Aue überschreitet lediglich die GWM Sünder I (Syker Geest)

den Grenzwert von 250 mg/l Sulfat (Tab. 35, Abb. 80). Ab 2010 ist ein deutlicher Anstieg der Sulfatkonzentrationen zu verzeichnen, verbunden mit ebenfalls steigenden Nitrat- und Chloridkonzentrationen (

Abb. 81). Auch die Calcium- und Magnesiumkonzentrationen zeigen diese Entwicklung (Abb. 71). Kalium weist hingegen erst ab 2017 einen leicht zunehmenden Trend auf. Die Tonminerale in der Geschiebelehmauflage verhindern weitgehend eine Tiefenverlagerung des Kaliums. Die vergleichbare Konzentrationsentwicklung der Hauptinhaltsstoffe und das relativ gleichbleibende Verhältnis der Sulfat- und Chloridkonzentrationen über 1 sprechen für eine Beeinflussung des Grundwassers durch die landwirtschaftliche Düngung und für eine fehlende Denitrifikation, sodass die steigenden Sulfatgehalte vermutlich nicht auf Denitrifikationsprozesse zurückgeführt werden können.

In der Diepenauer Geest zeigen die GWM Quellhorst (Abb. 82) und Lohof ebenfalls erhöhte Sulfatgehalte im Bereich von 200 mg/l an, die allerdings stagnieren. Die Nitratgehalte bewegen sich auf sehr niedrigem Niveau im Bereich der BG. Das sehr weite Sulfat/Chloridverhältnis, die reduzierenden Verhältnisse und die sehr hohen Eisengehalte sowie der faulige Geruch der Grundwasserprobe lassen auf Denitrifikationsprozesse (chemo-lithotrophe Denitrifikation durch Sulfidminerale) schließen.

Für 90 der 111 GWM ist die Durchführung einer Trendbeurteilung durch Regressionsanalyse möglich (Tab. 36). 53 GWM weisen signifikante Trends auf. Über das gesamte Einzugsgebiet gesehen ist das Verhältnis von fallenden zu steigenden Trends ausgeglichen. Der Großteil der GWM zeigt eine geringe Ausprägung der Trendentwicklung.

Tab. 35: Sulfat, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Sulfat [mg/l]			> 250 mg/l Sulfat			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl Analysen	GWM	% GWM
Gesamtzeitraum						Aktueller Wert			
Syker Geest	78	827	51	2,5	390	1	3	1	1,3
Diepholzer Moorniederung	10	187	45	0,25	107	0	0	0	0
Böhrde Geest	15	169	57	26	140	0	0	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	26	82	55	110	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	93	127	21	273	1	3	0	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	111	1.302	73	0,25	390	2	6	1	1,3

Tab. 36: Sulfattrend der GWM mit Sulfatgehalten > 5 mg/l für den Zeitraum 2009 bis 2018 sowie Ausprägung der signifikanten Trends (Steigung der Regressionsgeraden).

Hydrogeologischer Teilraum	Gesamt	Trend beurteilbar		Signifikant	
		nein	ja	steigend	davon Trend fallend
[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]	[Anzahl GWM]
Syker Geest	78	61	25	19	17
Diepholzer Moorniederung	10	8	2	3	3
Böhrde Geest	15	13	6	2	5
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	3	2	1	0
Diepenauer Geest	5	5	2	2	1
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	0	0	0	0
Gesamt	111	90	37	27	26

Signifikanter Trend, Ausprägung nach Steigung der Regressionsgeraden

Trend	gering	stark
steigend	19	27
fallend	26	27

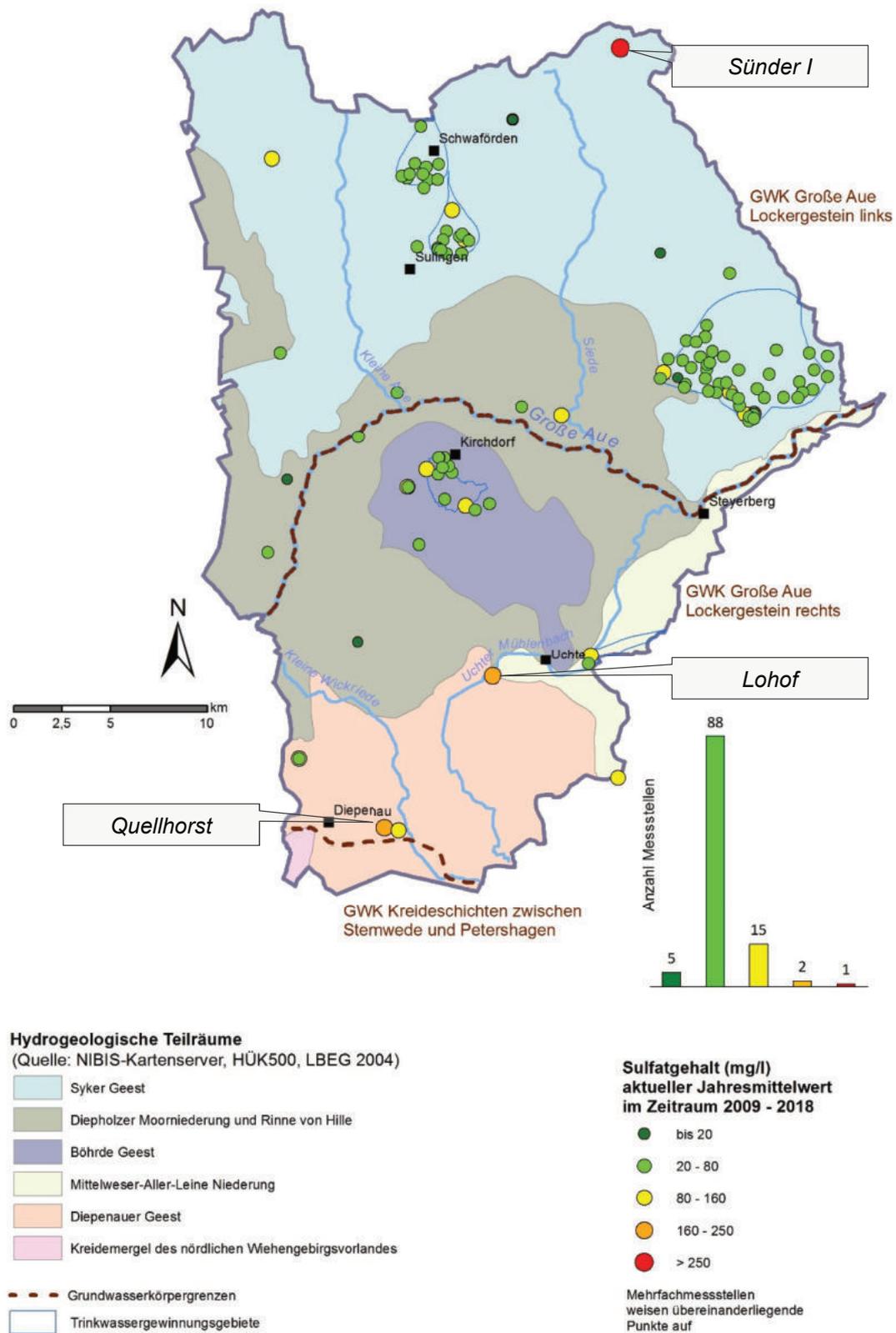


Abb. 80: Sulfatgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

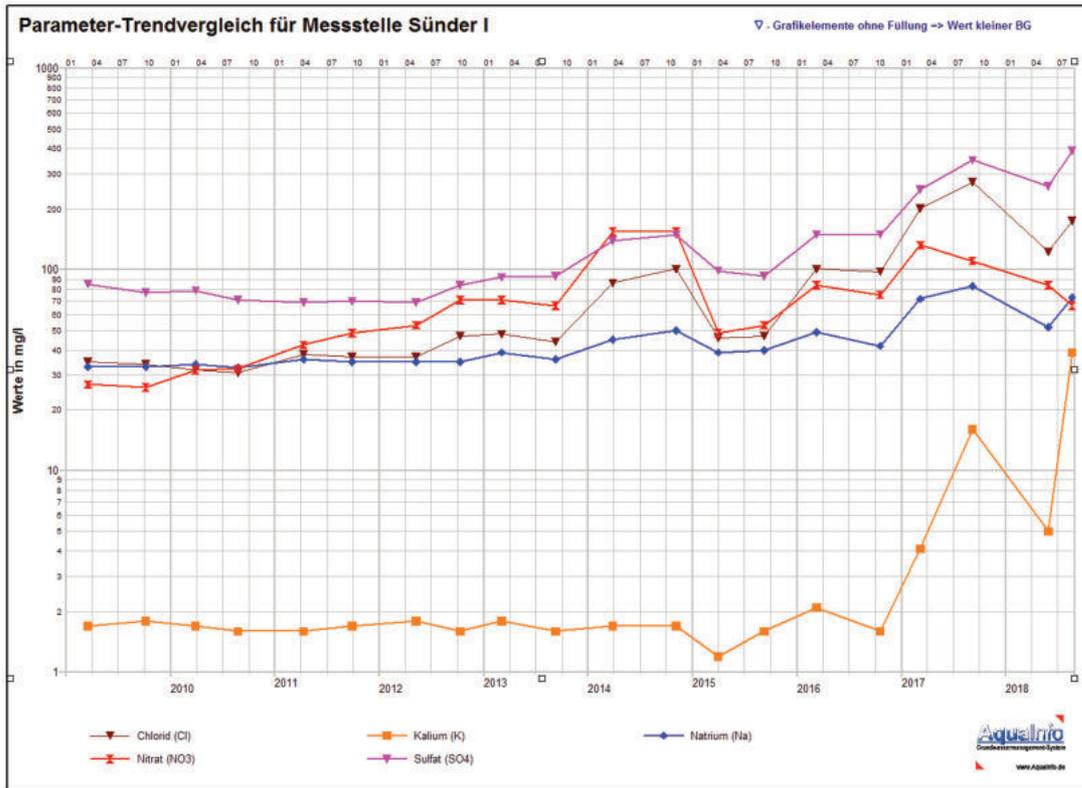


Abb. 81: Parametertrendvergleich der Messstelle Sünder I (Syker Geest). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat, 250 mg/l für Sulfat und 200 mg/l für Natrium. Ein Grenzwert für Kalium besteht nach TrinkwV (2016) nicht.

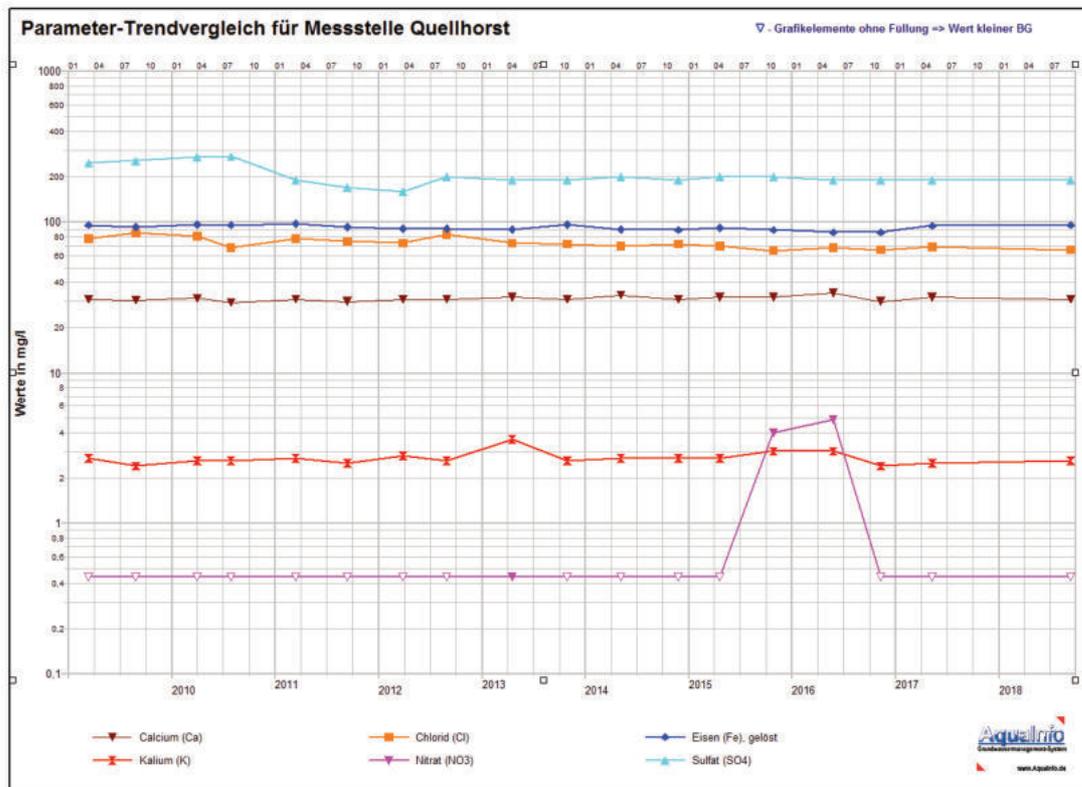


Abb. 82: Parametervergleich der Messstelle Quellhorst (Diepenauer Geest). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat, 250 mg/l für Sulfat und 0,2 mg/l für Eisen. Grenzwerte für Kalium und Calcium bestehen nach TrinkwV (2016) nicht.

8.2.7 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 (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 (2016) und GrwV (2010) 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).

Im Einzugsgebiet der Großen Aue überschreitet lediglich die GWM Voigtei (Filterlage 10 - 12 m u. GOK) in der Diepholzer Moorniederung aktuell den Grenzwert von 250 mg/l Chlorid (Tab. 37, Abb. 83). Nach langjährig konstanten Werten steigt die Natriumchloridkonzentration ab 2013 deutlich an, wobei bis 2016 jahreszeitliche Schwankungen mit niedrigeren Frühjahrswerten festgestellt werden. Ab 2016 steigt die Konzentration extrem von 60 auf 400 mg/l Chlorid (Abb. 67). Die GWM Sünder I (Syker Geest) zeigt stetig steigende Chloridkonzentrationen, die mit dazu parallelverlaufenden Konzentrationszunahmen von Sulfat, Nitrat und Calcium und weiteren Kationen einhergehen (

Abb. 81, Kap. 8.2.6). Starke jahreszeitliche Schwankungen der Chloridkonzentrationen sowie weiterer Anionen und Kationen weist die GWM Ströhen (Diepholzer Moorniederung) auf (Abb. 66, Kap. 8.2.1).

Versalzungsstrukturen beeinflussen die Messstellen im Einzugsgebiet nicht.

Tab. 37: Chlorid, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Chlorid [mg/l]			> 250 mg/l Chlorid			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Analysen	GWM	% GWM
						Aktueller Wert			
Syker Geest	78	827	34	2,2	272	1	2	0	0
Diepholzer Moorniederung	10	188	51	8,9	399	2	2	1	10
Böhrde Geest	15	169	36	5,5	93	0	0	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	26	30	19	48	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	93	52	19	115	0	0	0	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	111	1.303	41	2,2	399	3	4	1	0,9

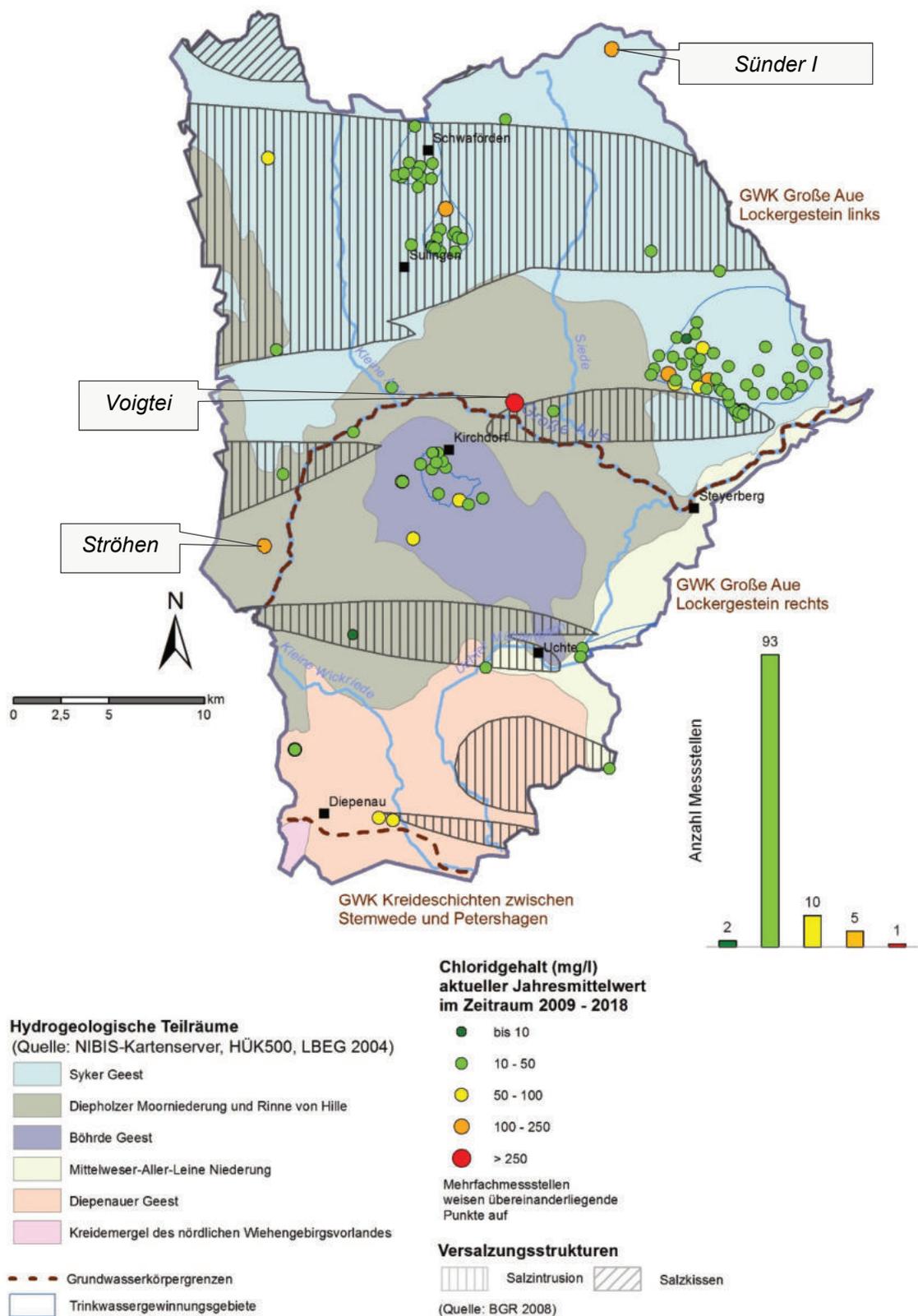


Abb. 83: Chloridgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.8 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 pflanzlichen 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 häufig auf anthropogene Einflüsse hin, 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 TrinkwV (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 (2016) ist 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.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue weisen aktuell 23 GWM Kaliumgehalte über 12 mg/l auf, wobei die Mehrzahl in der Syker Geest verortet sind (Tab. 38, Abb. 84). Bei 20 GWM handelt es sich dabei um flach verfilterte GWM mit Filterlagen bis 15 m u. GOK. Alle 23 GWM weisen hohe Nitratgehalte auf, wobei in 18 GWM Nitratkonzentrationen über 50 mg/l detektiert werden konnten.

