

SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau

Bestimmung der Zustromgebiete von Grundwassermessstellen als eine Grundlage für das Wirkungsmonitoring der Maßnahmen nach Düngeverordnung

Bestimmung der Zustromgebiete von Grundwassermessstellen als eine Grundlage für das Wirkungsmonitoring der Maßnahmen nach Düngeverordnung.

Auftraggeber: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG)
Sachsen-Anhalt, Dezernat 25
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg

Auftragnehmer: HYDOR Consult GmbH
Am Borsigturm 40
13507 Berlin

Bearbeitung: M. Sc. Claudia Köpp
Dipl. Geol. Elzbieta Rejman-Rasinska
Dipl. Geol. Dr. rer. nat. Stephan Hannappel

Dr. S. Hannappel
Geschäftsführer HYDOR Consult GmbH

Ἀριστον μὲν ὕδωρ – Das Beste aber ist das Wasser

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
1. Veranlassung und Zielsetzung	3
2. Grundlagen der Bearbeitung	4
3. Methodik der durchgeführten Arbeiten	7
3.1 Methodisches Vorgehen.....	7
4. Ergebnisse der Bearbeitung.....	8
4.1 Übersichtsdarstellungen zu allen bearbeiteten Zustromgebieten.....	8
4.2 Exemplarische Dokumentation und Beschreibung von Zustromgebieten	11
4.3 Grundwasserkörperbezogener Vergleich der messstellenbezogenen ausgewiesenen Zustromgebiete mit Berechnungsdaten zur flächenhaften Nitratbelastung	16
4.4 Resumé	17
5. Literaturverzeichnis.....	18

Anhang 1: Flächenhafte Ausweisung der Zustromgebiete zu den Landesgrundwassermessstellen des LHW mit Nitratgehalten > 37,5 mg/l im langjährigen Durchschnitt

Digital übergebene Dokumente als Beilagen zum Bericht:

Beilage1: Schichtenverzeichnisse und Ausbauzeichnungen zu den Landesgrundwassermessstellen mit Nitratgehalten > 37,5 mg/l im langjährigen Durchschnitt (gesondert digital)

Beilage2: GIS-Daten (shapes) der ausgewiesenen Zustromgebiete

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Landesweite Übersichtskarte zur regionalen Verteilung der bearbeiteten Grundwassermessstellen des LHW in der Kulisse der Grundwasserkörper nach der chemischen Zustandsbewertung 2013	4
Abb. 2: Anzahl der Grundwassermessstellen und Quellen des LHW pro Konzentrationsklasse	5
Abb. 3: Gegenüberstellung der messstellenbezogenen Konzentrationsklassen und der Lage der Messstellen in den bewerteten Grundwasserkörpern.....	5
Abb. 4: Anzahl der bearbeiteten Grundwassermessstellen pro Konzentrationsklasse und Messnetzart.....	6
Abb. 5: Tiefenlage des Filterausbaus und Nitratgehalte bei den 116 Grundwassermessstellen	8
Abb. 6: Verteilung der 116 Messstellen pro Sickerwasserverweilzeit-Klasse	8
Abb. 7: Verteilung der 142 verwendeten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f) zur Berechnung der Zustromgebiete .	9
Abb. 8: Übersicht zu den Gesamtlieflzeiten pro Zustromgebiet als Summe der Verweilzeit in der ungesättigten Zone und der Fließzeit im Grundwasser.....	10
Abb. 9: Übersicht zu den Flächengrößen aller ausgewiesenen Zustromgebiete.....	10
Abb. 10: Darstellung des für die LHW-Messstelle Hassel ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch homogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Lockergestein	11
Abb. 11: Darstellung des für die LHW-Messstelle Cheine ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch inhomogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Lockergestein.....	13
Abb. 12: Darstellung des für die LHW-Messstelle Brumby ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch inhomogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Locker- und Festgestein	14
Abb. 13: Darstellung des für die LHW-Messstelle Knapendorf ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch homogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Festgestein	15
Abb. 14: Kartografischer Vergleich der im GWK SAL 014 ausgewiesenen Zustromgebiete mit den dort berechneten Gebieten mit einer Nitratbelastung > 50 g/L.....	16

1. Veranlassung und Zielsetzung

Mit der Düngeverordnung (DüV, 2017) wird in § 13 den Bundesländern die Befugnis übertragen, in mit Nitrat belasteten Gebieten zusätzliche Anforderungen bei der Düngung mittels Rechtsverordnung festzulegen.

Soweit auf Grund der DüV Anordnungen gem. §13 getroffen werden, ist dabei besonders zu berücksichtigen, dass die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie der Naturhaushalt, insbesondere die Gewässerqualität, nicht gefährdet werden und andere öffentlich-rechtliche Vorschriften nicht entgegenstehen.

Die Umsetzung des §13 DüV mit einer Landesverordnung ist aktuell (Stand: Dezember 2018) bis 30.06.2019 vorgesehen.

Im Vorgriff auf die Ergebnisse des sich in der Durchführung befindlichen Pilotprojektes zur Entwicklung einer geeigneten Methodik zur Binnendifferenzierung für die landesweite Bestimmung der mit Nitrat belasteten Gebiete (HYDOR 2018a) wurden die Zustromgebiete aller relevanten Grundwassermessstellen landesweit bestimmt.

Nach den Vorgaben der Leistungsbeschreibung wurden die Zustromgebiete der für die Zustandsbestimmung heranzuziehenden Grundwassermessstellen des Landesmessnetzes des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) gem. §9 GrwV auf Basis der vom LHW für den Bezugszeitraum 2012 bis 2017 zu allen Landesmessstellen übermittelten Nitratkonzentrationen wie folgt ausgewiesen:

1. Grundwassermessstellen mit einer mittleren Nitratbelastung >50 mg/l der Grundwasserkörper im schlechten chemischen Zustand nach § 7 der GrwV;
2. Grundwassermessstellen mit einer mittleren Nitratbelastung $\geq 37,5$ mg/l von Grundwasserkörpern und mit steigendem Trend von Nitrat nach § 10 der GrwV;
3. Grundwassermessstellen mit einer mittleren Nitratbelastung >50 mg/l in Grundwasserkörpern im guten chemischen Zustand;

Insgesamt wurden nach dieser Definition flächenhafte Zustromgebiete zu 116 somit als „relevant“ bewerteten Grundwassermessstellen ausgewiesen. Ein Teil davon (13) wurde im parallel im Auftrag der LLG bearbeiteten Projekt zum „SAL GW 014“ (HYDOR 2018b) bearbeitet und in die vorliegende Dokumentation integriert. Die ausgewiesenen Zustromgebiete berücksichtigen das dynamische Fließverhalten des Grundwassers und wurden bis zur Grundwasserscheide modelliert.

Nicht bearbeitet wurden Quellen, die Teil des Landesmessnetzes des LHW sind und den o. g. Definitionen entsprechen, da zu diesen im Auftrag des LHW in den vergangenen Jahren bereits die Zustromgebiete flächenhaft ausgewiesen worden waren (FUGRO 2016, G.U.T. 2014). Es handelt sich hierbei um insgesamt 14 Quellen. Die Arbeiten wurden auf Basis der Leistungsbeschreibung des AG vom 15.10.2018 und des Angebotes der HYDOR Consult vom 16.10.2018 durchgeführt.

2. Grundlagen der Bearbeitung

Die Übersichtskarte in Abb. 1 dokumentiert die Lage aller 543 Grundwassermessstellen des LHW:

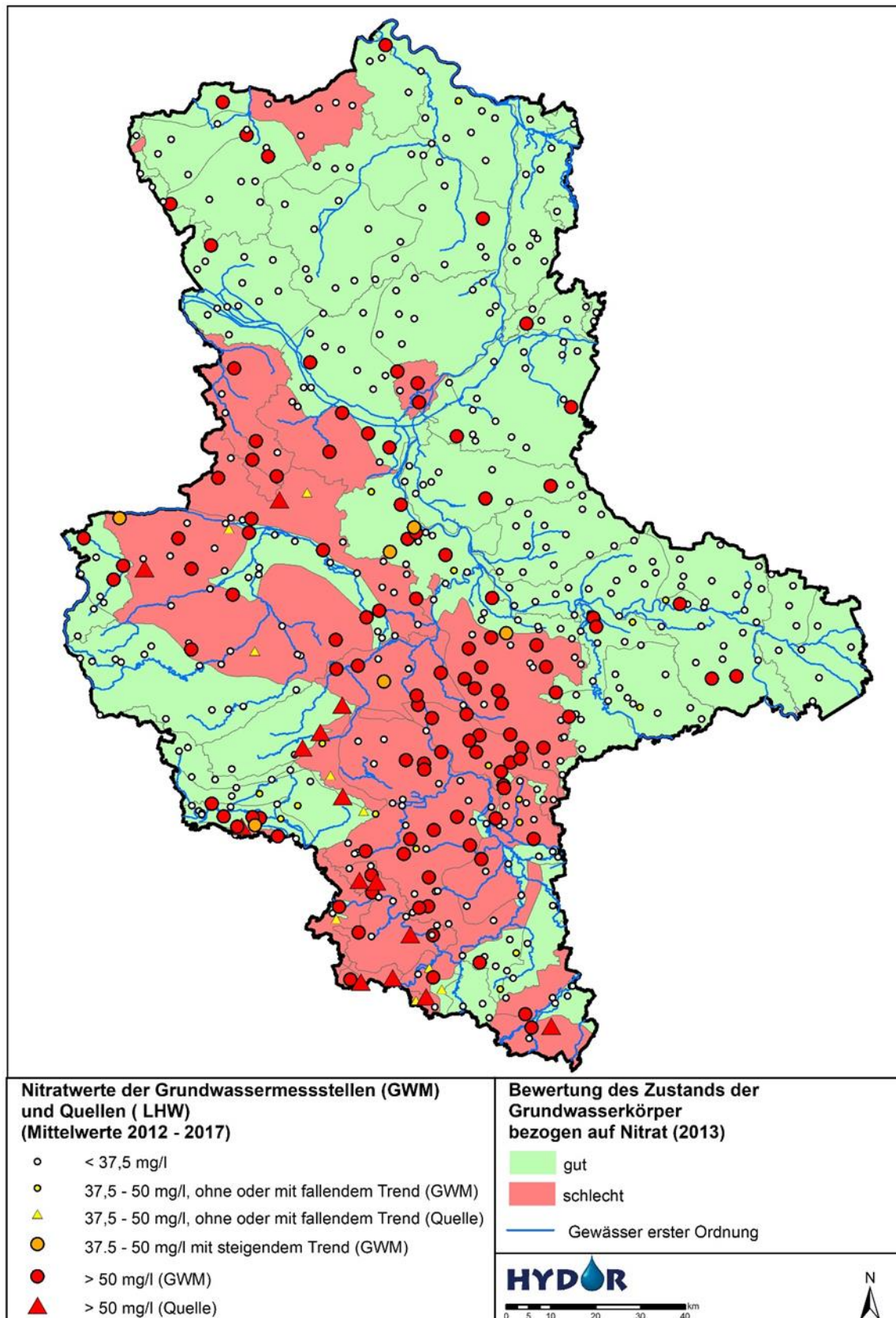


Abb. 1: Landesweite Übersichtskarte zur regionalen Verteilung der bearbeiteten Grundwassermessstellen des LHW in der Kulisse der Grundwasserkörper nach der chemischen Zustandsbewertung 2013

Die Karte enthält auch die Grenzen der Grundwasserkörper inkl. der Zustandsbewertung 2013. Deutlich erkennbar ist die relative Häufung der Messstellen mit einem mittleren Nitratgehalt > 50 mg/l in den (mit Bezug auf Nitrat) als „schlecht“ bewerteten Grundwasserkörpern in der Mitte und im Süden des Landes. Hier stehen oft Festgesteine an, in denen das Grundwasser primär in Klüften zirkuliert. Aber auch im Norden treten in Gebieten mit ausschließlicher Lockergesteinsverbreitung hohe Nitratwerte auf. Diskrepanzen zwischen der Grundwasserkörper-(GWK)-Bewertung und den Messstellen können auf die unterschiedlichen Zeiträume (GWK: 2013 mit Daten von 2006 bis 2012 und Messstellen 2012 bis 2017) der Bewertung hindeuten.

Abb. 2 dokumentiert die Anzahl der insgesamt bearbeiteten Grundwassermessstellen (inkl. der 14 Quellen) pro Konzentrationsklasse in grafischer Form, Abb. 3 differenziert nach der Lage der Messstellen in den bewerteten Grundwasserkörpern:

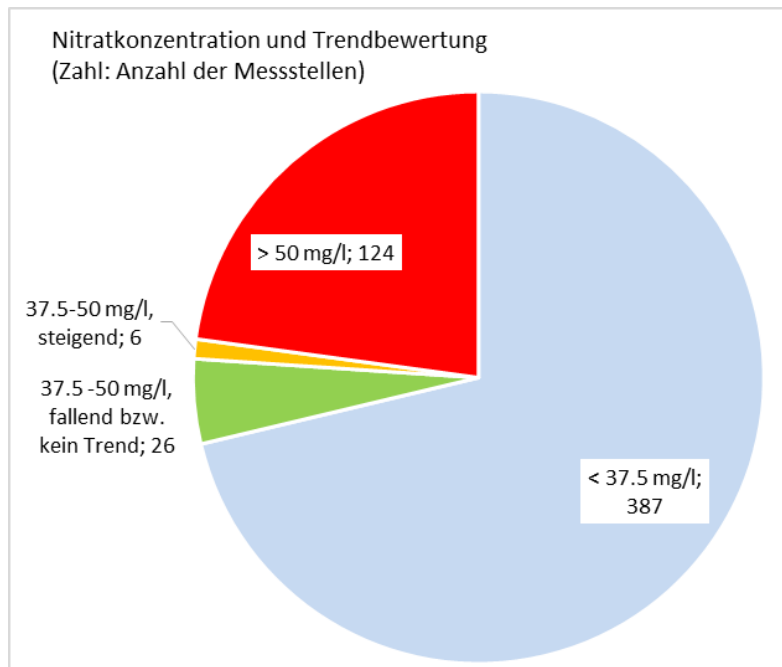


Abb. 2: Anzahl der Grundwassermessstellen und Quellen des LHW pro Konzentrationsklasse

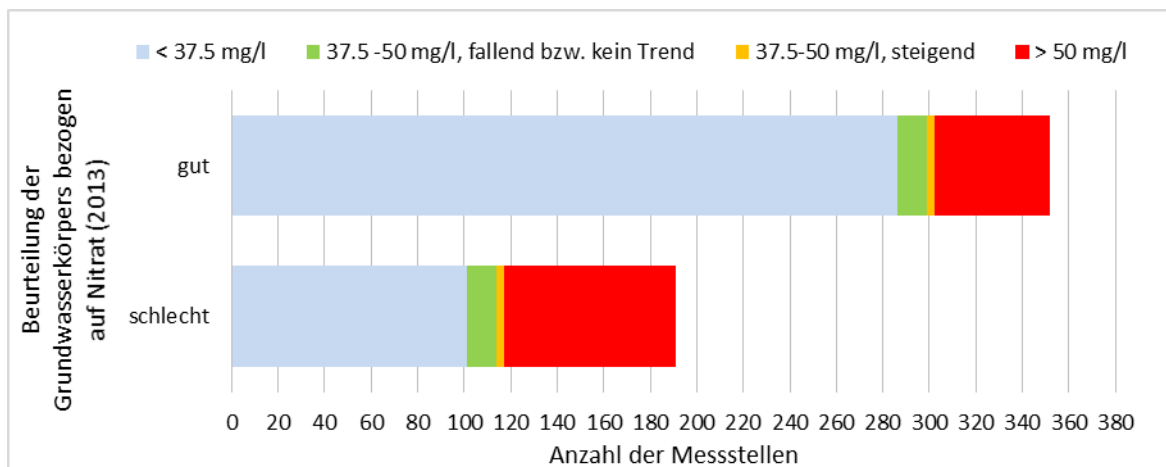


Abb. 3: Gegenüberstellung der messstellenbezogenen Konzentrationsklassen und der Lage der Messstellen in den bewerteten Grundwasserkörpern

387 der 543 Messstellen und Quellen haben einen Mittelwert bei Nitrat von weniger als 37,5 mg/l, 130 dagegen entweder einen steigenden Trend (6) oder einen Mittelwert oberhalb von 50 mg/l, annähernd genauso viele davon in als „gut“ bewerteten GWK (s. Abb. 3).

Abb. 4 dokumentiert die Anzahl der bearbeiteten Grundwassermessstellen pro Konzentrationsklasse und Messnetzart in einer relativen (auf 100 % bezogenen) Darstellungsform. Erkennbar ist, dass bei den sog. „Ermittlungs“- und „Milieu“-Messstellen der nitratbelastete Anteil im Vergleich zu den Messstellen des Landesmessnetzes deutlich höher liegt.