In der sehr flach verfilterten VFM Liebenau II XI.1 (Filterlage 2,5 -5,5 m u. GOK) im TWGG Liebenau II/Blockhaus in der Syker Geest werden beispielsweise signifikant steigende Kaliumgehalte detektiert. Der Trendvergleich weiterer Parameter (Abb. 85) zeigt eine vergleichbare Entwicklung, sodass hier auf einen deutlichen Einfluss der landwirtschaftlichen Düngung geschlossen werden kann. Insbesondere die gegenüber Natrium deutlich erhöhte Kaliumkonzentration weist auf einen anthropogenen Eintrag ohne Fixierung an Tonminerale im Boden hin. Je nach Sickerwassermenge kann die Kalium-Auswaschung in Sandböden 20 bis 50 kg K/ha/a betragen, in Böden mit mehr als 10% Ton ist sie hingegen zu vernachlässigen (Blume et al. 2010).

Lediglich für 29 der 111 GWM mit relevanten Kaliumgehalten kann ein signifikanter Trend ermittelt werden, daher ist keine belastbare Aussage möglich (Tab. 39). 22 GWM mit steigenden Trends stehen 7 GWM mit fallender Konzentrationsentwicklung gegenüber. Die Trendausprägung sowohl fallender wie auch steigender Trends ist gering.

Tab. 38: Kalium, Min/Max- und Mittelwerte sowie erhöhte Gehalte in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Kalium [mg/l]			Erhöhte Gehalte (> 12 mg/l Kalium)			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl Analysen	% GWM	
								GWM	Aktueller Wert
Syker Geest	78	768	7,7	0,9	58	22	121	18	23
Diepholzer Moorniederung	10	174	7,0	1,2	31	3	41	2	20
Böhrde Geest	15	169	4,0	0,7	18	1	3	1	7
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	24	1,8	1,0	3,1	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	92	10	2,4	20	2	36	2	40
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	111	1.227	6,1	0,7	58	28	201	23	21

Tab. 39: Kaliumtrend der GWM mit Kaliumgehalten > 2,5 mg/l für den Zeitraum 2009 bis 2018 sowie Ausprägung der signifikanten Trends (Steigung der Regressionsgeraden).

Hydrogeologischer Teilraum	Gesamt [Anzahl GWM]	Trend beurteilbar		Signifikant	
		Trend beurteilbar [Anzahl GWM]	nein [Anzahl GWM]	ja	
				steigend [Anzahl GWM]	davon Trend fallend [Anzahl GWM]
Syker Geest	78	41	24	14	5
Diepholzer Moorniederung	10	7	5	1	1
Böhrde Geest	15	6	3	2	1
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	1	0	1	0
Diepenauer Geest	5	5	1	4	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	0	0	0	0
Gesamt	111	60	33	22	7

Signifikanter Trend, Ausprägung nach Steigung der Regressionsgeraden

Trend	gering	stark
steigend	22	7
fallend	0	7

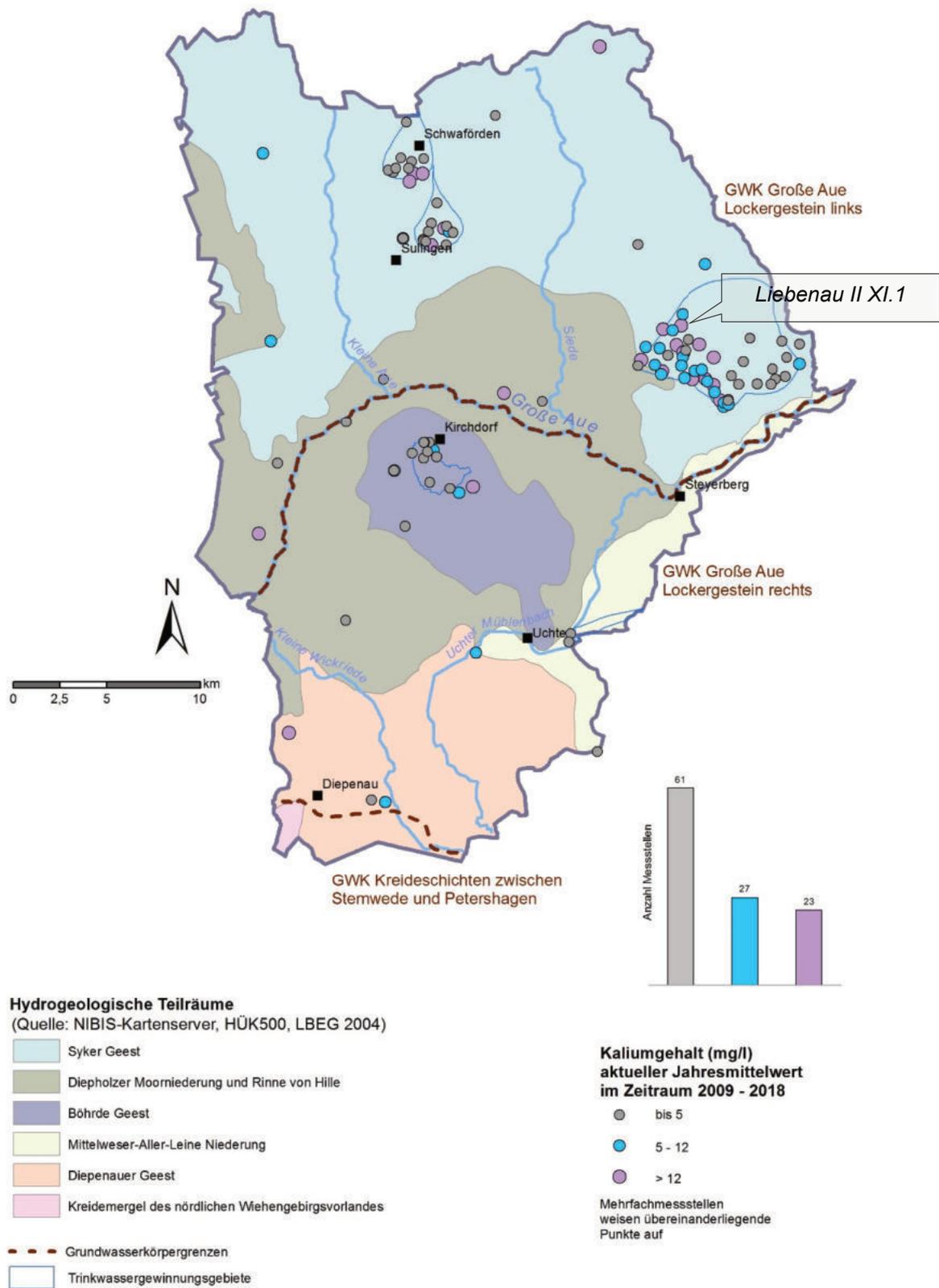


Abb. 84: Kaliumgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

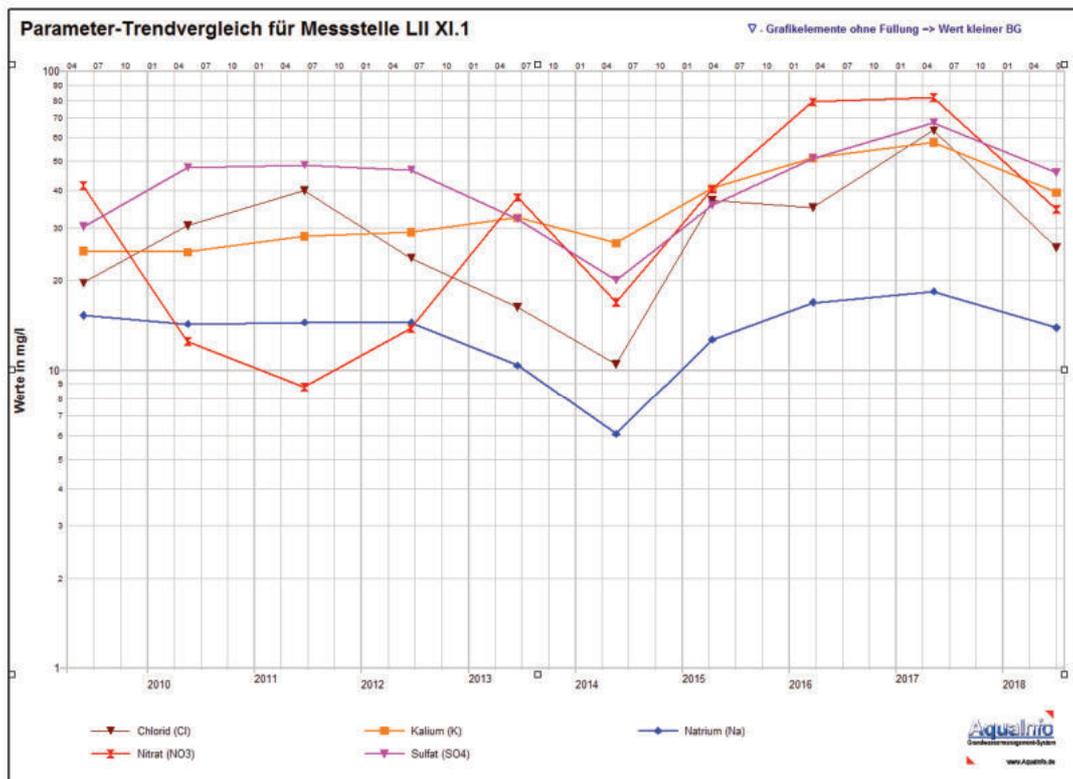


Abb. 85: Parameter-trendvergleich für die VFM Liebenau II XI.1 (Syker Geest). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat, 250 mg/l für Sulfat und 200 mg/l für Natrium. Ein Grenzwert für Kalium besteht nach TrinkwV (2016) nicht.

8.2.9 Ortho-Phosphat

Ortho-Phosphat ist das Anion der Phosphorsäure (PO_4^{3-}). Es spielt als Bestandteil von Aminosäuren eine zentrale Rolle im Stoffwechsel von Organismen und ist ein wichtiger Pflanzennährstoff. Phosphor tritt in der Umwelt überwiegend als ortho-Phosphat (PO_4^{3-}) unter Bildung entsprechender Salze (z.B. Alkaliphosphate, Eisen(II)-Phosphat, Apatite) mit unterschiedlichen Löslichkeiten sowie unter Wasserabspaltung als poly-Phosphate (HPO_3)_x auf.

Sauerstoffhaltiges Grundwasser enthält im neutralen pH-Bereich in der Regel Phosphatkonzentrationen um 0,03 mg/l (Kölle 2010), da schlecht lösliche Komplexe gebildet werden. In reduziertem Grundwasser können deutlich höhere Phosphatkonzentrationen von mehreren mg/l auftreten (Kölle 2010). Erhöhte Phosphatkonzentrationen im Grundwasser resultieren aus der Zersetzung natürlich im Gestein enthaltener organischer Materialien (Kohle, Torf),

dem Eintrag von Abwässern und der landwirtschaftlichen Düngung. Weitere Einträge resultieren aus der Verwendung als Zusatzstoff in Wasch- und Reinigungsmitteln.

Phosphat im Grundwasser stellt ein Eutrophierungsrisiko für in Verbindung stehende Oberflächengewässer und grundwasserabhängige terrestrische Ökosysteme dar, daher wurde in der Grundwasserverordnung ein Schwellenwert für ortho-Phosphat von 0,5 mg/l festgesetzt.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue wird der Schwellenwert an sechs GWM überschritten (Tab. 40, Abb. 86), wobei drei Messstellen deutlich erhöhte ortho-Phosphatkonzentrationen aufweisen. Die Messstellen Steinbrink (Diepholzer Moorniederung, Filterlage 26 - 28 m u. GOK, 2,1 mg/l PO_4^{3-}), Bleckriede (Diepholzer Moorniederung, Filterlage 21 - 23 m u. GOK, 1,74 mg/l PO_4^{3-}) und Hahnhorst II

(Syker Geest, Filterlage 50,5 - 56,5 m u. GOK, 1,47 mg/l PO₄³⁻) weisen reduzierende Verhältnisse mit hohen Eisengehalten auf (Abb. 87). Hier kann von geogen erhöhten Phosphatgehalten ausgegangen werden. Tendenziell treten höhere Phosphatgehalte verstärkt in Niederungsgebieten auf, da hier von einem verstärkten Abbau organischer Substanz infolge von Meliorationsmaßnahmen, Grünlandumbrüchen und Entwässerungsmaßnahmen ausgegangen werden kann (NLWKN

2019c). Das Grundwasser der drei genannten GWM weist sehr lange Transportzeiten auf (Wriedt 2016), sodass die erhöhten Phosphatgehalte vermutlich aus natürlichen Anreicherungsprozessen resultieren. Wriedt (NLWKN 2019c) konnte bei Auswertungen für ganz Niedersachsen feststellen, dass die Phosphatgehalte mit zunehmender Grundwasserüberdeckung des Filters und höherem Grundwasseralter ansteigen.

Tab. 40: ortho-Phosphat, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Ortho-Phosphat [mg/l]			> 0,5 mg/l ortho-Phosphat			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl	GWM	%
Gesamtzeitraum						Aktueller Wert			
Syker Geest	66	568	0,10	0,002	2,21	2	13	2	3
Diepholzer Moorniederung	10	176	0,45	0,002	2,97	3	40	2	20
Böhrde Geest	10	94	0,13	0,03	1,07	2	9	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	20	0,50	0,03	0,80	2	2	2	67
Diepenauer Geest	5	93	0,08	0,03	0,40	0	0	0	0
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	94	951	0,25	0,002	2,97	9	64	6	6

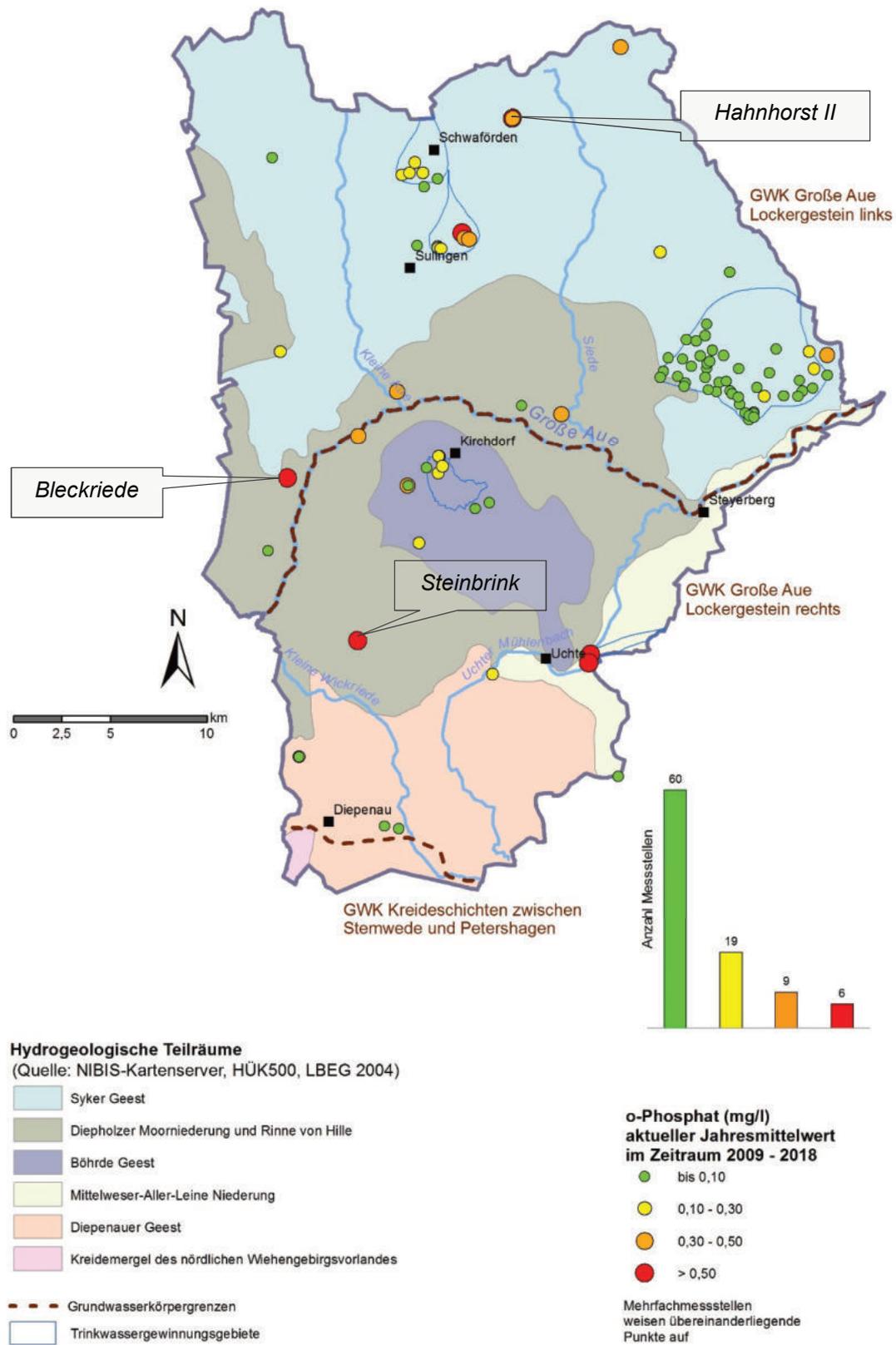


Abb. 86: Ortho-Phosphatgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

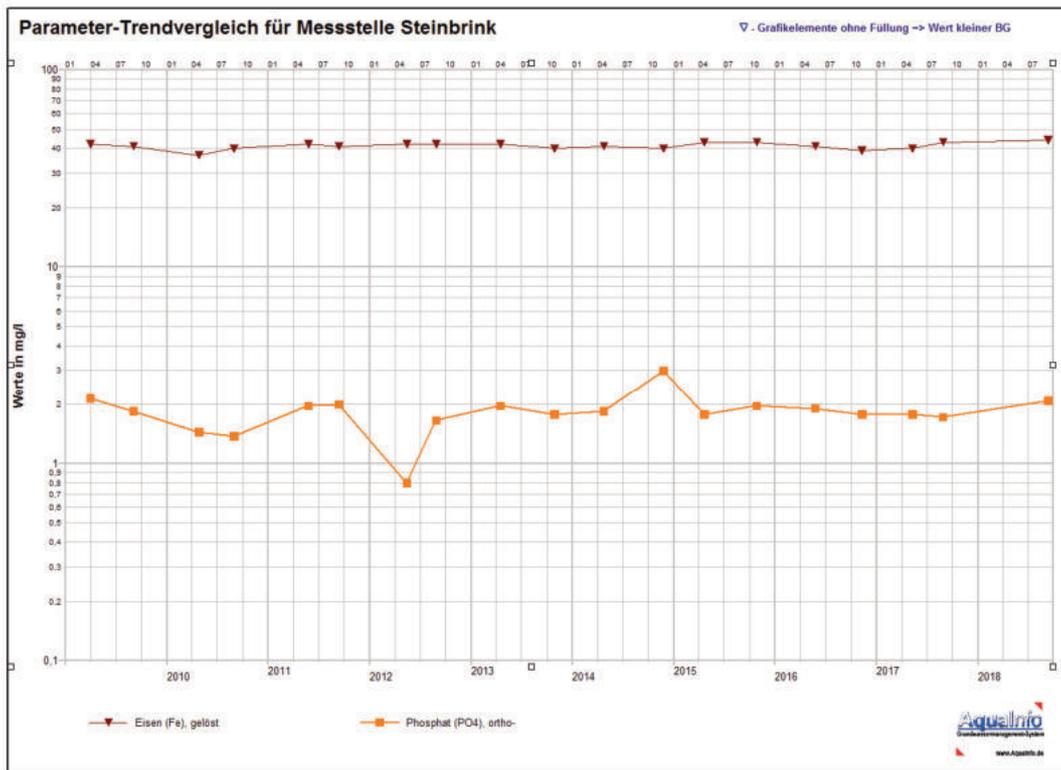


Abb. 87: Parametervergleich Phosphat und Eisen für die GWM Steinbrink (Diepholzer Moorniederung). Der Grenzwert für Eisen liegt nach TrinkwV (2016) bei 0,2 mg/l. Ein Grenzwert für ortho-Phosphat besteht nach TrinwV (2016) nicht.

8.2.10 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, sodass Grundwasser mit hohem Sauerstoffgehalt in der Regel nur geringe Eisengehalte aufweist. Unter reduzierenden Bedingungen (Sauerstoffmangel) und durch biologische Vorgänge entstehen zweiwertige Eisenverbindungen von wesentlich höherer Löslichkeit und Mobilität. Erhöhte Eisenerwerte 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 pH 5 ist auch die Löslichkeit dreiwertiger Eisenverbindungen erhöht (NLWK 2001). Ein Anstieg der Eisengehalte kann 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 für die Trinkwassergewinnung 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 (2016) nennt für Eisen einen Grenzwert von 0,20 mg/l (Tab. 24). 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). Im Einzugsgebiet der Großen Aue treten Eisengehalte über

0,2 mg/l sowohl in den Niederungs- als auch in Geestgebieten auf (Tab. 41, Abb. 88). Sehr hohe Eisenkonzentrationen weisen vor allem Messstellen in den Niederungsgebieten und Regionen mit grundwasserabhängigen Böden wie den Gleyen (Kap.2.3) auf. Hier werden unter reduzierenden Verhältnissen z.T. Konzentrationen über 20 mg/l Eisen erreicht. Die Messstelle Quellhorst beispielsweise weist aktuell Eisengehalte bis 96 mg/l auf (Abb. 82).

Tab. 41: Eisen, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Eisen [mg/l]			> 0,2 mg/l Eisen			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl	% GWM	
								GWM	Aktueller Wert
Syker Geest	78	778	1,4	0,0005	16	51	311	25	32
Diepholzer Moorniederung	10	175	10	0,005	44	10	130	7	70
Böhrde Geest	15	168	5,5	0,005	69	10	62	5	33
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	26	26	2,4	42	3	26	3	100
Diepenauer Geest	5	91	23	0,005	98	5	71	3	60
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	111	1.238	13	0,0005	98	79	600	43	39

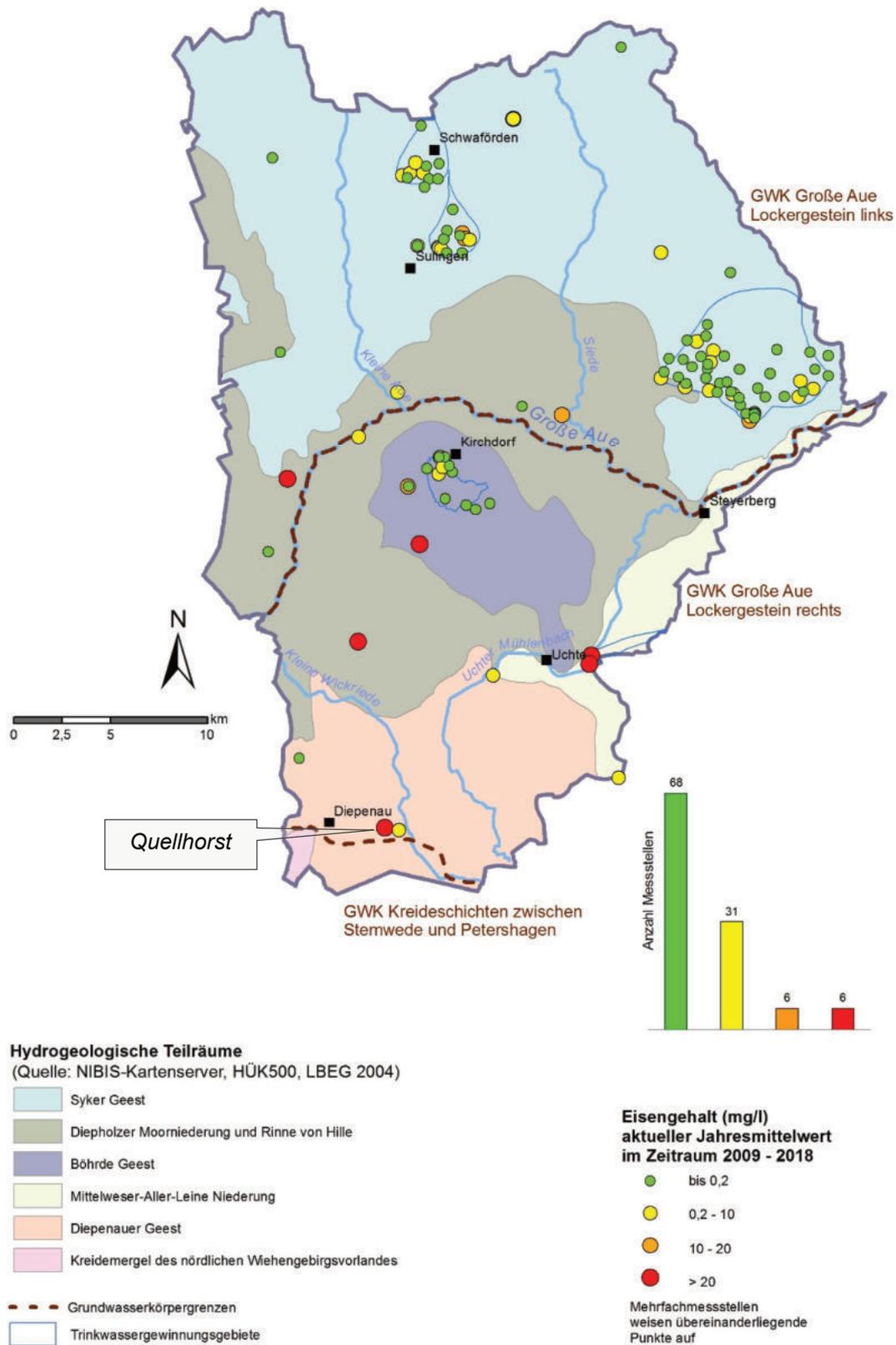


Abb. 88: Eisengehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.11 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 geogenen Herkunft auszugehen (NLÖ 1999). Die meisten Aluminiumverbindungen sind in Wasser schwer löslich. Aus diesem Grund gilt Aluminium aus geochemischer Sicht als wenig mobil. Die Löslichkeit von Aluminiumhydroxid ist stark pH-Wert abhängig, wobei sowohl im stark sauren wie auch im stark alkalischen Milieu hohe Konzentrationen (amphoterer Verhalten) auftreten können (Kölle 2010). Im sauren Milieu wird Aluminium zunehmend gelöst und wirkt auf viele Lebewesen toxisch (MU 2006). Durch hohe luftbürtige Schwefel- und Stickstoffdepositionen kommt es zu erhöhten Konzentrationen der Anionen Sulfat und Nitrat in der Lösungsphase (Versauerung), was zu einem vermehrten Austrag von Kationen, beispielsweise über Aluminiumverbindungen, führt (NLWKN 2007).

Kritisch ist ein pH-Wert-Bereich unter pH 4,2 anzusehen, da hier durch den Zerfall der Tonminerale 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). Anthropogen unbeeinflusstes Grundwasser enthält weniger als 0,05 mg/l Aluminium (NLÖ 1999).

Die TrinkwV (2016) 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.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue überschreiten 15 der 94 auf Aluminium untersuchten Messstellen den Grenzwert von 0,2 mg/l (Tab. 42, Abb. 89). Bis auf eine GWM in der Diepholzer Moorniederung sind alle Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen in den Geestgebieten verortet. Hier sind es die flach verfilterten GWM (Filterlagen bis 15 m unter GOK), die erhöhte Aluminiumgehalte aufweisen. Konzentrationen über 1 mg/l konnten in der VFM Schwaförden PB 60 im TWGG Schwaförden (Filterlage 2 - 5 m u. GOK) und in der Landesmessstelle Bohnhorst (Filterlage 6 - 8 m u. GOK) detektiert werden.

Hohe Aluminiumgehalte im Grundwasser stehen oft im Zusammenhang mit einer voranschreitenden Versauerung des Bodens, beispielsweise durch saure Niederschläge, die über Versickerung zur Versauerung des Grundwassers führen können. Im Einzugsgebiet der Großen Aue treten hohe Aluminiumgehalte vor allem in Verbindung mit pH-Werten unter pH 5,0 im Grundwasser auf (Abb. 90).

Tab. 42: Aluminium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Aluminium [mg/l]			> 0,2 mg/l Aluminium			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Analysen	GWM	% GWM
			Gesamtzeitraum						
Syker Geest	66	651	0,19	0,0005	9,6	26	101	13	20
Diepholzer Moorniederung	10	176	0,075	0,005	0,87	5	24	1	10
Böhrde Geest	10	117	0,017	0,005	0,117	0	0	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	24	0,013	0,005	0,013	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	93	0,19	0,01	2,6	1	19	1	33
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	94	1.061	0,1	0,0005	9,6	32	144	15	16

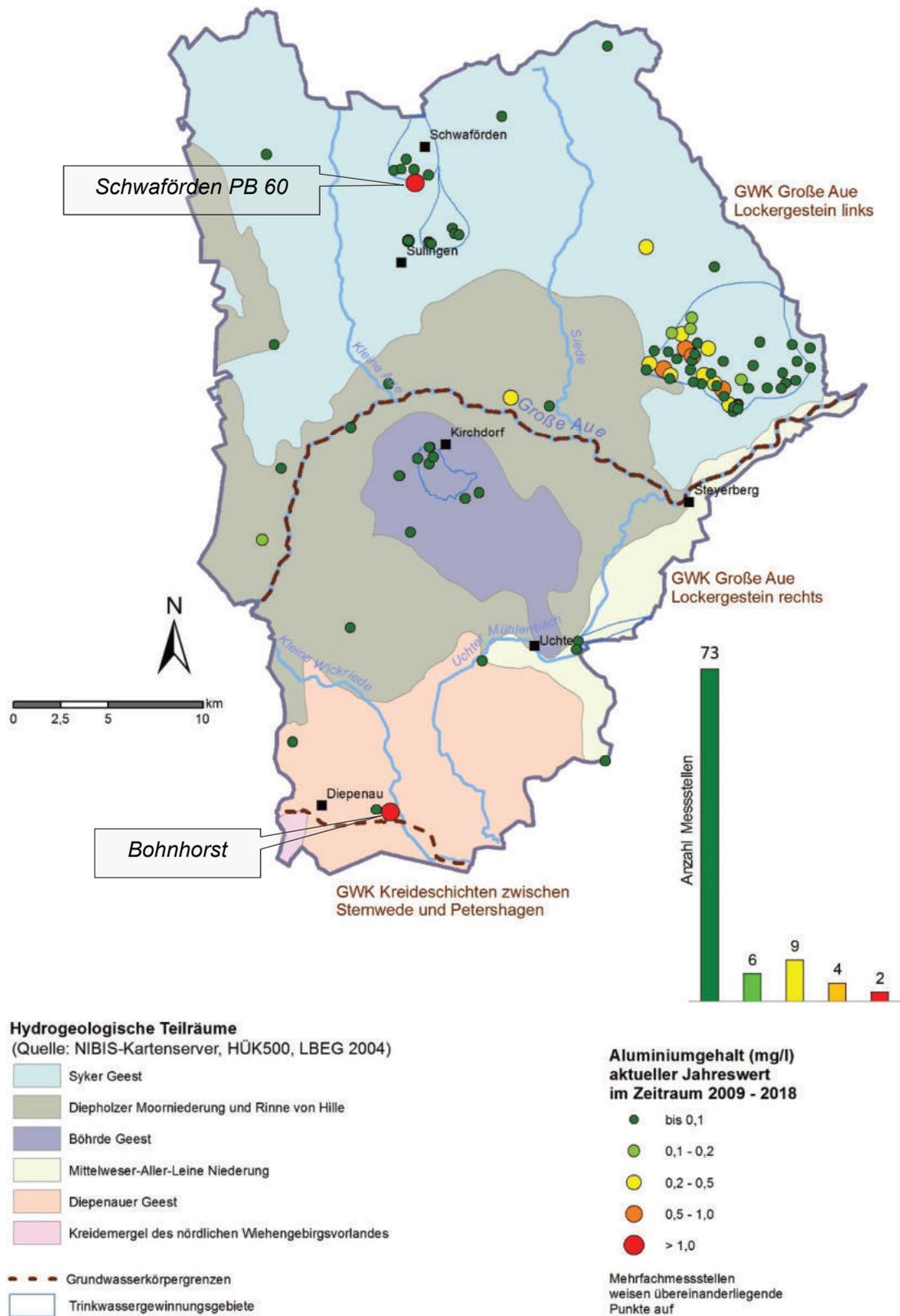


Abb. 89: Aluminiumgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

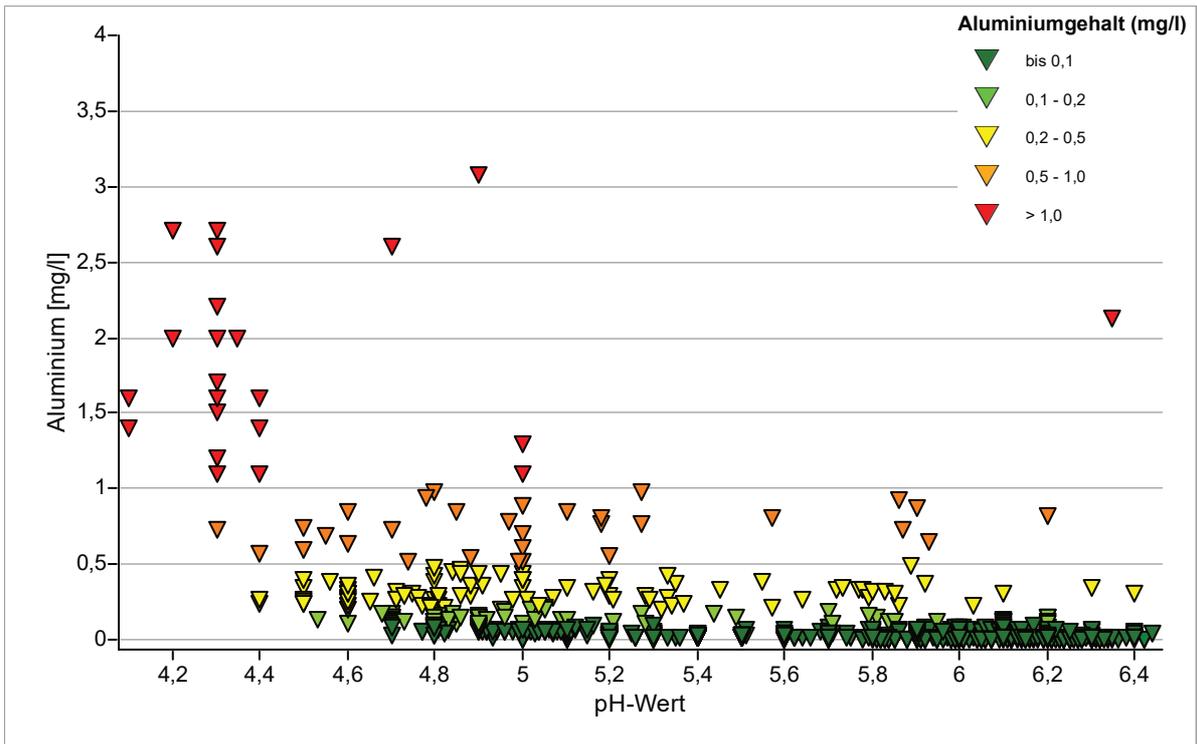


Abb. 90: Aluminiumgehalte (gelöst) und pH-Wert der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue im Zeitraum 2009 – 2018 (1 Messwert 9,6 mg/l Aluminium bei pH-Wert 4,6 nicht abgebildet).