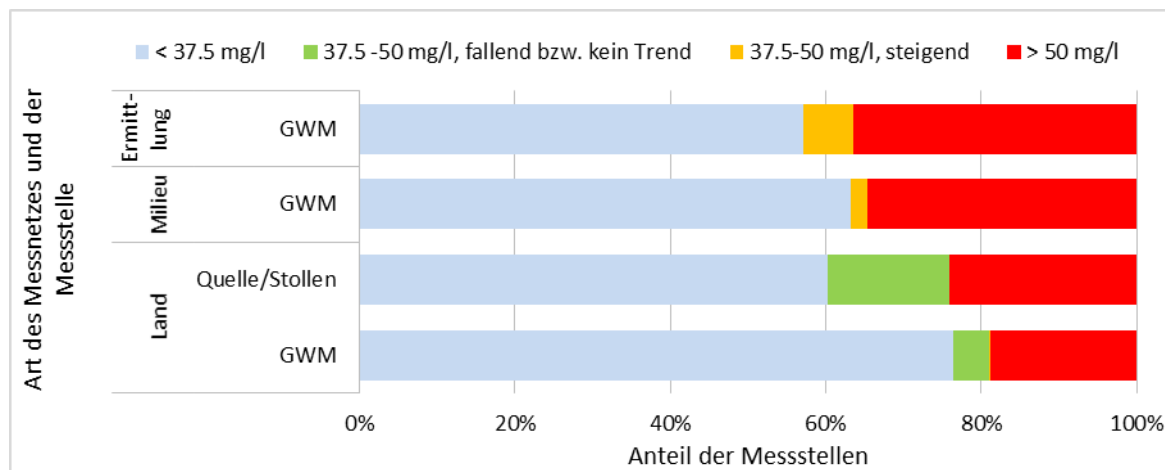


Abb. 4: Anzahl der bearbeiteten Grundwassermessstellen pro Konzentrationsklasse und Messnetzart

Zu allen bearbeiteten Grundwassermessstellen wurden seitens des LHW die geologischen Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne in digitaler Form übergeben, da sie wichtige Informationen zur flächenhaften Ausweisung der Zustromgebiete beinhalten. Die Beilage 1 (gesondert digital übergeben) bündelt diese wichtigen Informationen im PDF-Format.

Zusätzlich zu den Dokumenten der Bohrungen des Landesmessnetzes wurden aus der (digital im Netz verfügbaren) Landesbohrdatenbank Sachsen-Anhalt des LAGB im weiteren Umkreis der Messstellen relevante Bohrdaten und Schichtenverzeichnisse abgegriffen. Damit konnte die flächenhafte Verbreitung hydrostratigraphischer Einheiten kontrolliert und mögliche Wechsel dargestellt werden, aus denen sich die Fließzeiten im Grundwasser ergeben.

Schließlich wurden Informationen zu den Fließverhältnissen des Grundwassers aus dem landesweiten Grundwassergleichenplan verwendet. Damit können die Anstromrichtung auf eine Messstelle und das Gefälle, welches die Fließgeschwindigkeit mit beeinflusst, bestimmt werden. Diese können saisonal und witterungsbedingt, insbesondere bei geringen Potentialunterschieden der Grundwasseroberfläche, variieren. Für die Erstellung des vom LHW digital zur Verfügung gestellten Grundwassergleichenplanes wurden langjährige Mittelwerte der Grundwasserstände verwendet.

Die Daten (FUGRO 2016) lagen zum einen als Raster im Bezugssystem DHDN 3° Gauss-Krüger Zone 4 und zum anderen als Linienshape im Bezugssystem UTM Zone 32 N vor. Für die Berechnung und Visualisierung von Stromlinien und Isochronen zur Beschreibung der Grundwasserdynamik in Anwendungsprogrammen wurde der Rasterdatensatz verwendet.

3. Methodik der durchgeführten Arbeiten

3.1 Methodisches Vorgehen

Für die Ausweisung der Zustromgebiete (s. Anhang 1 als Karten und Beilage 2 als shape-Daten) zu den Grundwassermessstellen des LHW auf Basis der Schichtenverzeichnisse und Ausbauzeichnungen (s. Beilage 1) wurde analog zum Vorgehen im Pilotprojekt des SAL GW 014 (HYDOR 2018b) folgende Methode verwendet (zu weiteren Details s. Beschreibung in HYDOR 2018b, dort Kap. 4.2):

- die Stromlinien werden mit Hilfe des numerischen Modellierungsprogramms GCISTROMER (GCI 2008) von der Messstelle zurück zur Quelle erstellt. Dieses aus Stromlinien basierende Verfahren ist äquivalent zum Vorgehen bei der Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten;
- mithilfe des Programms Surfer (Golden Software 2010) wurden die Grid-daten der Grundwasser Oberfläche jeweils auf den zu bearbeitenden Ausschnitt innerhalb der Landesfläche selektiert;
- der Öffnungswinkel und die Breite der Zustromgebiete um die erstellte Stromlinie herum wird manuell angepasst, um aus dem Gleichenplan resultierende Unsicherheiten optimal zu berücksichtigen; hierdurch wird eine größere Sicherheit im Vergleich zu einer starren Variante (z. B. mit 45 °-Öffnungswinkel) erreicht;
- zur Ermittlung der Sickerwasserverweilzeit und der Grundwasserfließzeit werden aus den Bohrprofilen abgeleitete Daten zu Flurabständen, zur Feldkapazität, zur Durchlässigkeit und zur Porosität (Voigt 1987, Kunkel & Wendland 1999, Hölting & Coldewey 2009, Reutter 2011, Appel & Habler 2002) verwendet;
- die Sickerwasser- und Grundwasserneubildungsrate (BAH 2015) wird flächengewichtet für das Zustromgebiet der Messstelle gemittelt (Ausnahme: negative Werte);
- für die Berechnung der Sickerwasserverweilzeit wird die ungesättigte Zone unterteilt in eine Bodenzone (obere 2 m) und die Grundwasserdeckschichten (getrennt nach Lockersedimenten und Festgestein). Für die Berechnung der Sickerwasserverweilzeiten wird in den oberen zwei Metern des Bodenhorizonts die Sickerwasserrate, für die restlichen Meter bis zum Erreichen der Grundwasser Oberfläche die Neubildungsrate genutzt.;
- für die flächenhafte Verbreitung der Durchlässigkeit der gesättigten Zone werden die k_f Werte und Porositäten aus den Bohrdaten des LAGB in der Umgebung der Messstellen berücksichtigt, dies kann zu einer Anpassung der Grundwasserfließgeschwindigkeit führen;
- die gesamten Reichweiten der Zustromgebiete beinhalten neben der Fließzeit im Grundwasser auch die Verweilzeit in der ungesättigten Zone der Lockergesteine am Ort der Messstelle;
- im Bereich von Grundwasserscheiden enden die Stromlinien bzw. Zustromgebiete.

- Bei tiefen Ausbauten der Filter unter der Grundwasseroberfläche (> 2 Meter bezogen auf die Filtermitte) wurde aufgrund einer Überströmung des Filters das Zustromgebiet nicht direkt vom Standort der Messstelle, sondern entsprechend oberstromig versetzt ausgewiesen.

Zur Berechnung der Gesamtließzeiten ist die Durchströmung von Schichten mit unterschiedlicher Durchlässigkeit zu berücksichtigen. Sie beinhalten sowohl die Fließzeit des Grundwassers als auch die des Sickerwassers in den überlagernden Lockergesteinseinheiten.

4. Ergebnisse der Bearbeitung

4.1 Übersichtsdarstellungen zu allen bearbeiteten Zustromgebieten

Die folgenden Grafiken dokumentieren exemplarisch zu einigen relevanten Grundlagenparametern wie Tiefenlage des Filterausbaus (s. Abb. 5) und der darauf basierenden Berechnung der Sickerwasserverweilzeit (s. Abb. 6) die jeweilige Verteilung im Datensatz der 116 Messstellen.

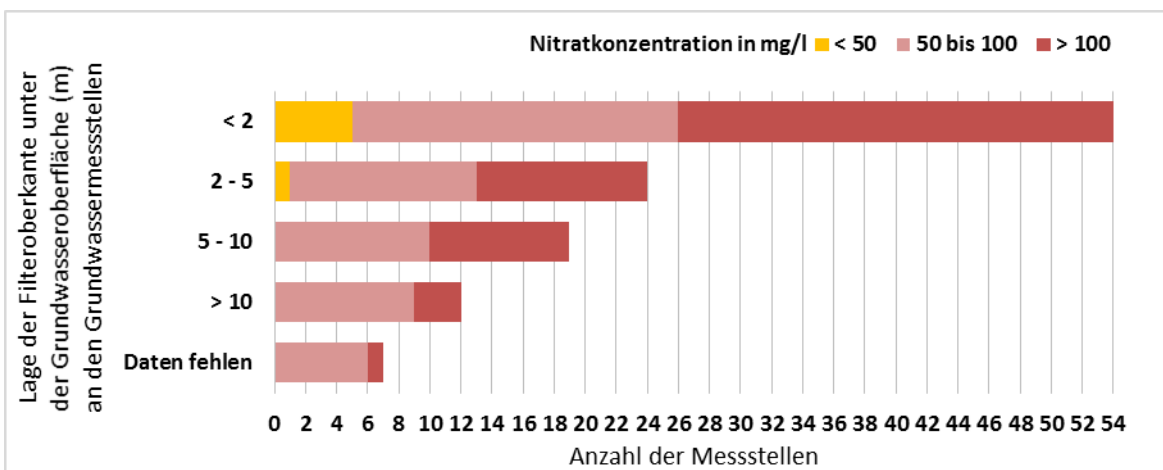


Abb. 5: Tiefenlage des Filterausbaus und Nitratgehalte bei den 116 Grundwassermessstellen