8.2.12 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, sodass nur geringe Spurenkonzentrationen in wässrige Lösung übergehen können. Bei anhaltend niedrigen pH-Werten ($\text{pH} < 5,5$) kann es jedoch zu einer Beschleunigung der natürlichen Lösungs- und Ionenaustauschvorgänge 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 Eintragspfad für Schwermetalle ist die atmosphärische Deposition (Luftpfad). In Industrie- und Siedlungsgebieten reichert sich die Atmosphäre mit Schwermetallen wie z.B. Cadmium an. Die Schwermetalle gelangen 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 (2016) 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 FBR, Filterstufen, Zwischenspeicher und 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 beigegeben, wobei ein Großteil von den Tieren wieder ausgeschieden und mit dem Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlichen Flächen aufgebracht wird.

Im Flusseinzugsgebiet der Großen Aue sind die Schwermetallgehalte in den GWM überwiegend auf einem sehr niedrigen Niveau (Blei, Quecksilber usw.). Lediglich einzelne Analysewerte innerhalb des Betrachtungszeitraumes 2009 bis 2018 zeigten Belastungen auf. Nur bei Arsen, Cadmium und Nickel werden Belastungen einzelner GWM aufgezeigt. Daher erfolgt im vorliegenden Bericht nur eine weitergehende Auswertung dieser Parameter.

8.2.12.1 Arsen

Aufgrund der hohen Dichte (5,72 g/cm³) wird Arsen (As) häufig zu den Schwermetallen gezählt; es ist jedoch aufgrund seiner sowohl metallischen als auch nichtmetallischen Eigenschaften ein Halbmetall. Im Periodensystem steht Arsen zwischen den Metallen und den Nichtmetallen.

Arsen gelangt vor allem bei der Metallverhüttung und Kohleverbrennung in die Atmosphäre. Über die Deposition, aber auch über Haldensickerwässer aus Bergbau und Deponien, gelangt Arsen in Boden und Grundwasser. Arsen fällt bei der Gewinnung von Schwermetallen wie Kupfer und Blei als Nebenprodukt an. Bis in die 1980er Jahre fanden Arsenverbindungen in Pflanzen- und Holzschutzmitteln Verwendung. In bestimmten geologischen Formationen kann Grundwasser auch natürlicherweise mit Arsen belastet sein. Arsen kann durch Verwitterungsprozesse von Buntsandstein und anderen geologischen Formationen oder durch Oxidation arsenhaltiger Eisensulfide freigesetzt werden (Kölle 2010).

Arsen ist toxisch. Die Giftwirkung von Arsen ist abhängig von der Verbindung. Während metallisches Arsen und Arsensulfide nahezu ungiftig

sind, sind die Verbindungen mit dreiwertigem Arsen stark giftig. Darüber hinaus hat Arsen auch chronische Giftwirkungen und ist karzinogen (Kölle 2010).

Der Grenzwert nach TrinkwV (2016) und der Schwellenwert nach GrwV (2010) beträgt 10 µg/l.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue überschreiten zwei GWM den Grenzwert von 10 µg/l (Tab. 43, Abb. 91). Die GWM Steinbrink (Filterlage 26 - 28 m u. GOK) weist langjährig Arsengehalte über 30 µg/l auf. Im Grundwasser herrschen reduzierende Bedingungen mit erhöhten Ammoniumgehalten über 1 mg/l und hohen Eisengehalten über 40 mg/l vor. Der insgesamt sehr geringe Lösungsinhalt dieser GWM weist auf „altes“ Grundwasser, also Grundwasser mit langen Fließzeiten, hin (siehe Kap. 8.2.1). In der GWM Lohhof (Filterlage 18 - 20 m u. GOK) können Arsengehalte in einem Konzentrationsbereich von 15 mg/l detektiert werden. Niedrige Sauerstoffkonzentrationen, erhöhte Ammonium- und Eisenkonzentrationen weisen hier wie auch in den zwei GWM mit Arsengehalten über 5 µg/l (Bleckriede und Göthen) auf reduzierende Verhältnisse hin.

Tab. 43: Arsen, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Arsen [µg/l]			> 10 µg/l Arsen			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl Analysen	% GWM	
								GWM	Aktueller Wert
Syker Geest	38	166	0,91	0,10	9,9	0	0	0	0
Diepholzer Moorniederung	10	85	5,08	0,10	38	1	11	1	10
Böhrde Geest	10	40	1,44	0,10	8,0	0	0	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	9	1,16	0,15	1,5	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	47	2,43	0,15	14	1	4	1	20
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	66	347	2,21	0,10	38	2	15	2	3

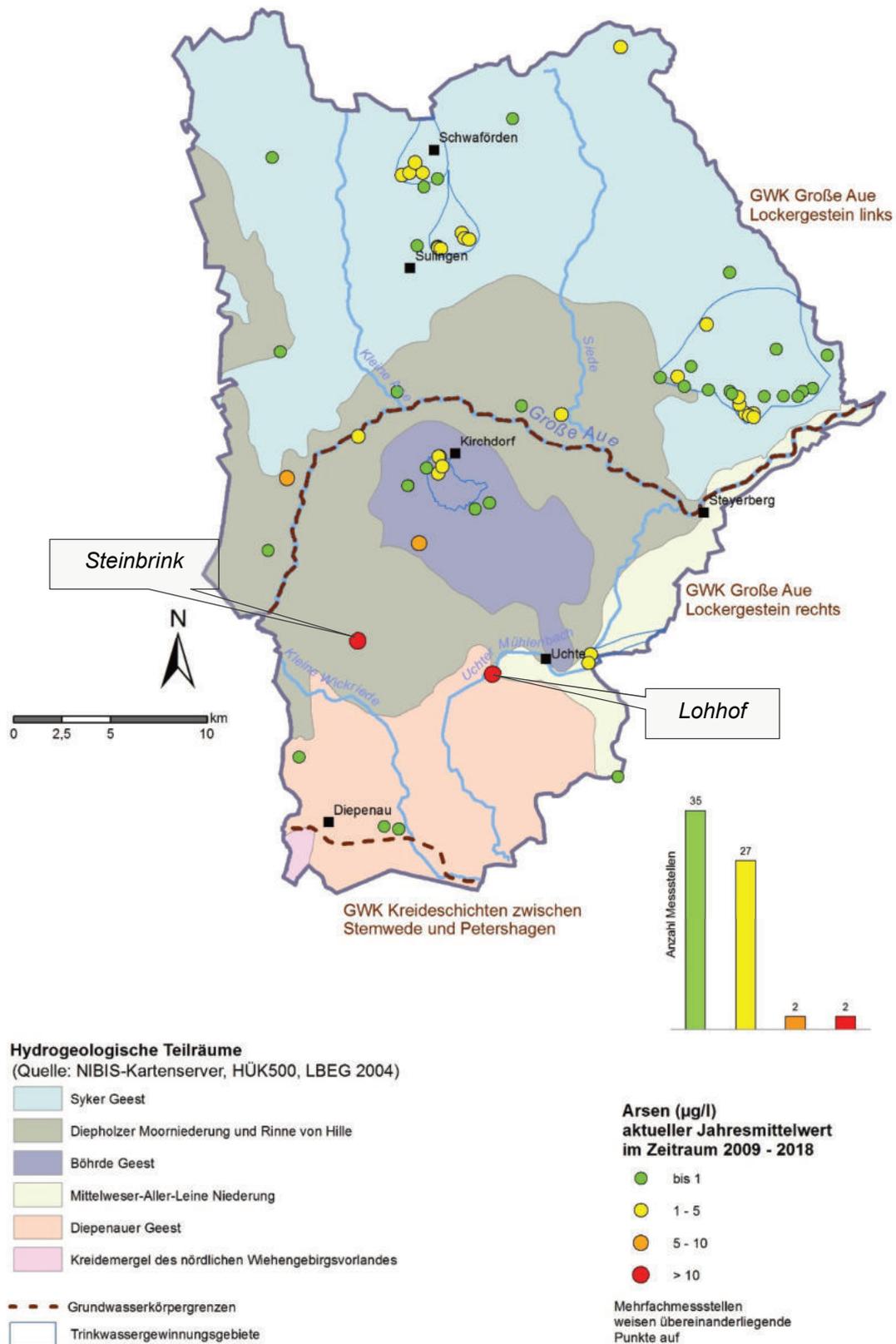


Abb. 91: Arsengehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.12.2 Cadmium

Cadmium (Cd) ist ein äußerst seltenes Element, das jedoch für Organismen toxisch ist. Der Anteil an der Erdkruste beträgt nur ca. 0,000003 %. Natürliche Cadmiumvorkommen in der Natur sind sehr selten, sodass keine abbauwürdigen Lagerstätten bestehen. Cadmium wird ausschließlich als Nebenprodukt bei der Zinkverhüttung, in kleinem Umfang auch bei der Blei- und Kupferverhüttung gewonnen. Cadmium ist immer mit Zinksulfid vergesellschaftet (Kölle 2010). In kleineren Mengen kann Cadmium beim Recycling von Eisen und Stahl anfallen. Da Cadmium in fossilen Brennstoffen enthalten ist, kommt es zu hohen Cadmiumemissionen in der Atmosphäre. Über die Deposition gelangt Cadmium in den Boden und über das Sickerwasser in das Grundwasser. Cadmium kann über cadmiumhaltige Phosphatdünger, die im Bergbau gewonnen werden und je Herkunft unterschiedliche Cadmium-Gehalte aufweisen, in den Boden und mit dem Sickerwasser in das Grundwasser eingetragen werden. Daher ist über die Düngemittelverordnung das Inverkehrbringen von Phosphatdüngern mit Cadmiumgehalten über 50 mg/kg P₂O₅ nicht zulässig. Importierte Dünger unterliegen diesem Grenzwert allerdings nicht. Daneben kann eine Freisetzung aus Karbonatmineralen möglich sein. Bei der Pyritoxidation kann adsorbiertes Cadmium freigesetzt werden, sodass Cadmiumbelastungen des Grundwassers auch an Nitrateinträge geknüpft sein können.

Messstellen unter landwirtschaftlicher Beeinflussung und tendenzieller Versauerung zeigen häufig höhere Cadmiumgehalte (Kubier 2019).

Die TrinkwV (2016) setzt für Cadmium einen Grenzwert von 3 µg/l fest. Der ökotoxikologisch abgeleitete Schwellenwert der GrwV (2010) ist mit 0,5 µg/l deutlich geringer. Im Einzugsgebiet der Großen Aue überschreiten aktuell 15 GWM den Schwellenwert der GrwV (2010) (Tab. 44, Abb. 92). Zwei Messstellen weisen Konzentrationen über dem TrinkwV-Grenzwert von 3 µg/l auf. Grenzwertüberschreitungen treten sowohl in Niederungs- als auch in Geestgebieten auf. Alle GWM mit hohen Cadmiumgehalten weisen auch hohe Nitratgehalte auf, wobei elf GWM den Grenzwert von 50 mg/l für Nitrat z.T. deutlich überschreiten. Grundwasser mit niedrigen pH-Werten unter pH 5,5 weist häufig höhere Cadmiumkonzentrationen auf als Wässer mit höheren pH-Werten (Abb. 93). Die flach verfilterte Messstelle Bohnhorst (Filterlage 6 - 8 m u. GOK) weist hohe und signifikant steigende Cadmiumgehalte auf. Parallel zu den Cadmiumgehalten steigen die Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Calciumgehalte an (Abb. 94). Auch der Konzentrationsverlauf von Nickel und Zink ist vergleichbar (Abb. 95). Der parallele Konzentrationsverlauf der genannten Parameter legt eine landwirtschaftliche Beeinflussung durch die Düngung nahe.

Tab. 44: Cadmium, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Cadmium [µg/l]			> 0,5 µg/l Cadmium			
			Mittel	Min.	Max.	GWM	Anzahl	% GWM	
	GWM	Analysen						Gesamtzeitraum	GWM
Syker Geest	38	285	0,38	0,01	1,6	7	68	6	16
Diepholzer Moorniederung	10	120	0,59	0,01	3,5	5	73	5	50
Böhrde Geest	10	40	0,32	0,01	0,86	2	6	1	10
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	9	0,31	0,01	0,45	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	47	0,88	0,01	7,1	3	31	3	60
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	66	501	0,49	0,01	7,123	17	178	15	23

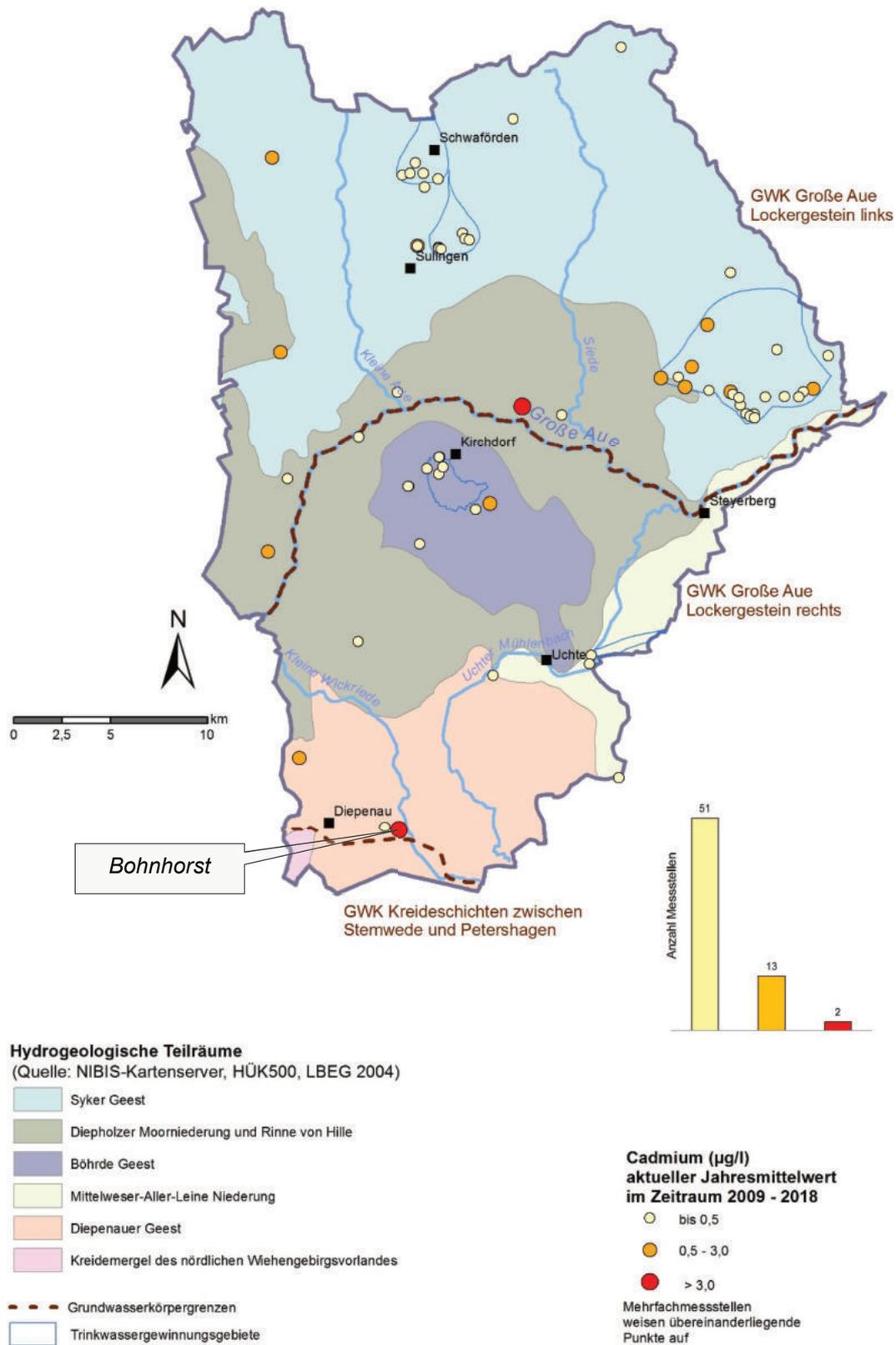


Abb. 92: Cadmiumgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

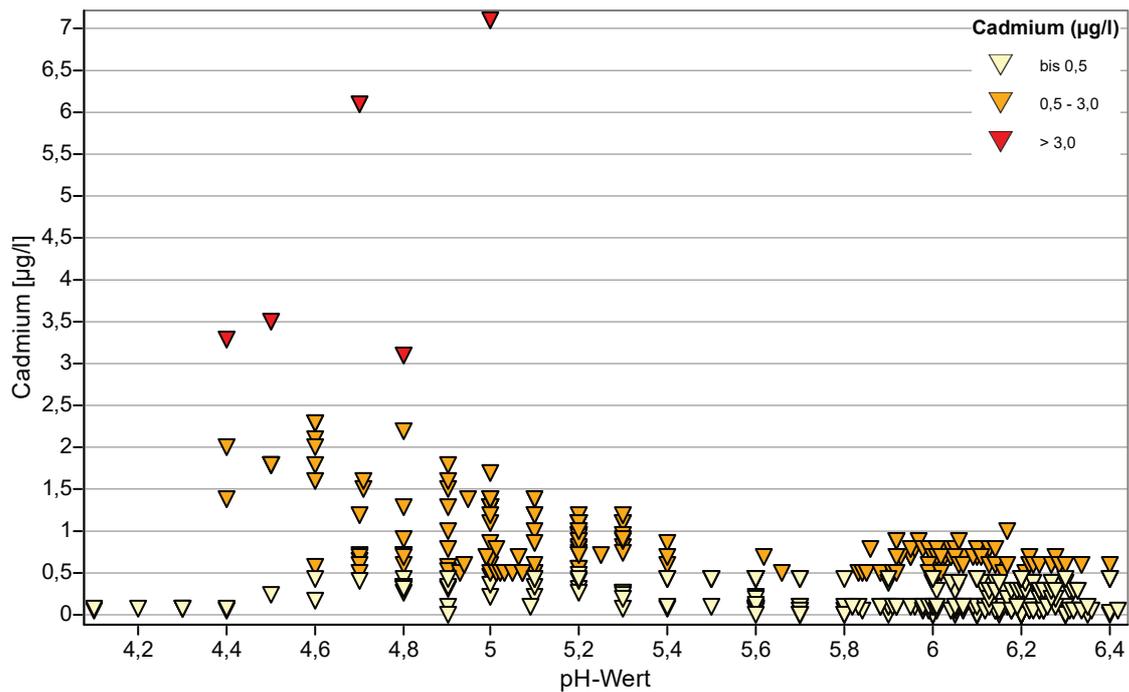


Abb. 93: Cadmiumgehalt und pH-Wert der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue im Zeitraum 2009 bis 2018.

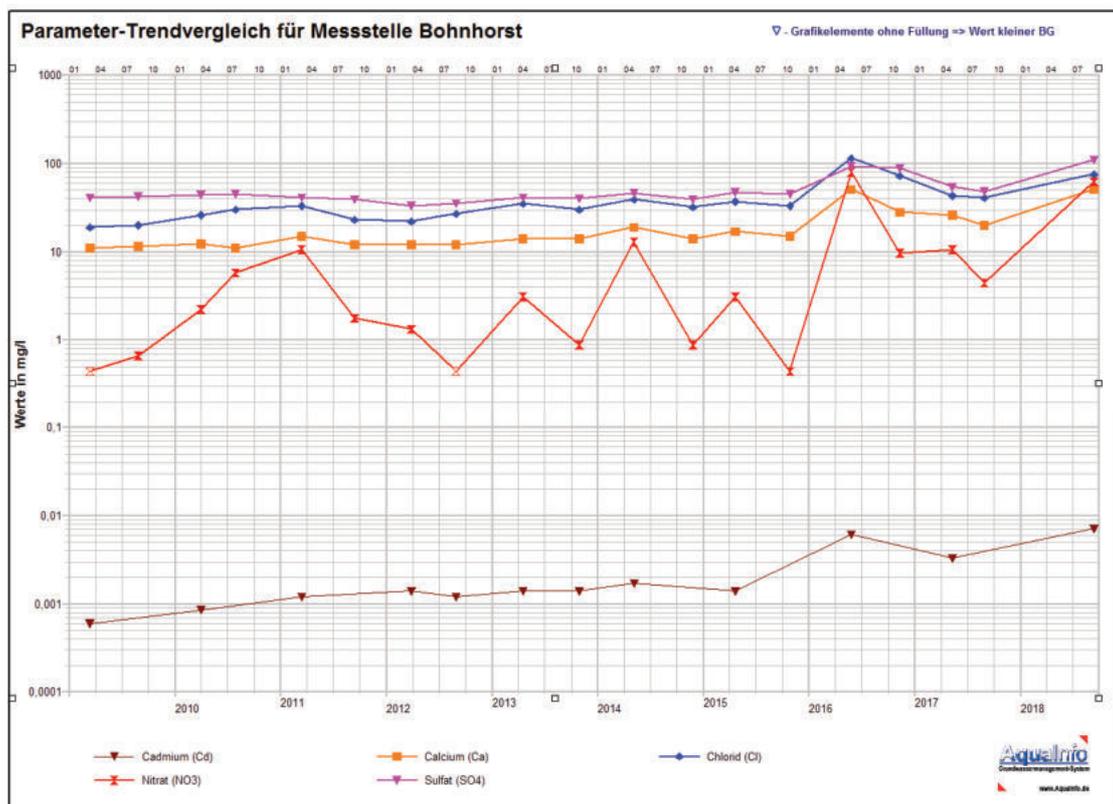


Abb. 94: Parameter-Trendvergleich für die GWM Bohnhorst (Hauptinhaltsstoffe). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 250 mg/l für Chlorid, 50 mg/l für Nitrat, 250 mg/l für Sulfat und 0,003 mg/l für Cadmium. Ein Grenzwert für Calcium besteht nach TrinkwV (2016) nicht.

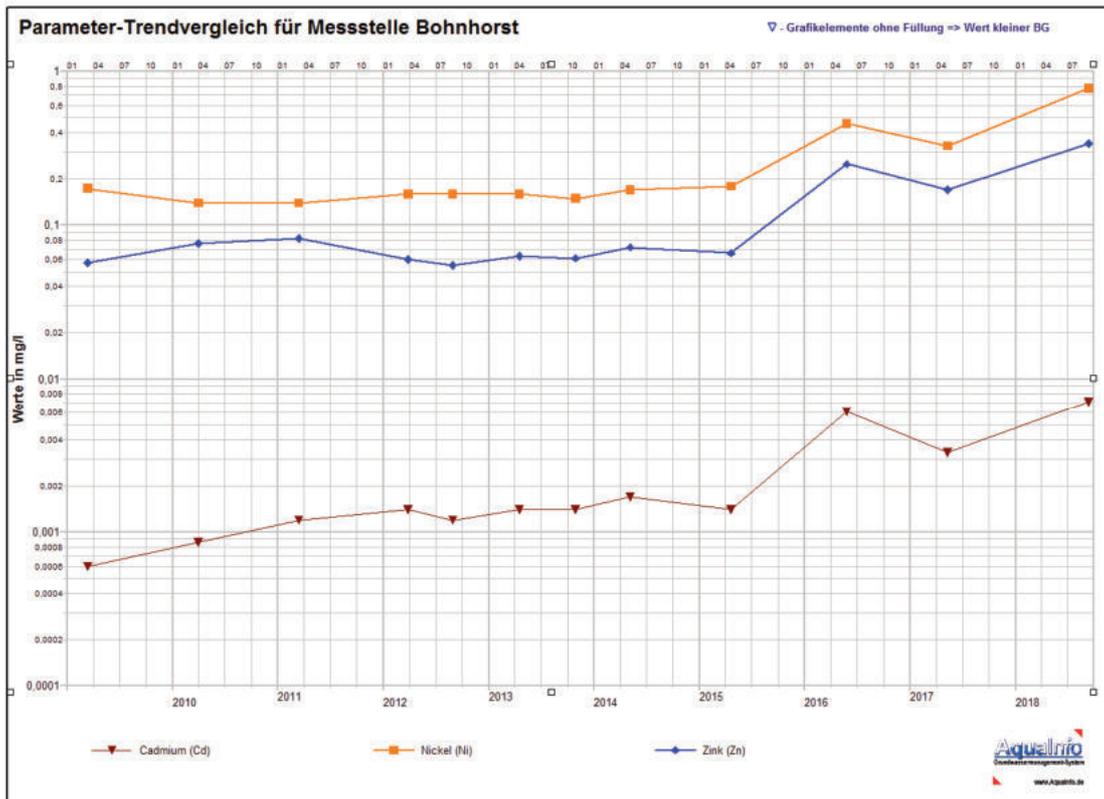


Abb. 95: Parameter-Trendvergleich für die GWM Bohnhorst (Schwermetalle). Die Grenzwerte nach TrinkwV (2016) liegen bei 0,003 mg/l für Cadmium und 0,02 mg/l für Nickel. Ein Grenzwert für Zink besteht nach TrinkwV (2016) nicht.

8.2.12.3 Nickel

Nickel (Ni) zählt wie Cadmium zu den seltenen Schwermetallen. Der Anteil an Nickel in der Erdkruste beträgt nur ca. 0,01%, sodass abbaubare Nickelvorkommen weltweit selten sind. Der größte Teil der Nickelvorräte wird aus nickelhaltigen Eisenerzen gewonnen.

Die Belastung des Grundwassers mit diesem Schwermetall ist oftmals auf nickelhaltige Minerale und ihre Auflösung in saurem Milieu zurückzuführen (Wisotzky et al. 2012). 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 2016 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 (2010) ist kein Schwellenwert vorgegeben.

Von den GWM im Gebiet der Großen Aue überschreiten aktuell 25 GWM den Grenzwert der TrinkwV (2016). Überschreitungen treten sowohl in den Niederungs- als auch in den Geestgebieten auf (Tab. 45, Abb. 97). 14 der 25 GWM mit auffälligen Nickelgehalten weisen auch hohe Nitratbelastungen über dem Grenzwert von 50 mg/l auf. In 13 GWM können ebenfalls Cadmiumbelastungen über dem Schwellenwert der GrwV (2010) (0,5 µg/l Cd) festgestellt werden. Auffällig ist die GWM Bohnhorst in der Diepenauer Geest mit einer sehr hohen Nickelkonzentration von 780 µg/l. Diese Messstelle weist ebenfalls stark erhöhte

Cadmiumkonzentrationen auf (Kap. 8.2.12.1, Abb. 95).

Nach Kölle (2010) lag die höchste in Deutschland beobachtete Nickelkonzentration bei

960 µg/l, wobei hier als Ursache die Mobilisierung durch Oxidation von Sulfiden angenommen wird. Grundwasser mit niedrigen pH-Werten weist tendenziell höhere Nickelkonzentrationen auf (Abb. 97).

Tab. 45: Nickel, Min/Max- und Mittelwerte sowie Grenzwertüberschreitungen in den GWM innerhalb der hydrogeologischen Teilräume des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Anzahl		Nickel [µg/l]			> 20 µg/l Nickel			
	GWM	Analysen	Mittel	Min.	Max.	GWM	Analysen	% GWM	
								GWM	Aktueller Wert
Syker Geest	62	471	15,9	0,1	61	19	142	17	27
Diepholzer Moorniederung	10	120	17,1	0,1	61	5	63	5	50
Böhrde Geest	10	40	5,3	0,1	12	0	0	0	0
Mittelweser-Aller-Leine Niederung	3	9	2,4	0,37	3,1	0	0	0	0
Diepenauer Geest	5	47	80	0,24	780	3	32	3	60
Kreidemergel des nördl. Wiehengebirgsvorlandes	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	90	687	24	0,1	780	27	237	25	28

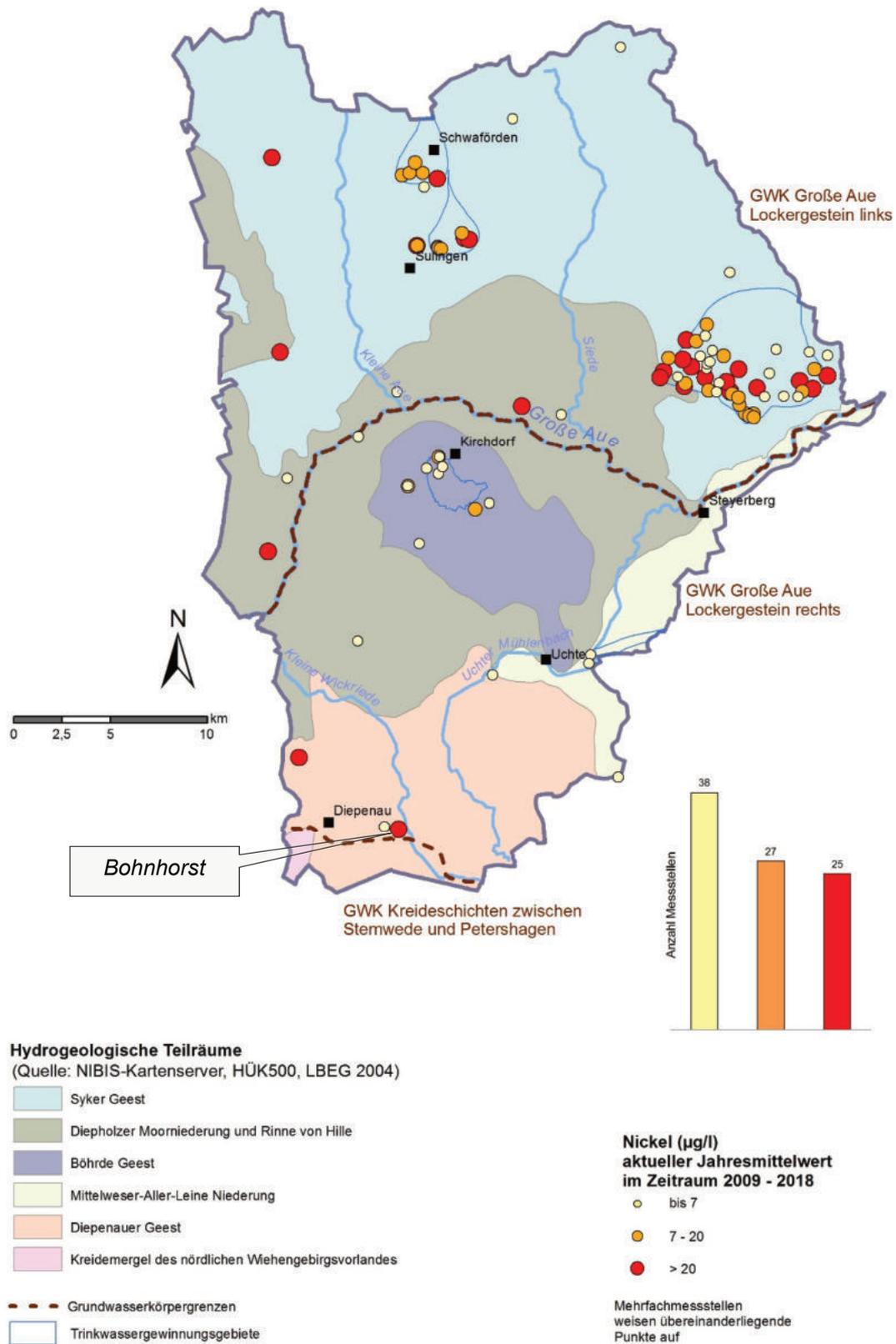


Abb. 96: Nickelgehalte der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

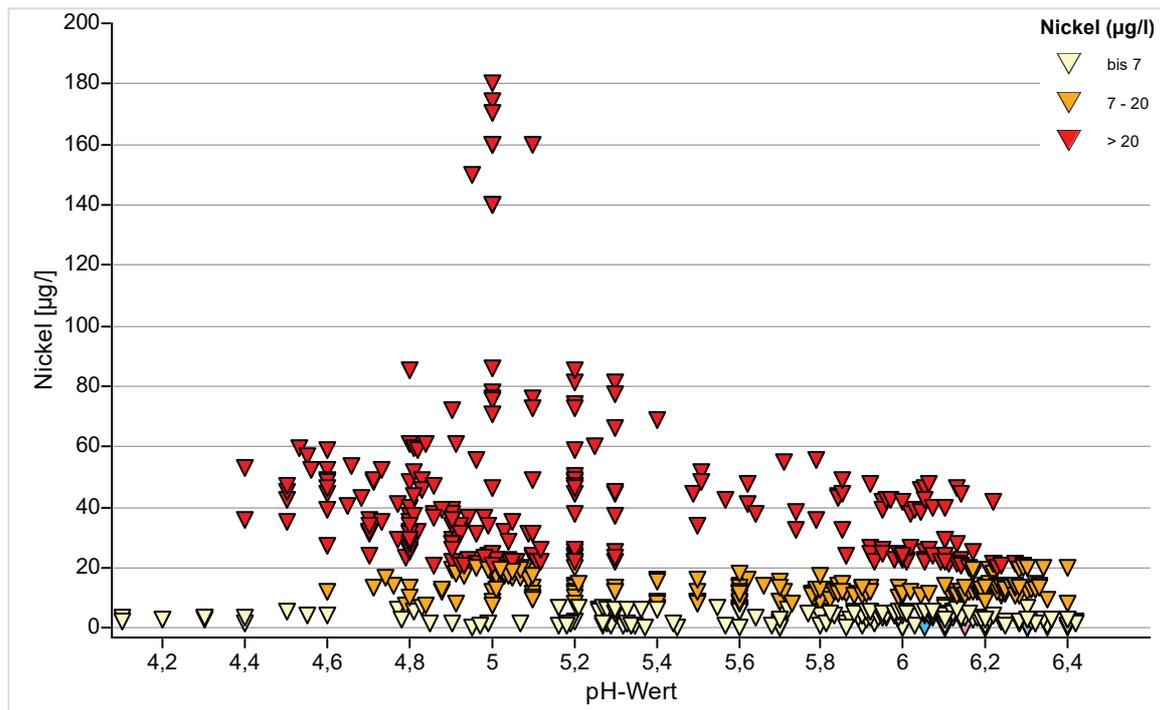


Abb. 97: Nickelgehalt und pH-Wert der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue im Zeitraum 2009 - 2018.

8.2.13 Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten

Unter PSM werden chemische oder biologische Wirkstoffe und Zubereitungen 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, Rattengifte oder Holzschutzmittel).

Abbauprodukte von PSM, die rechtlich wie Wirkstoffe zu bewerten sind, werden als relevante Metaboliten bezeichnet. 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 2015a, Banning et al. 2019).

Für die PSM-Wirkstoffe und ihre relevanten Metaboliten (rM) setzt die TrinkwV (2016) den Grenzwert in Höhe von 0,1 µg/l fest (Tab. 24). Für den Summenparameter (alle gefundenen Pflanzenschutzmittel) beträgt der Grenzwert 0,5 µg/l. In der GrwV (2010) sind die Grenzwerte entsprechend übernommen worden.

Abbauprodukte von PSM, die kein pestizides, ökotoxisches oder humantoxisches Wirkungspotential mehr besitzen, werden als nicht relevante Metaboliten (nrM) bezeichnet (Banning et al. 2019). 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 (2016) 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 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, je 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 (NLWKN 2015a).

Das Umweltbundesamt empfiehlt eine Untersuchungsliste mit 52 Metaboliten für das PSM-Monitoring (Banning et al. 2019). Neben rM und nrM enthält die Liste auch Metaboliten, für die noch keine geeigneten entlastenden Daten vorliegen. Diese als xM bezeichneten Metaboliten werden im Rahmen der EU-Wirkstoff-Genehmigungsverfahren von der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), anhand des Wirkstoffs als toxikologisch relevant bewertet. Daraus resultiert jedoch keine regulatorische Konsequenz in der Pflanzenschutzmittelzulassung, und es werden auch keine entsprechenden Handlungsempfehlungen abgeleitet (Banning et al. 2019).

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 sind 1.702 PSM-Handelsprodukte (BVL 2020a) als zugelassen vermerkt, wobei 286 Wirkstoffe in Verwendung sind (BVL 2020b).