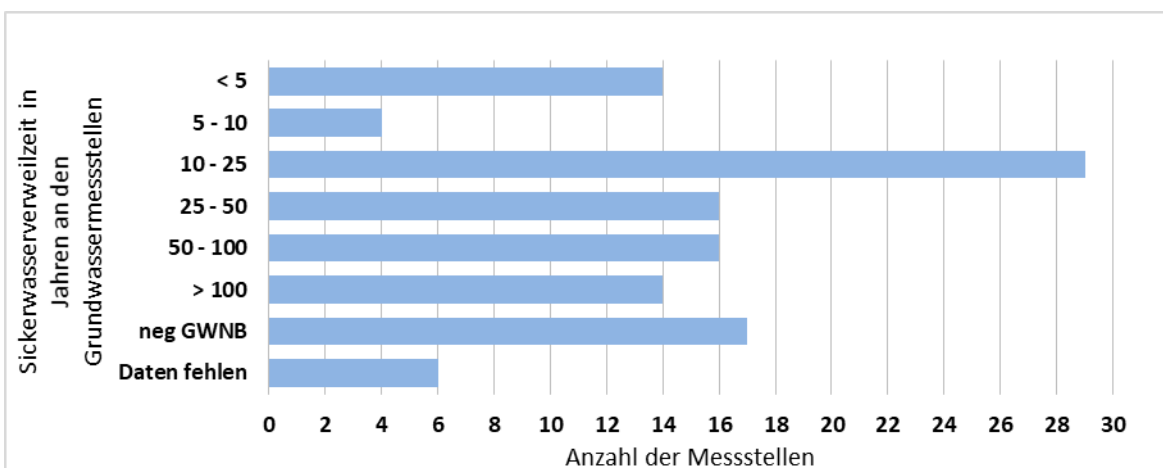


Abb. 6: Verteilung der 116 Messstellen pro Sickerwasserverweilzeit-Klasse

Bei sehr vielen Messstellen befindet sich die Filteroberkante sehr nahe (< 2 Meter) unterhalb der Grundwasseroberfläche (Anm.: verwendet wurden hier primär die digital vorliegenden Daten des LHW zu den landesweit repräsentativen Grundwassergleichen und nur nachgeordnet die oftmals alten Daten aus den Originalen der Schichtenverzeichnisse und Ausbaudokumente). Bei nur sehr

wenigen Messstellen ($n=12$) liegt die Filteroberkante mehr als 10 Meter unter der Grundwasseroberfläche. Aufgrund der bekannten Variabilität des Nitratgehaltes drückt dies die Selektion der Messstellen mit ausschließlich hohen Nitratgehalten sehr gut aus – bei tiefer bei ausgebauten Messstellen sinken die Nitratgehalte oftmals rasch (HYDOR 2017, Hannappel et al. 2018).

Die in Abb. 6 dokumentierten Sickerwasserverweilzeiten, die standortbezogen für die 116 Grundwassermessstellen ermittelt wurden, zeigen bei einigen Messstellen kurze Zeiten von wenigen Jahren ($< \text{fünf bzw. } < \text{zehn Jahre}$) an, häufiger jedoch höhere Werte (10 bis 25 Jahre), die typischerweise durch bindige Deckschichten oder niedrige Grundwasserneubildungsraten verursacht werden. Bei 17 Messstellen sind diese im Datensatz von BAH (2015) mit negativen Werten angegeben (Grundwasserzehrgebiete). An diesen Standorten findet also – im langjährigen Durchschnitt – keine Neubildung des Grundwassers statt und es wurden keine Verweilzeiten berechnet.

Abb. 7 zeigt die Verteilung der aus den Schichtenverzeichnissen der LHW-Messstellen und LAGB-Bohrungen in den Zustromgebieten insgesamt 142 abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f in m/sec) im Locker- und Festgestein, Abb. 8 die berechneten Gesamtließzeiten (Summe Verweilzeit in der ungesättigten Zone plus Fließzeit im Grundwasser) und Abb. 9 die resultierenden Flächengrößen aller Zustromgebiete.

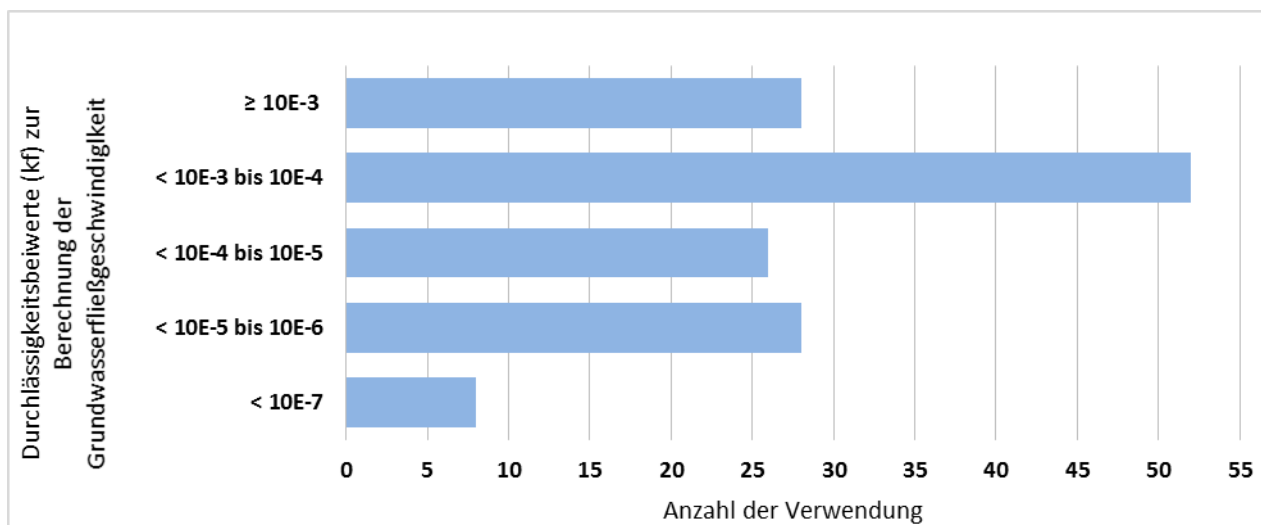


Abb. 7: Verteilung der 142 verwendeten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f) zur Berechnung der Zustromgebiete

Es dominieren eindeutig Fein- und Mittelsande (Klasse 10^{-4} bis 10^{-3} m/sec), also gut durchlässige Lockersedimente der ausgebauten Grundwasserleiter. Niedrigere (schluffige Feinsande) bzw. höhere (Grobsande und Kiese) sind jedoch auf maßgeblich vertreten, auch das sind üblicherweise Sedimente, in denen Grundwassermessstellen verfiltert werden. Werte von $< 10^{-5}$ m/sec repräsentieren zumeist wenig ergiebige Festgesteinsgrundwasserleiter (z. B. Schluffsteine), in denen die Grundwasserführung zumeist primär in Klüften mit raschen Fließbewegungen stattfindet. Sofern die Schichtenverzeichnisse diese Informationen hergeben, konnte dies berücksichtigt werden.

Bei den Gesamtließzeiten des unterirdischen Wassers von der Versickerung in den Boden bis zum Erreichen der Grundwassermessstelle zeigt sich eine starke Aufspreizung der berechneten Werte.

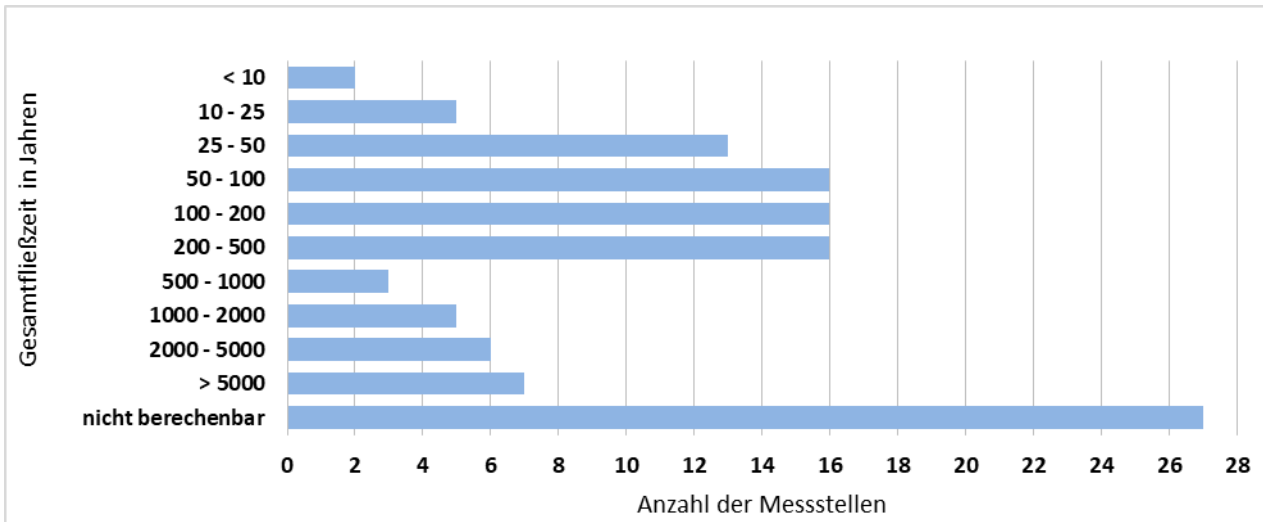


Abb. 8: Übersicht zu den Gesamtfliesszeiten pro Zustromgebiet als Summe der Verweilzeit in der ungesättigten Zone und der Fließzeit im Grundwasser

Ohne die sieben Messstellen mit mehr als 5.000 berechneten Fließzeitjahren und einem Filterausbau in oder unter bindigen Deckschichten mit sehr niedrigen Durchlässigkeitsbeiwerten ergibt sich ein Mittelwert für die dann 100 ausgewerteten Messstellen von 495 Jahren. Das drückt ganz überwiegend sehr lange Zeiträume aus, in denen das an den Messstellen entnommene Grundwasser Beeinflussungen unterliegt. Bei 21 Messstellen jedoch betragen die gesamten Fließzeiten maximal 50 Jahre, der sich ergebende Mittelwert beträgt hier 29 Jahre mit entsprechend kürzeren Reaktionszeiten der analysierten Proben auf anthropogene Einflüsse.

Bei 89 Messstellen erfolgte die Berechnung der Gesamtfliesszeit aus Sickerwasserverweil- und Grundwasserfließzeit, bei weiteren 22 (wegen negativer Neubildungsraten oder fehlender Schichtenverzeichnisse) nur durch letztere. Bei fünf Messstellen war keine Berechnung möglich.

Die ausgewiesenen Zustromgebiete sind im Durchschnitt 308 km² groß, Abb. 9 zeigt die entsprechende Klasseaufteilung. Sehr kleine Gebiete (< 10 km²) liegen oft im Bereich von Grundwasserscheiden, sehr große (> 1.000 km²) entsprechend am unteren Ende des hydrologischen Transportweges in Niederungsbereichen nahe der oberirdischen Vorfluter.

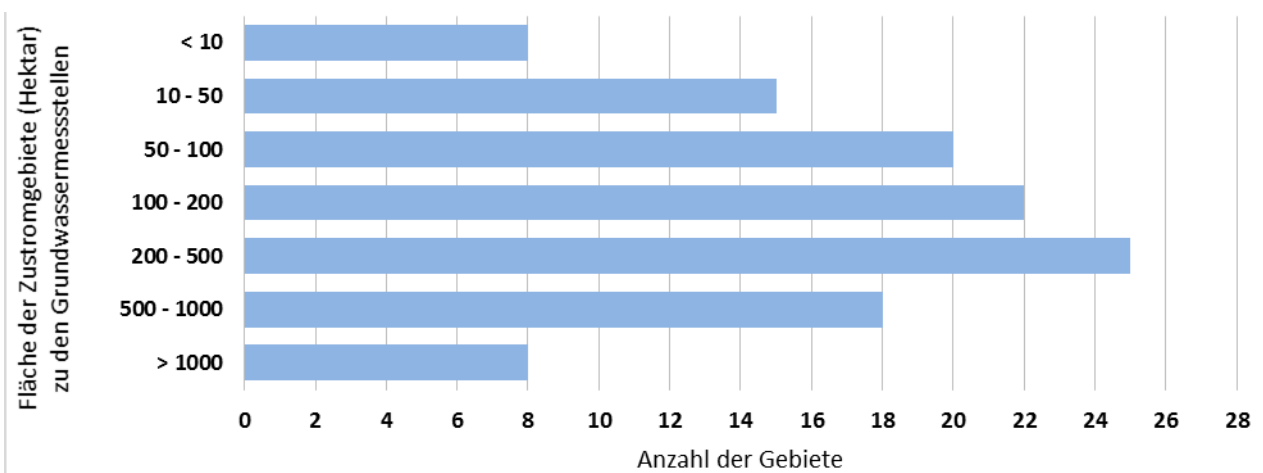


Abb. 9: Übersicht zu den Flächengrößen aller ausgewiesenen Zustromgebiete

4.2 Exemplarische Dokumentation und Beschreibung von Zustromgebieten

Die folgenden vier Karten zeigen vier Beispiele ausgewiesener Zustromgebiete. Alle bearbeiteten Gebiete sind kartografisch in Anhang 1 und in der Beilage 2 digital als GIS-Daten enthalten.

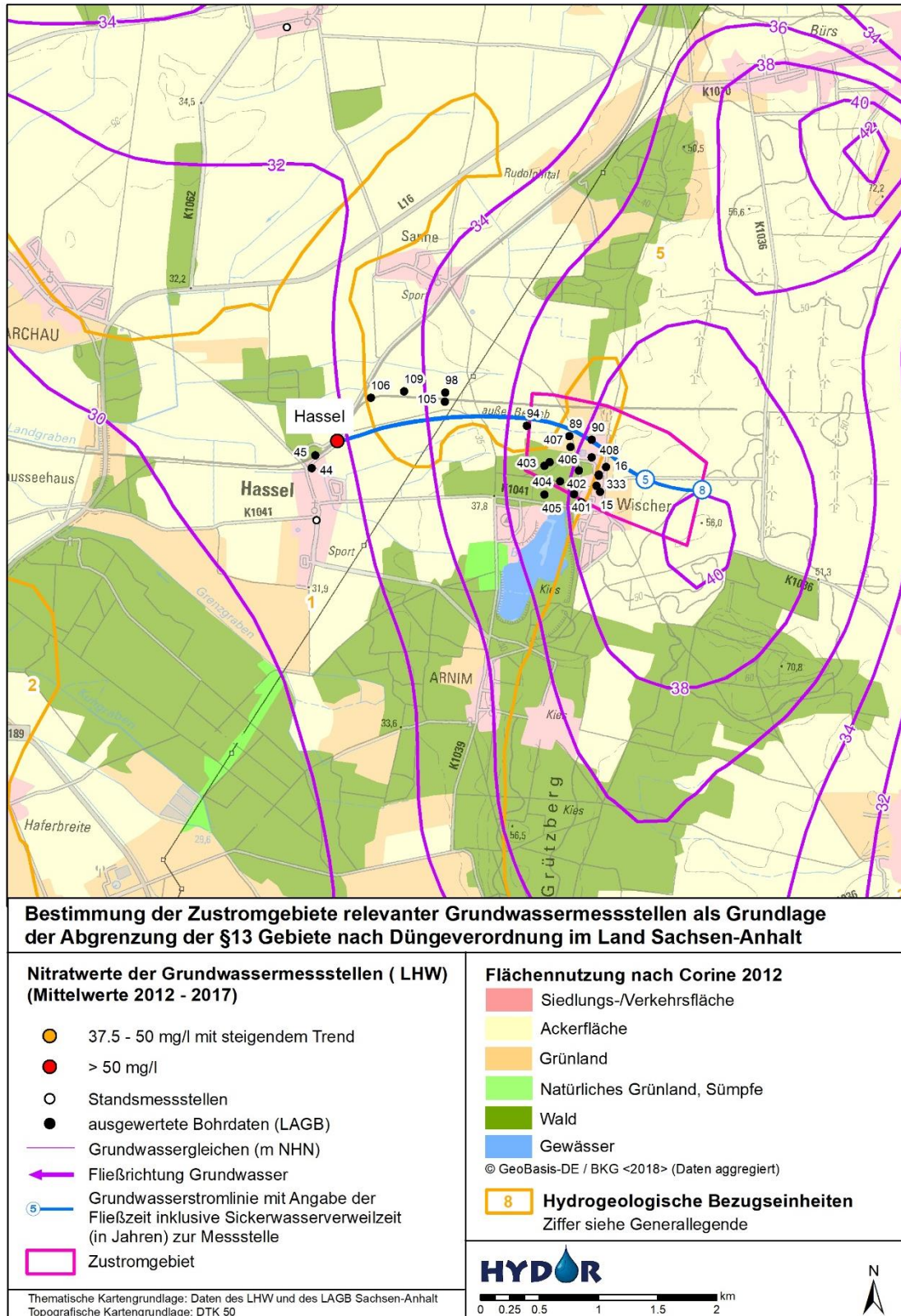


Abb. 10: Darstellung des für die LHW-Messstelle Hassel (mit Überströmung) ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch homogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Lockergestein

Zu beachten ist bei den Karten in Anhang 1, dass an einigen Standorten die Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone nicht berechnet werden konnte, da die Daten zur Grundwasserneubildung (BAH 2015) als negative Werte ausgewiesen worden waren. Das ist in der Legende jeweils gesondert markiert.