Untersuchungen auf Pflanzenschutzmittel werden in den FBR der Wasserversorger im Abstand von drei Jahren gemäß dem Erlass zu Rohwasseruntersuchungen und Untersuchungen an VFM durchgeführt (MU 2019). Im Rahmen des GÜN wurde bis 2008 eine Auswahl von Messstellen auf PSM untersucht. Im Rahmen des PSM-Monitorings für die Zustandsbeurteilung nach EG-WRRL sind in den Jahren 2008 und 2009 alle Messstellen des Überblicksmessnetzes WRRL Güte auf PSM Befunde geprüft worden. Aktuell werden ausgewählte Messstellen in einem speziellen PSM-Messnetz alle sechs Jahre untersucht.

Die Auswertung im Rahmen dieses Regionalberichtes erfolgt anhand einer Prüfliste mit 129 Wirkstoffen, relevanten und nicht relevanten Metaboliten, die auch für die Bewertung des chemischen Zustandes der Grundwasserkörper gemäß EG-WRRL (2000) herangezogen wird. Unter Berücksichtigung synonyme Bezeichnungen werden für den vorliegenden Regionalbericht 132 Parameter näher betrachtet. Im Einzugsgebiet der Großen Aue liegen für 98 Messstellen (72 GWM bzw. VFM, 26 FBR) PSM-Untersuchungen mit Parametern der genannten Prüfliste vor, wobei der Untersuchungsumfang variiert. Die meisten Untersuchungsergebnisse liegen für das Jahr 2017 vor (Abb. 98).

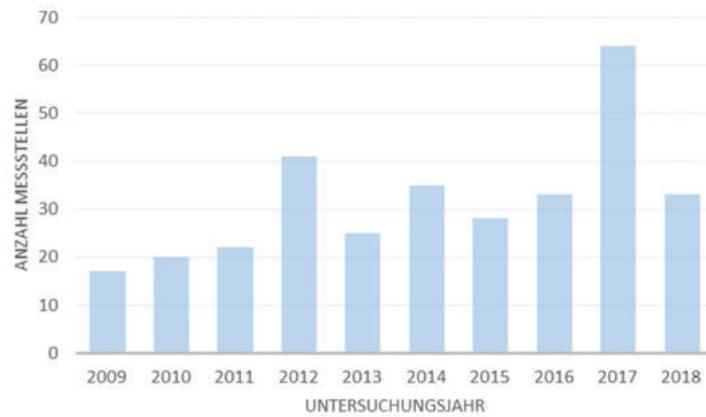


Abb. 98: Anzahl der im Einzugsgebiet der Großen Aue auf PSM-Parameter untersuchten Messstellen (GWM, VFM, FBR) im Zeitraum 2009 - 2018.

Bei 22 der 132 Parameter (Wirkstoffe und nrM, xM) können im Zeitraum 2009 - 2018 Konzentrationen über 0,1 µg/l festgestellt werden. Insgesamt weisen 71 von 98 Messstellen PSM-Funde (Wirkstoffe, nrM, xM) über 0,1 µg/l auf. Bei vier Messstellen können sowohl ein PSM-Wirkstoff als auch mehrere nrM bzw. xM nach-

gewiesen werden. Bei 67 Messstellen überschreiten nrM bzw. xM den Prüfwert von 0,1 µg/l (Abb. 99).

In den nachfolgenden Kapiteln werden Funde von PSM-Wirkstoffen und nrM sowie xM detailliert auf Ebene der Teilräume ausgewertet.

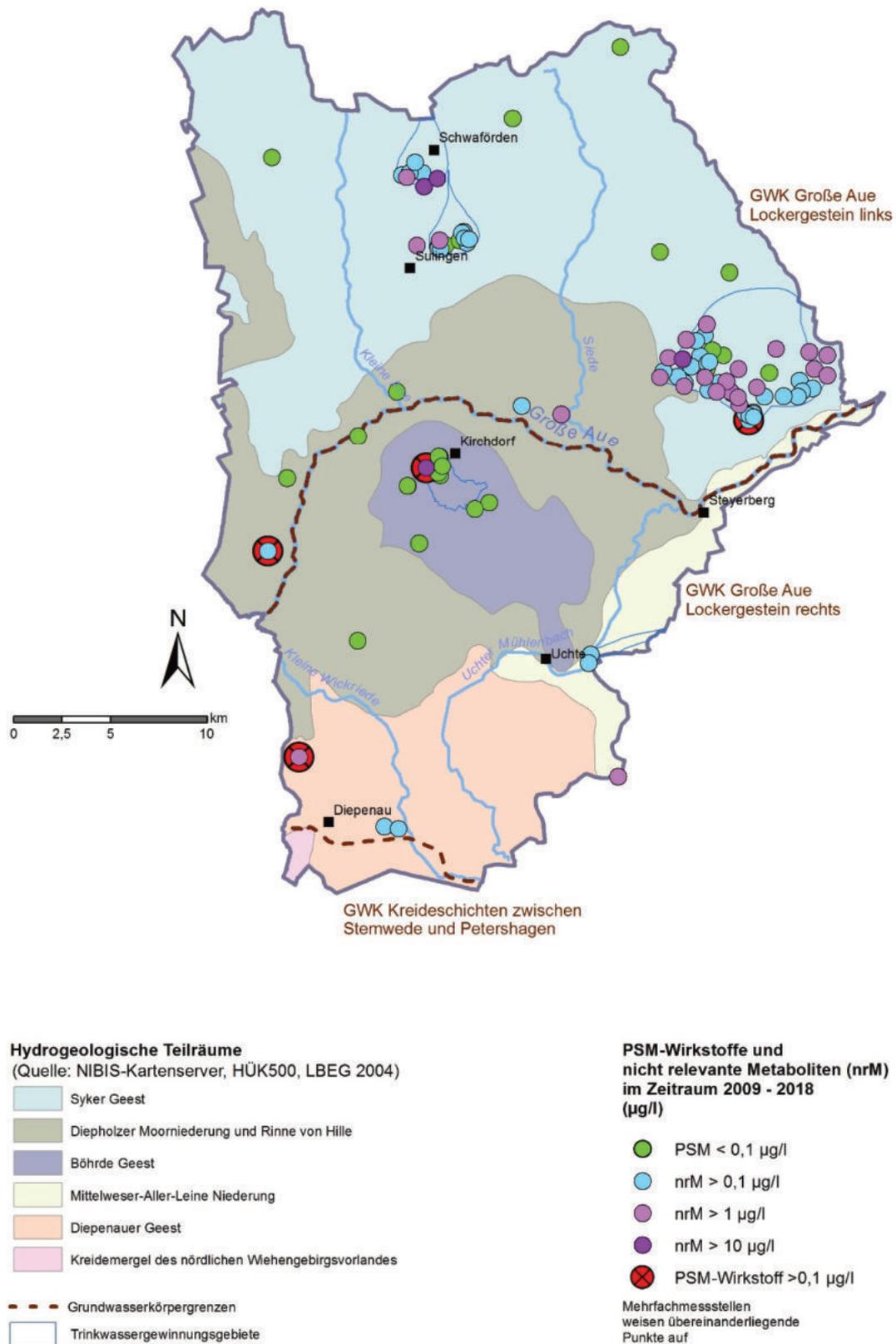


Abb. 99: Funde von PSM-Wirkstoffen und nrM im Einzugsgebiet der Großen Aue.

8.2.13.1 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und relevante Metaboliten

Im Einzugsgebiet der Großen Aue werden im Zeitraum 2009 - 2018 an vier Messstellen Funde von PSM-Wirkstoffen festgestellt (Abb. 99, Tab. 46). Es handelt sich um flach verfilterte Messstellen mit Filterlagen bis 15 m unter GOK.

Von den Wirkstoffen mit Grenzwertüberschreitung besitzt lediglich der Wirkstoff Glyphosat aktuell noch eine Zulassung (Tab. 47). Für Methamidophos und Oxadixyl sind die Zulassungen ausgelaufen. Sowohl Glyphosat als auch Oxadixyl werden nach landesweiten Auswertungen im Grundwasser nachgewiesen (NLWKN 2015a, NLWKN 2020).

Glyphosat wird einmalig in der VFM Blockhaus G3 (Filterlage 10 - 11 m u. GOK) im TWGG Liebenau II/Blockhaus detektiert. Die Wiederholungsuntersuchung im gleichen Jahr ist hingegen ohne Befund. In der Messstelle können im relevanten Zeitraum auch nrM von S-Metolachlor, Metazachlor und Dimethachlor detektiert werden. In der GWM Ströhen (Filterlage 10 - 12 m u. GOK) wird in den Jahren 2014 und 2015 Methamidophos über Grenzwert

nachgewiesen. Die Messwerte der Jahre 2009, 2010, 2012, 2016 und 2018 unterschreiten 0,1 µg/l hingegen deutlich. Neben dem PSM-Wirkstoff werden auch nrM von Chloridazon und S-Metolachlor nachgewiesen. Zwei Messstellen weisen im Zeitraum 2009 - 2018 Oxadixyl über Grenzwert auf. Für die GWM Nordel I (Filterlage 6 - 10 m u. GOK) liegen Untersuchungsergebnisse aus den Jahren 2014, 2015 und 2016 vor. Lediglich 2014 wird der Grenzwert für PSM-Wirkstoffe deutlich überschritten. Neben dem Fungizid-Wirkstoff werden nrM der Herbizide S-Metolachlor, Metazachlor, Chloridazon, Dimethachlor und Dimethenamid detektiert. Auffälliger ist die VFM Kirchdorf PB 50 (Filterlage 15 - 16 m u. GOK) im WSG Kirchdorf. Hier sind Untersuchungen auf Oxadixyl aus den Jahren 2011 bis 2013 und 2015, 2016 und 2018 verfügbar. Überschreitungen des Grenzwertes von 0,1 µg/l treten in den Jahren 2013, 2015 und 2018 auf. Neben dem Fungizidwirkstoff Oxadixyl können mit nrM von Tolyfluanid und Metalaxyl weitere Fungizide nachgewiesen werden. Desweiteren werden nrM der Herbizide S-Metolachlor, Chloridazon und Dimethachlor detektiert.

Tab. 46: Funde von PSM-Wirkstoffen (> 0,1 µg/l) in Messstellen (GWM, VFM, FBR) innerhalb des Große Aue-Einzugsgebietes im Zeitraum 2009 bis 2018.

Hydrogeologischer Teilraum	Wirkstoff/rM	Anwendung	Untersuchungen		Funde > 0,1 µg/l PSM	
			Analysen Anzahl	GWM	Analysen Anzahl	GWM
Syker Geest	Glyphosat	Herbizid	212	69	1	1
Diepholzer Moorniederung	Methamidophos	Insektizid	21	7	2	1
Böhrde Geest	Oxadixyl	Fungizid	10	3	3	1
Diepenauer Geest	Oxadixyl	Fungizid	8	3	1	1

Tab. 47: Zulassungsstatus der PSM-Wirkstoffe mit Fund > 0,1 µg/l im Einzugsgebiet der Großen Aue (BVL 2009, BVL 2020b).

Wirkstoff	AnwV* Nr.	Bemerkung	EU Gen**	Zulassung BRD	
			Status	Zeitraum	Status
Glyphosat	3A,4	Anwendungsverbot bei Gefahr von Abschwemmung in Gewässern	ja	ab 1975	ja
Methamidophos			nein	1972 - 2008	nein
Oxadixyl			nein	1986 - 1996	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

8.2.13.2 Nicht relevante Metaboliten

Abbauprodukte von PSM, die kein pestizides, ökotoxisches oder humantoxisches Wirkungspotential besitzen, werden als nicht relevante Metaboliten (nrM) bezeichnet. Sie stellen dennoch eine Fremdbelastung des Grundwassers dar, die zu vermeiden ist.

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes werden sowohl Untersuchungen des Landes als auch der WVU auf nrM im Grundwasser ausgewertet. Im Einzugsgebiet der Großen Aue können in Hinblick auf nrM Befunde von zehn

Ausgangswirkstoffen nachgewiesen werden (Tab. 48). Insbesondere nrM von Metolachlor werden in vielen Messstellen detektiert, wobei der VMW jedoch nicht überschritten wird. Bei zwei Messstellen werden nrM des Metazachlor mit Werten deutlich über dem VMW von 10 µg/l detektiert. Höhere Befundzahlen werden auch bei den nrM von Chloridazon und Dimethachlor nachgewiesen. Einzelne Überschreitungen des VMW treten bei nrM des Chloridazons und des Tolyfluorids auf.

Tab. 48: Funde nrM im Einzugsgebiet der Großen Aue im Zeitraum 2009 - 2018 differenziert nach den Ausgangswirkstoffen.

Ausgangswirkstoff nrM	Wirkungsbereich	Zulassung BRD		> 0,1 µg/l	Funde	
		Status	Zeitraum		> 1 µg/l	> 10 µg/l
				[Anzahl GWM]		
S-Metolachlor	Herbizid	ja	seit 2001	59	14	0
Chloridazon	Herbizid	nein	1971 - 2018	39	8	1
Metazachlor	Herbizid	ja	seit 1981	37	13	2
Dimethachlor	Herbizid	ja	seit 1978	17	4	0
Tolyfluorid	Fungizid	nein	1971 - 2010	6	1	1
Dimethenamid	Herbizid	nein	1997 - 2003	4	1	0
Chlorthalonil	Fungizid	nein	1971 - 2019	3	0	0
Dichlobenil	Herbizid	nein	1971 - 2004	2	0	0
Flufenacet	Herbizid	ja	seit 1998	2	0	0
Metalaxyl	Fungizid	ja	seit 1989	1	0	0

Auffällig ist, dass nrM in Konzentrationen > 0,1 µg/l sowohl in flach als auch in tief verfiltrten Messstellen detektiert werden (Abb. 100). Funde von nrM mit Konzentrationen über 1 µg/l Messstellen treten häufig in Messstellen mit FOK von 10 bis 15 m u. GOK auf. Der VMW wird fast ausschließlich in Messstellen mit FOK bis 15 m überschritten. Lediglich eine GWM wird mit einer FOK von 15,75 m u. GOK der nächsten FOK-Klasse zugeordnet. Auch in den landesweiten PSM-Auswertungen zeigen sich in über 70% der Messstellen mit mittleren Filtertiefen bis 20 m u. GOK Nachweise von nrM in Konzentrationen größer oder gleich 0,1 µg/l (NLWKN 2020).

In den landesweiten Untersuchungen des NLWKN sind Nachweisschwerpunkte für die nrM der Wirkstoffe Chloridazon, Metazachlor und Metolachlor in den entsprechenden An-

bauregionen für Rüben, Raps und Mais erkennbar (NLWKN 2015a, NLWKN 2020). Der hohe Fundanteil der nrM des Maisherbizids Metolachlor im Einzugsgebiet der Großen Aue deckt sich ebenfalls mit den hier vorherrschenden Anbauverhältnissen. Nach Wintergetreide nimmt Mais mit einem Anteil von 28% die zweitgrößte Fläche innerhalb des Einzugsgebietes der Großen Aue ein (Abb. 24).

In Tab. 49 sind die einzelnen nrM-Funde für die Teilraumbereiche des Große Aue-Einzugsgebietes differenziert dargestellt. Häufig werden S-Metolachlor-Sulfonsäure (CGA 380168/CGA 354743) und S-Metolachlor-Säure (Metabolit CGA 51202/CGA351916) sowie Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8) und Metazachlor-Säure (Metabolit BH 479-4) detektiert.

Auch in der niedersachsenweiten Auswertung des NLWKN (NLWKN 2015a, NLWKN 2020) werden nrM des Metolachlors häufig nachgewiesen. Die erste landesweite PSM-Auswertung in 2015 sieht Chloridazon-desphenyl (Metabolit B) am auffälligsten im Grundwasser (NLWKN 2015a). Im Einzugsgebiet der Großen Aue wird Chloridazon-desphenyl in allen Teilräumen nachgewiesen (Tab. 49). In der Syker Geest überschreitet eine Messstelle den VMW.

In der aktuellen landesweiten PSM-Auswertung, die auch Messstellen der WVU einbezieht, wird ebenfalls S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 380168/CGA 354743) als häufigster nrM im Grundwasser genannt (NLWKN 2020).

Bis auf Chlorthalonil-Sulfonsäure und Flufenacet-Sulfonsäure werden alle im Einzugsgebiet der Großen Aue nachgewiesenen nrM auch unter den 20 landesweit am häufigsten detektierten nrM geführt (NLWKN 2020).

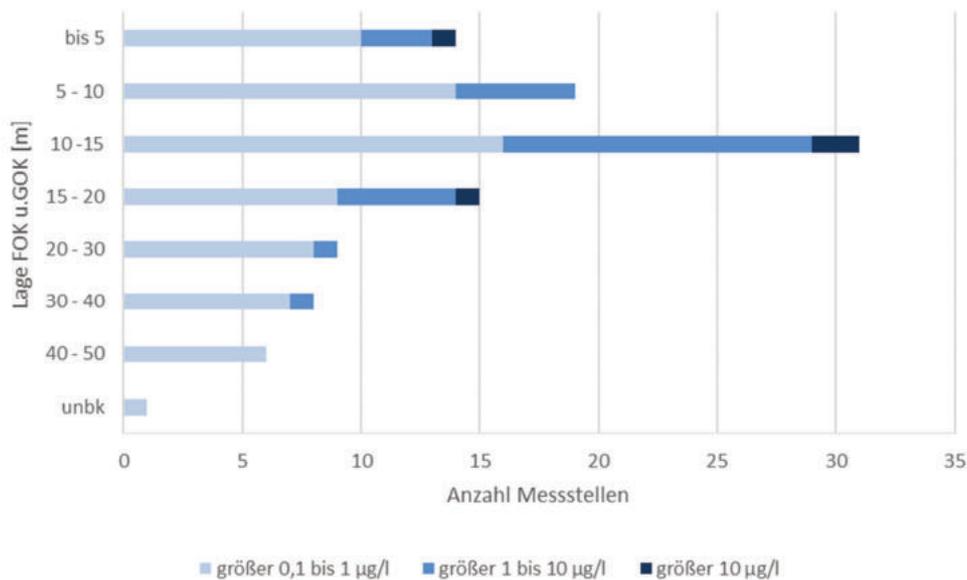


Abb. 100: Funde von nrM nach Befundklassen differenziert nach Filterlage der Messstellen (GWM, VFM, FBR) im Zeitraum 2009 bis 2018 im Gebiet der Großen Aue, Mehrfachnennungen von Messstellen möglich.