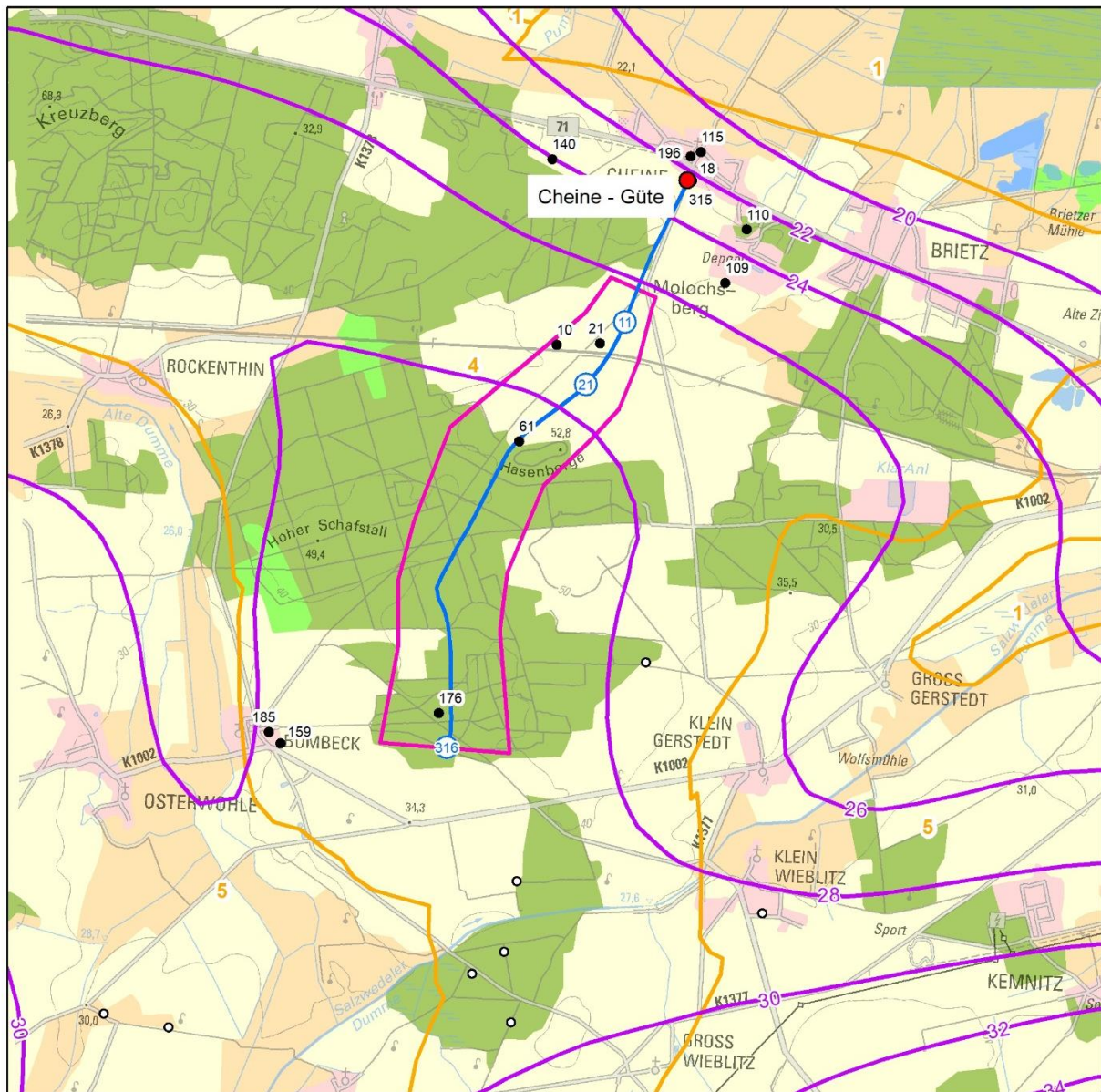
Die Sickerwasserverweilzeit wurde ausschließlich anhand der abgeleiteten Daten am Standort der Messstelle selber, also dem Flurabstand, der summarischen Feldkapazität in der ungesättigten Zone und der Grundwasserneubildungsrate nach DIN 19732 ermittelt.

Die LHW-Messstelle in Hassel ist in acht Meter Tiefe in groben Lockersedimenten (Grobsande und Kiese) verfiltert. Die 23 zur Überprüfung dieser Informationen analysierten Bohrungen aus der Datenbank des LAGB zeigen dazu im Zustromgebiet lithologisch homogene Lagerungsverhältnisse an. Das an der Verteilung der Grundwassergleichen erkennbar hydraulische Gefälle ist ebenfalls deutlich ausgeprägt. Im Ergebnis ergibt sich daher eine relativ rasche Grundwasserströmung und eine Gesamtließzeit von der Einzugsgebietsgrenze bis zur Messstelle von nur acht Jahren, fast ausschließlich in der gesättigten Zone.

Die Messstelle Cheine-Güte (s. Abb. 11) ist von 14 bis 16 Meter Tiefe in Feinsanden und Mittelsanden ausgebaut. Die 13 analysierten Bohrungen des LAGB zeigen an, dass in Richtung des Zustromes zur Messstelle ein Wechsel in gröbere Sedimente (Grobsanden) stattfindet. Dies wurde durch einen Wechsel der verwendeten Durchlässigkeitsbeiwerte berücksichtigt. Im Ergebnis ergibt sich – auch aufgrund des deutlich niedrigeren hydraulischen Gefälles im Vergleich zur Messstelle Hassel – eine erkennbar längere Fließzeit von 316 Jahren.

Die Karte in Abb. 12 zeigt das Ergebnis der Ausweisung für den Standort Brumby. Hier ist die Messstelle in drei bis fünf Meter auch in gut durchlässigen Lockersedimenten (Mittel- und Grobsande) verfiltert. Im Zustrom ist anhand der acht analysierten Bohrungen aus der Datenbank des LAGB jedoch erkennbar, dass ein lithologisch und geohydraulisch markanter Wechsel zu einem Festgestein (Schluffstein) im Zustromgebiet mit einem signifikant niedrigeren Durchlässigkeitsbeiwerte stattfindet. Zudem ist der hydraulische Gradient im Bereich der Grundwasserscheide nur noch äußerst gering, wodurch sich die sehr lange Gesamtließzeit bis zur Messstelle ergibt, obwohl das Zustromgebiet selber nicht eine entsprechende Ausdehnung hat.

In Knapendorf-Bündorf (s. Abb. 13) ist die Messstelle des LHW ebenfalls in einem Festgestein, hier einem Feinsandstein ausgebaut. Ein Wechsel der Lithologie konnte im Zustromgebiet nicht festgestellt werden. Der hydraulische Gradient zeigt mittlere Verhältnisse an, so dass die berechnete Gesamtließzeit im Vergleich zu Brumby entsprechend deutlich geringer ausgeprägt ist



Bestimmung der Zustromgebiete relevanter Grundwassermessstellen als Grundlage der Abgrenzung der §13 Gebiete nach Düngeverordnung im Land Sachsen-Anhalt

Nitratwerte der Grundwassermessstellen (LHW) (Mittelwerte 2012 - 2017)

- 37.5 - 50 mg/l mit steigendem Trend
- > 50 mg/l
- Standsmessstellen
- ausgewertete Bohrdaten (LAGB)
- Grundwassergleichen (m NHN)
- ← Fließrichtung Grundwasser
- 5 Grundwasserstromlinie mit Angabe der Fließzeit inklusive Sickerwasserverweilzeit (in Jahren) zur Messstelle
- Zustromgebiet

Flächennutzung nach Corine 2012

- Siedlungs-/Verkehrsfläche
- Ackerfläche
- Grünland
- Natürliches Grünland, Sümpfe
- Wald
- Gewässer

© GeoBasis-DE / BKG <2018> (Daten aggregiert)

8 Hydrogeologische Bezugseinheiten
Ziffer siehe Generallegende

Thematische Kartengrundlage: Daten des LHW und des LAGB Sachsen-Anhalt
Topografische Kartengrundlage: DTK 50

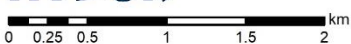
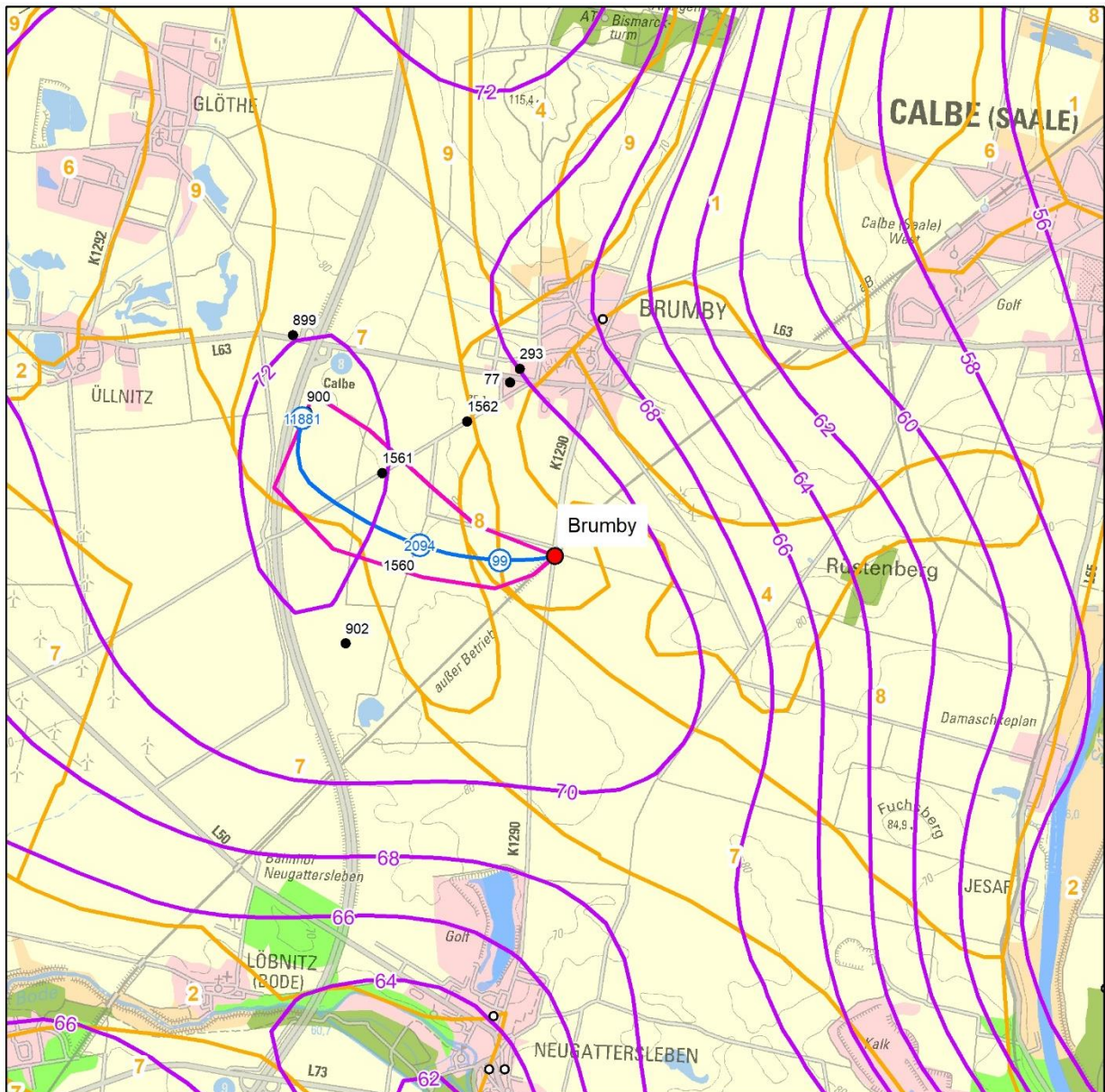


Abb. 11: Darstellung des für die LHW-Messstelle Cheine ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch inhomogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Lockergestein



Bestimmung der Zustromgebiete relevanter Grundwassermessstellen als Grundlage der Abgrenzung der §13 Gebiete nach Düngeverordnung im Land Sachsen-Anhalt

Nitratwerte der Grundwassermessstellen (LHW) (Mittelwerte 2012 - 2017)

- 37.5 - 50 mg/l mit steigendem Trend
- > 50 mg/l
- Standsmessstellen
- ausgewertete Bohrdaten (LAGB)
- Grundwassergleichen (m NHN)
- ← Fließrichtung Grundwasser
- 5 — Grundwasserstromlinie mit Angabe der Fließzeit inklusive Sickerwasserverweilzeit (in Jahren) zur Messstelle
- Zustromgebiet

Flächennutzung nach Corine 2012

- Siedlungs-/Verkehrsfläche
- Ackerfläche
- Grünland
- Natürliches Grünland, Sümpfe
- Wald
- Gewässer

© GeoBasis-DE / BKG <2018> (Daten aggregiert)

8 **Hydrogeologische Bezugseinheiten**
Ziffer siehe Generallegende

Thematische Kartengrundlage: Daten des LHW und des LAGB Sachsen-Anhalt
Topografische Kartengrundlage: DTK 50



Abb. 12: Darstellung des für die LHW-Messstelle **Brumby** ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch inhomogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Locker- und Festgestein



Bestimmung der Zustromgebiete relevanter Grundwassermessstellen als Grundlage der Abgrenzung der §13 Gebiete nach Düngeverordnung im Land Sachsen-Anhalt

Nitratwerte der Grundwassermessstellen (LHW) (Mittelwerte 2012 - 2017)

- 37.5 - 50 mg/l mit steigendem Trend
- > 50 mg/l
- Standsmessstellen
- ausgewertete Bohrdaten (LAGB)
- Grundwassergleichen (m NHN)
- ← Fließrichtung Grundwasser
- ⑤ Grundwasserstromlinie mit Angabe der Fließzeit inklusive Sickerwasserverweilzeit (in Jahren) zur Messstelle
- Zustromgebiet

Flächennutzung nach Corine 2012

- Siedlungs-/Verkehrsfläche
- Ackerfläche
- Grünland
- Natürliches Grünland, Sümpfe
- Wald
- Gewässer

© GeoBasis-DE / BKG <2018> (Daten aggregiert)

8 Hydrogeologische Bezugseinheiten
Ziffer siehe Generallegende

Thematische Kartengrundlage: Daten des LHW und des LAGB Sachsen-Anhalt
Topografische Kartengrundlage: DTK 50



Abb. 13: Darstellung des für die LHW-Messstelle Knapendorf ausgewiesenen Zustromgebietes mit lithologisch homogener Ausprägung der ungesättigten Zone im Festgestein

4.3 Grundwasserkörperbezogener Vergleich der messstellenbezogenen ausgewiesenen Zustromgebiete mit Berechnungsdaten zur flächenhaften Nitratbelastung

Am Beispiel des Grundwasserkörpers SAL GW 014 sei exemplarisch auf den Größenvergleich der ausgewiesenen Zustromgebiete mit den geostatistisch ermittelten Belastungsgebieten von Nitrat mit einer Konzentration > 50 mg/l (HYDOR 2018a) hingewiesen. Abb. 14 dokumentiert den

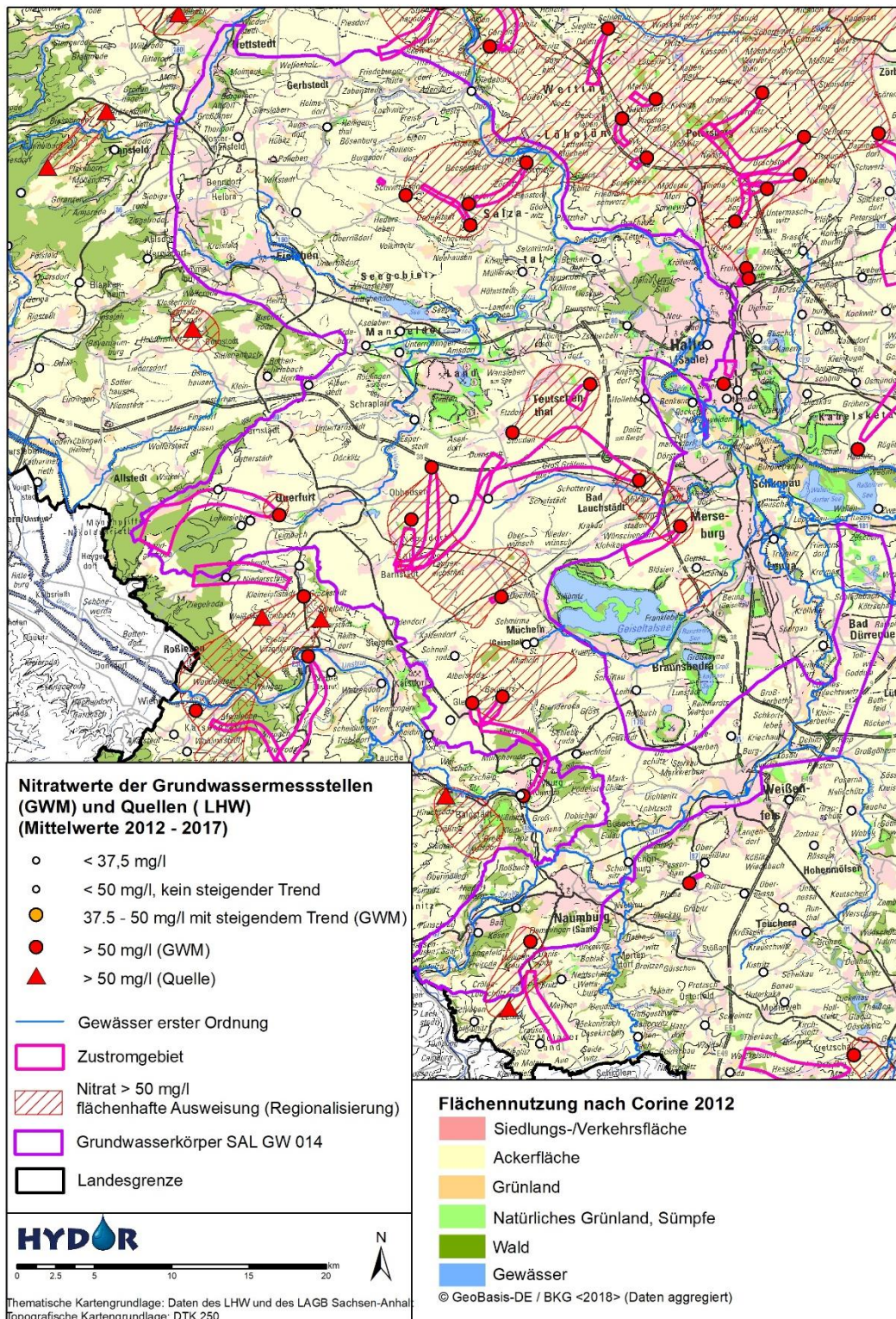


Abb. 14: Kartografischer Vergleich der im GWK SAL 014 ausgewiesenen Zustromgebiete mit den dort berechneten Gebieten mit einer Nitratbelastung > 50 g/L (HYDOR 2018a)