Tab. 49: Funde von nrM in den Teilräumen des Einzugsgebietes der Großen Aue im Zeitraum 2009 bis 2018 differenziert nach Höhe der Gehalte.

Hydrogeologischer Teilraum	Nicht relevante Metaboliten (nrM)	Ausgangswirkstoff	untersuchte GWM Anzahl	Funde größer [µg/l]		
				0,1 Anzahl GWM	1	10
Syker Geest	2,6-Dichlorbenzamid	Dichlobenil	69	2	0	0
	Chloridazon-desphenyl (Metabolit B)	Chloridazon	65	32	5	1
	Chloridazon-methyl-desphenyl (Metabolit B1)	Chloridazon	65	6	1	0
	Chlorthalonil-Sulfonsäure (Metabolit R 417888/M12)*	Chlorthalonil	30	3	0	0
	Dimethachlor-Säure (Metabolit CHA 50266)	Dimethachlor	60	1	0	0
	Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 354742)	Dimethachlor	60	9	3	0
	Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 369873)	Dimethachlor	60	7	1	0
	Dimethenamid-Sulfonsäure (Metabolit M27)	Dimethenamid	30	1	1	0
	Metazachlor-Säure (Metabolit BH 479-4)	Metazachlor	65	14	5	1
	Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8)	Metazachlor	65	30	10	2
	N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	Tolyfluanid	65	5	0	0
	S-Metolachlor-Säure (Metabolit CGA 51202/CGA 351916)	Metolachlor	65	37	6	0
	S-Metolachlor-Dicarbonsäure (Metabolit CGA 357704)	Metolachlor	30	1	0	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 380168/CGA 354743)	Metolachlor	65	45	12	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit NOA 413173)	Metolachlor	60	16	0	0
Diepholzer Moorniederung	Chloridazon-desphenyl (Metabolit B)	Chloridazon	9	4	3	0
	Chloridazon-methyl-desphenyl (Metabolit B1)	Chloridazon	8	1	0	0
	Metazachlor-Säure (Metabolit BH 479-4)	Metazachlor	8	1	0	0
	Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8)	Metazachlor	8	1	1	0
	S-Metolachlor-Säure (Metabolit CGA 51202/CGA 351916)	Metolachlor	8	3	0	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 380168/CGA 354743)	Metolachlor	8	4	0	0
Böhrde Geest	Chloridazon-desphenyl (Metabolit B)	Chloridazon	8	1	0	0
	Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 369873)	Dimethachlor	8	1	0	0
	Metalaxyl-Säure (Metabolit CGA 62826/NOA 409045)	Metalaxyl	8	1	0	0
	Metazachlor-Säure (Metabolit BH 479-4)	Metazachlor	8	1	0	0
	Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8)	Metazachlor	8	1	0	0
	N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	Tolyfluanid	8	1	1	1
	S-Metolachlor-Carbonsäure (Metabolit CGA 51202/CGA 351916)	Metolachlor	8	1	1	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGQ 368208)	Metolachlor	8	1	0	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGQ 380168/CGA 354743)	Metolachlor	8	1	1	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit NOA 413173)	Metolachlor	8	1	0	0
Mittelweser-Aller-Leine-Niederung	Chloridazon-desphenyl (Metabolit B)	Chloridazon	3	1	0	0
	Chloridazon-methyl-desphenyl (Metabolit B1)	Chloridazon	3	1	0	0
	Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGQ 354742)	Dimethachlor	3	1	0	0
	Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 369873)	Dimethachlor	3	1	1	0

	Dimethenamid-Sulfonsäure (Metabolit M27)	Dimethenamid	3	2	0	0
	Flufenacet-Sulfonsäure (Metabolit M2)	Flufenacet	3	2	0	0
	Metazachlor-Dicarbonsäure (Metabolit BH 479-12)	Metazachlor	3	1	1	0
	Metazachlor-Säure (Metabolit BH 479-4)	Metazachlor	3	2	1	0
	Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8)	Metazachlor	3	3	1	0
	S-Metolachlor-Säure (Metabolit CGA 51202/CGA 351916)	Metolachlor	3	1	0	0
	S-Metolachlor-Dicarbonsäure (Metabolit CGA 357704)	Metolachlor	3	2	0	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 368208)	Metolachlor	3	1	0	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 380168/CGA 354743)	Metolachlor	3	1	0	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit NOA 413173)	Metolachlor	3	1	0	0
Diepenauer Geest	Chloridazon-desphenyl (Metabolit B)	Chloridazon	3	1	0	0
	Chloridazon-methyl-desphenyl (Metabolit B1)	Chloridazon	3	1	0	0
	Dimethachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 369873)	Dimethachlor	3	1	0	0
	Dimethenamid-Sulfonsäure (Metabolit M27)	Dimethenamid	3	1	0	0
	Metazachlor-Sulfonsäure (Metabolit BH 479-8)	Metazachlor	3	2	1	0
	S-Metolachlor-Sulfonsäure (Metabolit CGA 380168/CGA354743)	Metolachlor	3	3	1	0

*nach EFSA als relevant zwischenbewertet, xM

Kurzinformation: Kap. 8 Auswertung Grundwasserbeschaffenheit:

- Hauptinhaltsstoffe
 - Im Einzugsgebiet der Großen Aue herrscht vorwiegend erdalkalisches Grundwasser mit hohem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend sulfatisch/chloridisch“ vor.
- pH
 - Der untere Grenzwert der TrinkwV (pH < 6,5) wird von einem Großteil der untersuchten (88%) unterschritten. 46 der 111 Messstellen weisen dabei Werte unter pH 5,5 auf.
 - Lediglich zwei Messstellen erreichen Werte über pH 7,5.
- Sauerstoff
 - Die Mehrzahl der GWM im Einzugsgebiet der Großen Aue weisen sauerstoffreiches Wasser auf.
 - In den GWM der Niederungen herrschen vorwiegend reduzierende Verhältnisse vor.
- Wasserhärte
 - Das Grundwasser im Einzugsgebiet der Großen Aue ist größtenteils weich bis mittelhart.
 - Nur wenige GWM in den Geestgebieten weisen hartes Wasser auf.
- Stickstoffparameter (Nitrat, Ammonium, Nitrit)
 - Auffällig ist die hohe Belastung durch Nitrat. 48 der 111 untersuchten Messstellen (43%) weisen Nitratgehalte über 50 mg/l auf, in 18 GWM können sogar Konzentrationen über 100 mg/l festgestellt werden.

- Hohe Nitratgehalte treten auch bei tief verfilterten Messstellen mit FOK unterhalb von 30 m u. GOK auf.
 - Ca. ein Drittel der Messstellen in der Syker Geest weisen signifikant steigende Nitratgehalte auf.
 - Denitrifikationsvorgänge führen unter reduzierenden Bedingungen zu unauffälligen Nitratgehalten.
 - In den Niederungsgebieten treten bei reduzierenden Verhältnissen hohe Ammoniumgehalte auf.
 - Belastungen mit Nitrit kommen im Einzugsgebiet nicht vor.
- Sulfat
- Lediglich die GWM Sünder I weist eine Sulfatkonzentration über dem Grenzwert von 250 mg/l Sulfat auf. Die ansteigenden Konzentrationen gehen einher mit zunehmenden Nitrat-, Chlorid-, Calcium-, Natrium- und Kaliumgehalten, sodass hier ein Düngungseffekt vermutet werden kann.
- Chlorid
- Die GWM Voigtei weist aktuell eine Chloridkonzentration über dem Grenzwert von 250 mg/l auf. Ab 2016 ist ein starker Anstieg der Natriumchloridkonzentration zu verzeichnen.
- Kalium
- Vor allem Messstellen mit flachen Verfilterungen bis 20 m u. GOK weisen erhöhte Kaliumgehalte auf.
 - In den Messstellen mit erhöhten Kaliumgehalten werden auch hohe Nitratgehalte zumeist über 50 mg/l detektiert.
- Ortho-Phosphat
- Sechs GWM überschreiten den Schwellenwert von 0,5 mg/l ortho-Phosphat. Das Grundwasser an diesen Standorten weist reduzierende Verhältnisse mit z.T. sehr hohen Eisengehalten auf.
 - Drei GWM weisen hohe ortho-Phosphat-Gehalte über 1 mg/l auf. Das Grundwasser dieser GWM weist sehr lange Transportzeiten auf, sodass die erhöhten Phosphatgehalte vermutlich aus natürlichen Anreicherungsprozessen resultieren.
- Eisen
- Deutlich erhöhte Eisengehalte (> 20 mg/l) sind vor allem unter reduzierenden Bedingungen in den Niederungsgebieten unter Mooren und Gleyen zu beobachten.
- Aluminium
- Deutlich erhöhte Aluminiumgehalte (> 1 mg/l) sind in sehr flach verfilterten GWM mit Filterlagen bis 15 m u. GOK anzutreffen.
 - Hohe Aluminiumgehalte treten in den Geestgebieten auf.
 - Bei Grundwasser mit pH-Werten unter pH 5 ist die Aluminiumkonzentration häufig erhöht.
- Schwermetalle (Arsen, Cadmium, Nickel)
- In zwei GWM wird der Arsen-Grenzwert von 10 µg/l überschritten. Zwei weitere GWM weisen erhöhte Gehalte über 5 µg/l auf.
 - Die GWM Steinbrink, die mit 33 µg/l den höchsten Arsen-Wert im Gebiet aufweist, ist vermutlich durch Grundwasser mit langen Transportzeiten („altes“ Grundwasser) geprägt.

- Hohe Arsenkonzentrationen treten unter reduzierenden Verhältnissen im Grundwasser auf. Die Ammoniumkonzentrationen und Eisengehalte sind ebenfalls deutlich erhöht.
 - Messstellen mit hohen Cadmiumgehalten weisen auch hohe Nickelgehalten auf.
 - In GWM mit hohen Cadmium- bzw. Nickelgehalten treten ebenfalls hohe Nitratbelastungen auf.
 - Grundwasser mit pH-Werten unter pH 5,5 weist tendenziell höhere Cadmiumgehalte auf als Wässer mit höheren pH-Werten.
 - In Grundwasser mit niedrigen pH-Werten können tendenziell höhere Nickelkonzentrationen detektiert werden.
- Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten (Wirkstoffe, rM, nrM)
- Für 98 von 117 Messstellen (GWM, VFM, FBR) liegen PSM-Untersuchungen unterschiedlichen Umfanges vor.
 - Von einer Prüfliste mit 132 Parametern werden bei 22 Parametern (Wirkstoffe, nrM) Überschreitungen des Prüfwertes von 0,1 µg/l nachgewiesen.
 - 71 Messstellen überschreiten den Prüfwert von 0,1 µg/l (Wirkstoffe, nrM).
 - Bei vier Messstellen wird der Schwellenwert für PSM-Wirkstoffe im Grundwasser von 0,1 µg/l überschritten (Herbizid Glyphosat, Insektizid Methamidophos, Fungizid Oxadixyl), wobei zusätzlich Funde von nrM auftraten.
 - 67 Messstellen weisen ausschließlich nrM mit Konzentrationen über 0,1 µg/l auf.
 - Funde von nrM der Wirkstoffe S-Metolachlor, Chloridazon, Metazachlor, Dimethachlor, Tolyfluanid, Dimethenamid, Chlorthalonil, Dichlorbenil, Flufenacet und Metalaxyl treten im Grundwasser des Einzugsgebietes auf.
 - nrM von S-Metolachlor werden sehr häufig im Grundwasser detektiert. Die sehr hohe Maisanbauintensität spiegelt sich in der Befundhäufigkeit dieser Abbauprodukte des Maisherbizids wider.
 - nrM von Chloridazon, Metazachlor und Tolyfluanid treten auch in Konzentrationen über dem VMW von 10 µg/l auf.
 - Funde von nrM werden auch in tief verfilterten Messstellen mit Filterlagen unter 30 m u. GOK detektiert.

9 Zusammenfassung

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

Das Einzugsgebiet der Großen Aue ist mit einem Flächenanteil von 73% stark landwirtschaftlich geprägt. Die Flächenbewirtschaftung selbst und die damit verbundenen Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen beeinflussen das Grundwasser in qualitativer Hinsicht stark. Beregnungstätigkeiten und Meliorationsmaßnahmen haben Einfluss auf die Grundwasserquantität. Daher erfolgt im vorliegenden Regionalbericht neben der Beschreibung wasserwirtschaftlicher Rahmenbedingungen auch eine detaillierte Darstellung der landwirtschaftlichen Ausrichtung.

Im Einzugsgebiet der Großen Aue zeigt sich die Entwicklung der Grundwasserstände insgesamt ausgeglichen. Die Mehrzahl der auswertbaren Messstellen weist einen gleichbleibenden Trend auf. Lediglich in vier GWM der Börde Geest und in einer GWM der Syker Geest fallen die Grundwasserstände. Die Entwicklung der Grundwasserhoch- und Grundwasserniedrigstände sind im Einzugsgebiet ebenfalls relativ einheitlich ausgeprägt. Unterschiedliche Tendenzen in den Geest- und Niederungsbereichen sind nicht erkennbar. Deutlich wird jedoch der klimatische Einfluss auf die Grundwasserextremwerte. Die Feucht- und Trockenphasen der Niederschlagsentwicklung spiegeln sich auch in der Entwicklung der Grundwasserniedrig- und Grundwasserhochstände wider. Die GWM der Geestregionen

zeigen häufig höhere Absenkungen nach Trockenzeiten und höhere Anstiege nach Feuchtphasen als Messstellen in den Niederungen. In den Niederungen können die Grundwasserspiegeländerungen eher durch einen höheren bzw. geringeren Abfluss im dichten Vorfluterzetz ausgeglichen werden.

Die Grundwasserbeschaffenheit unterliegt sowohl geogenen als auch anthropogenen Einflüssen. Im Einzugsgebiet der Großen Aue können bei 70 der 117 auf Güteparameter untersuchten Messstellen Überschreitungen von Grenz- bzw. Schwellenwerten verschiedener Parameter festgestellt werden. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf Belastungen durch Nitrat. Aktuell weisen 48 von 111 Messstellen mit Nitratmesswerten Überschreitungen des Grenzwertes von 50 mg/l Nitrat auf. In 18 Messstellen werden 100 mg/l Nitrat überschritten. In der GWM Bahrenborstel II können beispielsweise 182 mg/l Nitrat nachgewiesen werden. Nicht nur in oberflächennah verfilterten Messstellen, sondern auch in GWM mit tiefen Filterlagen unter 30 m u. GOK können nennenswerte Gehalte an Nitrat detektiert werden. Häufig sind mit den hohen Nitratgehalten auch hohe Kaliumgehalte verbunden. Sie können als ein Indiz für einen verstärkten Düngemittelaustrag aus sorptionsschwachen sandigen Böden angesehen werden.

Aufgrund der Nährstoffbelastungen ist das Einzugsgebiet der Großen Aue Teil der EG-WRRL-Gewässerschutzkulisse zur Reduzierung der N- und P-Belastungen in Grund- und Oberflächengewässern im Bereich der Mittleren Weser. Durch zielgerichtete Agrarumweltmaßnahmen und eine Beratung für landwirtschaftliche Betriebe soll die Gewässerbelastung reduziert werden. Auch die Trinkwassergewinnungsgebiete zeigen Belastungen auf. In allen Gebieten müssen Verbesserungen erzielt werden bzw. sind weitergehende Sanierungen notwendig. Neben ordnungsrechtlichen Maßnahmen sind Gewässerschutzberatung und auf die Gebiete zugeschnittene Freiwillige Vereinbarungen insbesondere zu Düngebeschränkungen wichtige Instrumente.

Vielfach weisen Messstellen neben hohen Nitratgehalten weitere Belastungen auf (Abb. 101). Bei 19 GWM können ausschließlich Nitratbelastungen festgestellt werden, 29 GWM

weisen zusätzliche Belastungen insbesondere mit PSM-Wirkstoffen bzw. nrM und/oder mit Schwermetallen auf. Punktuell kommt eine Versalzung durch Chlorid oder Sulfat hinzu.

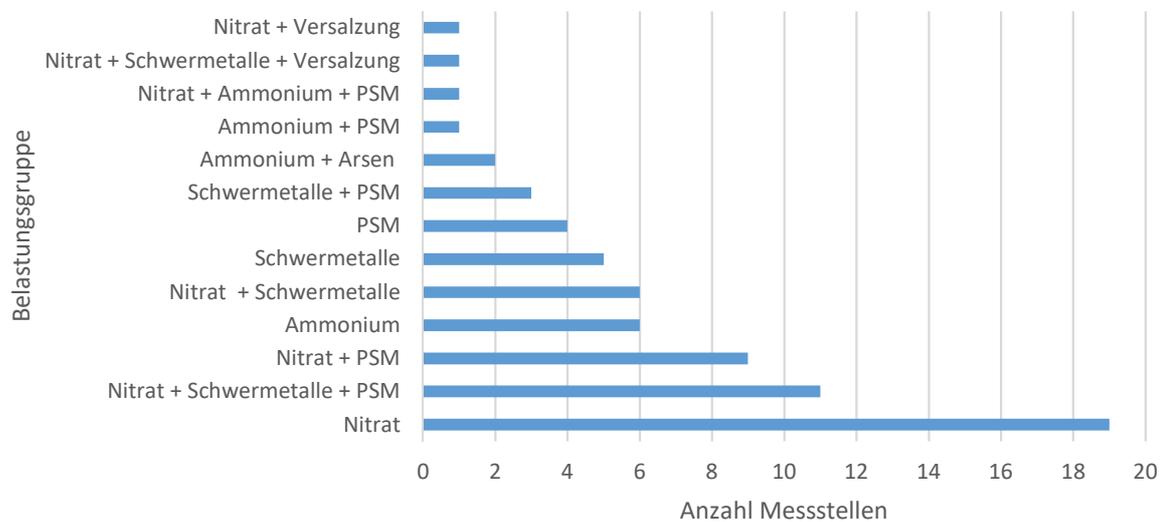


Abb. 101: Belastungsgruppen gestaffelt nach Anzahl belasteter Messstellen (n=70). Relevant sind die Überschreitungen der Grenz-/Schwellenwerte Nitrat > 50 mg/l, Ammonium > 0,5 mg/l, Versalzung (Chlorid > 250 mg/l bzw. Sulfat > 250 mg/l), PSM (Wirkstoffe > 0,1 µg/l, nrM > 1 µg/l), Schwermetalle (Cd > 0,5 µg/l bzw. Ni > 20 µg/l), Arsen > 10 µg/l.

Belastungen mit Schwermetallen konzentrieren sich im Gebiet im Wesentlichen auf Cadmium und Nickel, die mit abnehmenden pH-Werten im Grundwasserleiter eine erhöhte Mobilität aufweisen. Eine Versauerung des Grundwassers führt insbesondere zu einer Zunahme der Nickelkonzentration. Auch durch hohe Nitrateinträge und die dadurch ausgelösten Denitrifikationsvorgänge können die Schwermetallkonzentrationen deutlich zunehmen. 18 GWM im Einzugsgebiet weisen sowohl Überschreitungen des Nitrat-Grenzwertes als auch Überschreitungen der Grenz- bzw. Schwellenwerte für Cadmium bzw. Nickel auf.

Auch die Aluminiumgehalte zeigen eine deutliche pH-Abhängigkeit auf. Grundwasser unter schwach gepufferten Böden ist häufig versauert und weist bei pH-Werten unter 5 erhöhte Aluminiumkonzentrationen auf.

Aufgrund der unter reduzierenden Bedingungen ablaufenden Denitrifikationsprozesse sind die Nitratgehalte in den Niederungsgebieten unauffällig. Hier werden flächendeckend erhöhte Ammoniumgehalte festgestellt, wobei von geogen erhöhten Werten (Mineralisation

organischer Verbindungen) ausgegangen werden kann. Reduzierende Verhältnisse sind in den Niederungsgebieten unter Mooren und Gleyen zu beobachten und führen neben hohen Ammoniumgehalten zu teilweise stark erhöhten Eisengehalten.

In der landwirtschaftlichen Praxis werden neben Düngungsmaßnahmen auch großflächig Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. In 71 von 117 GWM können PSM-Wirkstoffe oder nrM über 0,1 µg/l detektiert werden. PSM-Wirkstoffe treten dabei punktuell (vier Messstellen) auf. Im Gegensatz zu den PSM-Wirkstoffunden zeigen nrM diffuse Belastungen im Grundwasser an. Die hohe Maisanbauintensität spiegelt sich in der Befundhäufigkeit der Abbauprodukte des Maisherbizides S-Metolachlor wider. Auffällig sind die im Vergleich dazu häufig deutlich höheren Konzentrationen der nrM von Chloridazon, Metazachlor oder Tolyfluanid im Grundwasser, die in einzelnen Messstellen Werte über dem VMW von 10 µg/l erreichen.

Versalzungen des Grundwassers durch Chlorid oder Sulfat treten im Einzugsgebiet nur

punktuell (zwei GWM) auf, wobei oberflächennah verfilterte Messstellen betroffen sind. Gleichzeitig ansteigende Konzentrationen von Nitrat, Chlorid, Calcium, Natrium und Kalium in der einen Messstelle legen einen Düngungseffekt nahe. Der starke Anstieg der Natriumchloridkonzentration in der anderen Messstelle lässt einen Streusalzeinfluss vermuten.

Handlungsbedarf ist hinsichtlich der Entwicklung der Grundwasservorräte und insbesondere aufgrund der Belastungssituation des Grundwassers mit Nitrat und PSM aus dem vorliegenden Regionalbericht ersichtlich. Neben der Häufung der Grenzwertüberschreitungen sind auch die teilweise sehr hohen Konzentrationen auffällig.

Literatur und Rechtsquellen

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

3N Kompetenzzentrum (2017), 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V., Biogas in Niedersachsen. Inventur 2016, 31 S., Werlte.

3N Kompetenzzentrum (2019), 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V., Biogas in Niedersachsen, Inventur 2018, 33 S., 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.

Banning, H., Bialek, K., Czub, G., Müller, A., Pickl, C., Scheithauer, M., Straus, G., Tüting, W. (2019), Empfehlungsliste für das Monitoring von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten in deutschen Grundwässern, Umweltbundesamt, Stand 25.04.2019.

BEL (2020), Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung – AVV GeA).

BfN (2014), Bundesamt für Naturschutz, <https://www.bfn.de/themen/biotop-und-landschaftsschutz/schutzwuerdige-landschaften.html>, Zugriff 25.02.2020).

Blankenburg, J. (2015), Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland, TELMA, Beiheft 5, S. 39 – 58, 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.

BMWi (2020), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Link: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/EEG.html>. (Zugriff 25.05.2020).

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

BVL (2020a), 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 (Zugriff Januar 2020).

BVL (2020b), Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel in Deutschland mit Informationen über beendete Zulassungen (Stand: Oktober 2020), Braunschweig.

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

DIN 4049 (1994), Deutsches Institut für Normung, Hydrogeologie, Teil 3, Begriffe zur quantitativen Hydrologie.

DüV (2020), Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen, Düngeverordnung vom 26. Mai 2017

(BGBl. S. 1305), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 846) geändert worden ist.

DVGW (2006), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Technische Regel, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser, Arbeitsblatt W101, 19 S., Bonn.

DVWK (2020), Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Härtebereiche des Trinkwassers, <https://www.dvgw.de/themen/wasser/verbraucherinformationen/wasserhaerte/>, Zugriff Dezember 2020.

DWD (2019), Deutscher Wetterdienst, Nationales Klimadatenzentrum.

EEG (2004), Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich vom 21.07.2004 (BGBl. I, S. 1918).

EEG (2009), Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1634) geändert worden ist.

EEG (2012), Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom August 2012 (BGBl. I S. 1754) geändert worden ist.

EEG (2014), Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, Erneuerbarer-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das durch Artikel 15 des Gesetzes vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034) geändert worden ist.

EEG (2017), Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1719) geändert worden ist.

EG-GWRL (2006), Grundwasserrichtlinie, Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (ABl. L 372/19).

EG-NitratRL (1991), Nitratrichtlinie, Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (ABl. EG L 375/1, zuletzt geändert durch VO (EG) 1137/2008 des Europ. Parlaments und des Rates vom 22.10.2008 (ABl. 311/1-15).

EG-TWRL (1998), Trinkwasserrichtlinie, 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, S. 32, zuletzt geändert 18.07.2009 ABl. L188/14).

EG-UQNRL (2008), 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. (ABl. L 348/84).

EG-WRRL (2000), Wasserrahmenrichtlinie, 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, (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S 1-73).

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.

ELER-RL (2021), ELER-Richtlinie, Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Vorhaben zur Gewässerschutzberatung in Trinkwassergewinnungsgebieten und in Zielgebieten der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Rahmen des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) (Gewässerschutzberatung Landbewirtschaftung), Erl. d. MU v. 14.04.2021 – 23 - 62626/2/021- VORIS 28200 (Nds. MBI. Nr. 13/2021).

Energieatlas Niedersachsen (2017), WMS-Dienst, Link: <http://ndsmleportal.lat->

lon.de/energieatlas-webservices/services/wms, Datenstand Mai 2017.

FHkoopSchTrinkWGebV ND (2007), Verordnung über die Finanzhilfe zum kooperativen Schutz von Trinkwassergewinnungsgebieten, Kooperationsverordnung vom 3. September 2007 (Nds. GVBl., S. 436), geändert durch Verordnung vom 19. Juni 2017 (Nds. GVBl. S. 228).

Furtak, H., Langguth, H.-R. (1967), Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwässern und Grundwassertypen mittels Kennzahlen. – Mem. IAH-Congress 1965, S. 86-96, Hannover.

Geodaten, NLWKN, Geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de.

GrwV (2010), Verordnung zum Schutz des Grundwassers, Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist.

Hofer, B. (2014), Gemeinsames Positionspapier NABU und IVG: Entwicklungskonzepte für Hochmoorgebiete unter den Aspekten von Natur- und Klimaschutz und Integration der Rohstoffnutzung. https://niedersachsen.nabu.de/imperia/md/content/niedersachsen/positionspapier/nabu_ivg_moorkonzept_langfassung.pdf (Zugriff 18.11.2019).

INGUS (2018), Ingenieurdienst Umweltsteuerung GmbH, Abschlussbericht 2016 - 2018 (Entwurf) für das Beratungsgebiet „Mittlere Weser“ Zeitraum 10.02.2016 bis 31.12.2018, Gewässerschutz-Beratung EG-Wasserrahmenrichtlinie im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Oktober 2018, unveröffentlicht.

INGUS und LWK (2019), Ingenieurdienst Umweltsteuerung GmbH und Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Gewässerschutzberatung, Jahresbericht 2018 für das Trinkwassergewinnungsgebiet Liebenau II/Blockhaus, Juni 2019.

Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.) (2015), Der Modellverbund AGRUM als Instrument zum landesweiten Nährstoffmanagement in Niedersachsen, Thünen Report 37, Braunschweig.

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

Kubier, Universität Bremen, Cadmium im Grundwasser Niedersachsens, Abschlussbericht, Projektlaufzeit 2015 - 2018, S. 97, Bremen.

Kunkel, R., Voigt, H.-J., Wendland, F., Hannappel, S. (2004), Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Band/Volume 47.

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.

LBEG (2017), Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie: Grundwasserkörper und Nutzbares Dargebot im Landkreis Peine, Vortrag Axel Lietzow 26.04.2017, Beregnungstag der LWK in Edemissen-Wehnsen.

LBEG (2019), Methodik Basis-Emissionsmonitoring: Berechnung des Stickstoff-Flächenbilanzsaldos und der potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser für das Jahr 2016, Stand Februar 2019.

Löffler, H. und Meinert, N. (2011), Ausgewählte Forschungs- und Erkundungsergebnisse auf dem Gebiet der Hydrogeologie in der DDR. – In: Guntau, M., Hartmann, O., Pälchen, W., Störr, M. (2011): Geschichte der Geowissenschaften in der DDR - Teil II, 644 S., Schriftenreihe für Geowissenschaften Heft 18/2011, Ostklüene.

LSN (2018), Landesamt für Statistik Niedersachsen, Agrarstrukturerhebung (ASE) 2016, Heft 1 Teil A – Gemeindeergebnisse, Betriebsstruktur, Bodennutzung, Viehhaltung, Statistische Berichte Niedersachsen CIV 9.1 – j/2016, Hannover.

LSN (2019), Landesamt für Statistik Niedersachsen, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2016, Statistische Berichte Niedersachsen, QI 1 – 3j/2016, Hannover.

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

LWK (2012): Landkreis Diepholz, Biomassepotentialstudie, Fortschreibung 2011/2012, Entwicklung und Tendenzen, 34 S.

LWK (2013a): Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landkreis Nienburg, Biomassepotentialstudie, Fortschreibung 2012/2013, Entwicklung und Tendenzen, 29 S.

LWK (2013b), 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 (2015), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landwirtschaftlicher Fachbeitrag zum Regionalen Raumordnungsprogramm des Landkreises Diepholz, 96 S., Nienburg.

LWK (2018), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landwirtschaftlicher Fachbeitrag zum Regionalen Raumordnungsprogramm des Landkreises Nienburg/Weser, Nienburg.

LWK (2019), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2017/2018.

MKULNV (2015), Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas, Bewirtschaftungsplan 2016-2021, Oberflächengewässer und Grundwasser, Teileinzugsgebiet Weser/Weser NRW.

ML (2019), Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Die niedersächsische Landwirtschaft in

Zahlen 2017, einschließlich Ergänzungen und Aktualisierungen Stand April 2019.

ML (2021), Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Informationen des ML zu Anforderungen in nitrat- und phosphatsensiblen Gebieten, Stand 01.Juli 2021.

ML und MU (2019), Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz., NiB-AUM, Gem. Rd.Erl. d. ML u. d. MU v. 15.07.2015 (Nds. MBl. S.909, in der Fassung vom 15.03.2019 (Nds. MBl. S. 620).

MU (1997), Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.), Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Große Aue-Ochtum. Entwurf. 145 S., Hannover.

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

MU (2015a), 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 (2015b), 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 (2015c), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Mengemäßige Bewirtschaftung des Grundwassers, RdErl. d. MU, 29.05.2015, Nds. MBl. Nr. 25/2015, S. 790), zuletzt geändert durch RdErl. Vom 13.11.2018 (Nds. MBl. Nr. 43, S. 1502).

MU (2016a), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Programm Niedersächsische Moorlandschaften, 71 S., Mai 2016, Hannover.

MU (2016b), 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 (2017), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz (Entwurf), Stand Mai 2017, Hannover.

MU (2019), Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Öffentliche Wasserversorgung; Rohwasseruntersuchungen und Untersuchungen an Vorfeldmessstellen; veröffentlicht mit Runderlass des MU vom 20.03.2019 (Nds. MBl. Nr. 13/2019, S. 599).

NIBIS-Kartenserver (2020), Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), <https://nibis.lbeg.de/cardomap3>.

NIBIS-Kartenserver, Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), WMS Adresse des Themas Bodenkarte (BK50), 2017: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=989&Service=WMS&Request=GetCapabilities&>, 2017.

NIBIS-Kartenserver, Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), WMS Adresse des Themas Geologische Übersichtskarte 1.500.000 (GÜK500), 2000: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=64&Service=WMS&Request=GetCapabilities&>.

NIBIS-Kartenserver, Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), WMS Adresse des Themas Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1:200 000 - Lage der Grundwasseroberfläche (HÜK200), 1982: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=55&Service=WMS&Request=GetCapabilities&>

NIBIS-Kartenserver, Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), WMS Adresse des Themas Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1:200 000 - Lage der Grundwasseroberfläche (HÜK200),

1987: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=61&Service=WMS&Request=GetCapabilities&>.

NIBIS-Kartenserver, Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), WMS Adresse des Themas Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1:500 000 - Hydrogeologische Räume und Teilräume (HÜK500), 2004: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=194&>.

NDüngGewNPVO (2019), Niedersächsische Verordnung über düngerechtliche Anforderungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat oder Phosphat vom 28. November 2019 (Nds. GVBl., S. 362).

NDüngGewNPVO (2021), Niedersächsische Verordnung über düngerechtliche Anforderungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat oder Phosphat vom 03. Mai 2021 (Nds. GVBl., S. 378).

NLfB et al. (2004), Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie und Bezirksregierung Hannover, EG-WRRRL 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 (2007), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Grundwasserversauerung, Methoden zur Gefährdungsabschätzung und Möglichkeiten zu Gegenmaßnahmen, Schriftenreihe Grundwasser, Band 7, 40 S., Norden.

NLWKN (2010), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Natur-

schutz, Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer, Teil B Stillgewässer, Schriftenreihe Wasserrahmenrichtlinie, Band 3, 176 S., Norden.

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

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

NLWKN (2015b), 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 (2017), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Gewässerschutzberatung nach EG-

Wasserrahmenrichtlinie – Bericht über den ersten Bewirtschaftungszeitraum 2010 bis 2015, Wasserrahmenrichtlinie Band 11, 79 S., Norden.

NLWKN (2019a), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen. Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse, Grundwasser Band 34, 56 S., Norden, Hannover.

NLWKN (2019b), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Grundwasserbericht Niedersachsen, Sonderausgabe zur Standssituation im Trockenjahr 2018, Grundwasser Band 36, 13 S., Norden.

NLWKN (2019c), Niedersächsischer Landesbetriebe für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Phosphat im Grundwasser Niedersachsens, Wasserrahmenrichtlinie Band 12, 53 S., Norden.

NLWKN (2020), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Themenbericht Pflanzenschutzmittel II – Wirkstoffe und Metaboliten im Grundwasser, Datenauswertung 2000 bis 2016, Grundwasser Band 39, 143 S., Norden, Hildesheim.

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

NWG (2010), Niedersächsisches Wassergesetz vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. S 64), zuletzt geändert am 20. Dezember 2011 (Nds. GVBl. S. 507).

OGewV (2016), Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer, Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).

Rivett, M.O., Buss, S.R., Morgan, P., Smith, J.W.N., Bemment, C.D. (2008), Nitrate attenu-

ation in groundwater- a review of biogeochemical controlling processes. *Water Research*. 42, S. 15-32.

SLA (2019), Servicezentrum für Landentwicklung und Agrarförderung, <https://sla.niedersachsen.de/landentwicklung/LEA/>.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2018), Online-Atlas Agrarstatistik, <https://atlas-agrarstatistik.nrw.de>, Zugriff 02.03.2020.

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

SchuVO (2009), Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten, Schutzgebietsverordnung vom 9. November 2009 (Nds. GVBl., S. 431, letzte berücksichtigte Änderung vom 29.05.2013 (Nds. GVBl. S. 132).

Tetzlaff, B., Holsten, B., Trepel, M. (2015), Bedeutung der Moore für den Gewässerschutz, TELMA, Beiheft 5, S. 113 - 132, Hannover.

TrinkwV (1990), Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung und der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung vom 5. Dezember 1990 (BGBl. I S2600).

TrinkwV (2016), Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, Trinkwasserverordnung vom 10. März 2016 (BGBl. I S 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2934) geändert worden ist.

UBA (2002), Umweltbundesamt, Charakterisierung der Empfindlichkeit von Grundwasserkörpern, Texte 19/02, S. 118, Berlin 2002.

UFZ (1998), Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe, 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Leipzig.

WHG (2009), Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I. S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254) geändert worden ist.

Wisotzky, F., Kandemiroglu, O. C., Plassmann, C. (2012), Nickelfreisetzung in das Grundwasser und dessen Bindung bei der Wasseraufbereitung zu Trinkwasser (Nettetal/Niederrhein),

GwF – Wasser – Abwasser, Ausgabe Juli/August, S. 828 – 832.

Wisotzky, F. Cremer, N., Lenk, S. (2018), Angewandte Grundwasserchemie, Hydrogeologie und hydrochemische Modellierung, Berlin.

Wriedt, G. (2016), Transportstrecken und Transportzeiten im Anstrom von Grundwassermessstellen in der Kulisse Gewässerschutzberatung. Beratungsgebiet Mittlere Weser, Stand Dezember 2016, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, unveröffentlichter Bericht, Cloppenburg.

WRMG (2013), Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln, Wasch- und Reinigungsmittelgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juli 2013 (BGBl. I S. 2538), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2774) geändert worden ist.