Zusammenhang als Übersichtskarte und Tabelle 1 die daraus resultierenden Größenverhältnisse tabellarisch:

Tabelle 1: Vergleich der Flächengrößen im GWK SAL 014 ausgewiesenen Zustromgebiete mit den dort berechneten Gebieten mit einer Nitratbelastung > 50 g/L (nach HYDOR 2018a)

(Teil-)fläche	Größe [km ²]	Anteil
SAL GW 014	1.236	100 %
<=50 mg/l	1.089	88 %
>50 mg/l	148	12 %
Zustromgebiete	51	4 %

Der Grundwasserkörper SAL GW 014 im Süden von Sachsen-Anhalt ist insgesamt 1.236 km² groß. Im Ergebnis der geostatistischen Regionalisierung der punktuell an den Grundwassermessstellen des LHW gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser in eine flächenhafte Übersicht (HYDOR 2018b) zeigte sich, dass 88 % der Fläche (1.089 km²) nicht mit Nitrat belastet sind. Die übrigen 12 % der Fläche des Grundwasserkörpers (148 km²) sind in der Karte mit einer roten Schraffur dargestellt (Anm.: die Schraffuren erstrecken sich außerhalb der Grenzen des Grundwasserkörpers, da die Regionalisierung landesweit durchgeführt worden war).

Zu den 13 der insgesamt 47 Grundwassermessstellen (zwei davon sind Quellen) innerhalb des Grundwasserkörpers mit (durchschnittlich in den Jahren 2012 bis 2017) gemessenen Nitratgehalten > 37,5 mg/l und gleichzeitig steigenden Trends umfassen die Zustromgebiete dagegen summarisch eine Flächengröße von nur etwa 51 km², also etwa ein Drittel der geostatistisch ermittelten Belastungsgebiete.

4.4 Resumé

Innerhalb der Flächenkulisse der ausgewiesenen Zustromgebiete kann aufgrund der genutzten geohydraulischen Parameter sowie der angewandten Methode der numerischen Grundwasserströmungsmodellierung mit einer ungleich höheren Wahrscheinlichkeit im Vergleich zu den geostatistisch berechneten Flächen davon ausgegangen werden, dass Maßnahmen des Grundwasserschutzes sich – mit entsprechender Zeitverzögerung aufgrund der Gesamtlieflzeiten – im Grundwasser, das an der Messstelle gewonnen wird, bemerkbar machen.

Je nach Lage der Maßnahme im Zustromgebiet bzw. Entfernung zur Messstelle wird die Verbesserung des Grundwasserzustandes rascher oder später eintreten. Dafür sind die in den jeweiligen Übersichtskarten im Anhang 1 markierten Fließzeiten eine erste Orientierungshilfe.

Es wird empfohlen, die ausgewiesenen Zustromgebiete für eine Binnendifferenzierung der Grundwasserkörper im schlechten Zustand nach § 13 der DüV (2017) zu verwenden. Ergänzend können sie auch als Monitoring-Gebiete zur Bewertung des Erfolges von landwirtschaftsbezogenen Grundwasserschutzmaßnahmen i. S. eines Wirkungsmonitorings zukünftig gehandhabt werden.

5. Literaturverzeichnis

- Appel, D. & W. Habler (2002): Quantifizierung der Wasserdurchlässigkeit von Gesteinen als Voraussetzung für die Entwicklung von Kriterien zur Grundwasserbewegung Phase 2: Auswertung der Datensätze für die Kriterienentwicklung.- Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte, Hannover.
- BAH - Büro für Angewandte Hydrologie (2015): Ermittlung hydrologischer Bemessungs-/Bewirtschaftungsgrundlagen für das Land Sachsen-Anhalt auf der Basis des Wasserhaushaltsmodells ArcEGMO (Version 2014). Hrsg: Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Nr. 1 / 2015
- DüV (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung), Bgbl. Teil I, Nr. 32 vom 1.6.2017.
- EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt Nr. L 327; S. 1 – 73
- FUGRO (2016): Aktualisierung des landesweiten Grundwasserkatasters.- Bericht der FUGRO Consult GmbH an den LHW Sachsen-Anhalt, Berlin (unveröff.).
- GCI (2008): GCI Stromer - Berechnen und Darstellen von Strom-, bzw. Bahnlinien, Isochronen und Geschwindigkeitsvektoren.- Version 1.5, Königs Wusterhausen.
- G.U.T (2014): Ermittlung von Einzugsgebieten für zum Monitoring genutzte Quellen. Bericht der G.U.T. (Gesellschaft für Umweltsanierungstechnologien mbH) an den LHW Sachsen-Anhalt, Merseburg (unveröff.).
- GrwV (2017): Verordnung zum Schutz des Grundwassers, Bundesgesetzblatt Nr. 56 vom 15.11.2010, Teil 1, S. 1513 – 1529; zuletzt geändert 2017, Bundesgesetzblatt Nr. 24 vom 09.05.2017, Teil 1, S. 1044 – 1047
- Hannappel, S., Köpp, C. & T. Bach (2018): Charakterisierung des Nitratabbauvermögens der Grundwasserleiter in Sachsen-Anhalt.- Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie, Springer Verlag, Heidelberg, <https://doi.org/10.1007/s00767-018-0402-7>.
- Hölting, B. & W. G. Coldewey (2009): Hydrogeologie.- 7. Auflage, Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg.
- HYDOR (2017): Charakterisierung der Milieubedingungen im Grundwasser als Voraussetzung für die Quantifizierung des Nitratabbauvermögens.- Bericht der HYDOR Consult GmbH an den Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Berlin (unveröff.).
- HYDOR (2018a): Erarbeitung eines Regionalisierungsverfahrens zur Bewertung des chemischen Zustands von Grundwasserkörpern nach EG-WRRL und zur Ermittlung der flächenhaften Ausdehnung von Grundwasserbelastungen (17/N/0949/MD).- Bericht der HYDOR Consult GmbH an den Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Berlin (unveröff.).
- HYDOR (2018b): Pilothafte Ausgrenzung der § 13-Gebiete nach Düngeverordnung im Grundwasserkörper „SAL GW 014“- Bericht der HYDOR Consult GmbH für die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG), 10.12.2018, Berlin (unveröff.).
- Kunkel, R. & F. Wendland (1999): Das Weg-/Zeitverhalten des grundwasserbürtigen Abflusses im Elbeeinzugsgebiet.- Hrsg.: Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt, Band 19, ISBN 3-89336-249-5.
- LAWA (2016): Kurzanleitung für die messstellenbezogene Ermittlung von Fließ- und Verweilzeiten.- Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Ermittlung von Verweilzeiten und Denitrifikation in der ungesättigten und gesättigten Zone, Consulaqua Hamburg (Entwurf).
- Nährstoffkonzept ST 2015- 2021 (2013): Fortschreibung des Konzeptes zum Umgang mit Nährstoffeinträgen in die Gewässer Sachsen-Anhalts (Nährstoffkonzept 2015 - 2021).- Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Magdeburg
- Reutter, E. (2011): Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens.- Herausgeber: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Geofakten 21, Hannover.
- Golden Software (2010): Surfer Version 9, Surface Mapping System, Aug. 2010.- Golden Software Inc., USA.
- Voigt (1987): Nutzerrichtlinie Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR 1 : 50 000.- Hrsg.: Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.).
- WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist

Impressum:

Schriftenreihe der LLG, Heft 3/2019

Herausgeber: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg
Telefon: 03471/334 0
Fax: 03471/334 105
E-Mail: Poststelle@llg.mule.sachsen-anhalt.de
web-Seite: <http://www.llg.sachsen-anhalt.de>

Redaktion: Dr. Matthias Schrödter
Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg

Abbildung Titelseite: HYDOR

ISSN: 2511-5855

September 2019

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Nachdruck, Vervielfältigung und Nutzung, auch auszugsweise, ist nur unter Quellenangabe gestattet.

Die Veröffentlichung kann im Internet unter www.llg.sachsen-anhalt.de heruntergeladen werden. 15

