# Trinkwasserschutzgebietsverfahren

## der Schaumburger Trinkwasser-Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH für die Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden sowie der Stadtwerke Rinteln für die Quellfassung Deckbergen

# Hydrogeologisches Gutachten

Auftraggeber: **Geries Ingenieure GmbH**
Kirchberg 12
37130 Gleichen-Reinhausen

**Stadtwerke Rinteln GmbH**
Bahnhofsweg 6
31737 Rinteln

Bearbeiter: **CONSULAQUA Hildesheim**
Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg
Beratungsgesellschaft mbH
Bördestraße 3
31135 Hildesheim

Dipl.-Geol. Michael **Bruns**
M. Sc. Geow. Bettina **Meyer**
M. Sc. Geow. Björn **Stiller**

Projektnummer: 53612

Hildesheim, im Juli 2020 pdf-Ausfertigung

# Inhaltsverzeichnis

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... 4**

**TABELLENVERZEICHNIS ..... 6**

**ANLAGENVERZEICHNIS ..... 7**

**1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG ..... 9**

**2 DATENGRUNDLAGEN ..... 10**

**3 NATURRÄUMLICHE VERHÄLTNISSE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES ..... 15**

3.1 ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES ..... 15
3.2 MORPHOLOGISCHER ÜBERBLICK ..... 16
3.3 REGIONALGEOLOGISCHER ÜBERBLICK ..... 16
3.4 GEOLOGISCHER / HYDROGEOLOGISCHER ÜBERBLICK ..... 17
3.5 SPEZIELLE GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE NÖRDLICH DER WASSERGEWINNUNG ENGERN ..... 20
3.6 BODENKUNDLICHE VERHÄLTNISSE ..... 26
3.7 KLIMADATEN UND GRUNDWASSERNEUBILDUNG ..... 27
*3.7.1 Niederschlagsentwicklung ..... 27*
*3.7.2 Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet ..... 30*
*3.7.3 Grundwasserneubildung ..... 30*
3.8 FLIEßGEWÄSSER ..... 35
*3.8.1 Oberflächengewässernetz ..... 35*
*3.8.2 Pegel an Fließgewässern, Wasserstände der Weser ..... 37*
3.9 STILLGEWÄSSER ..... 39
3.10 ALTLASTVERDACHTSFLÄCHEN ..... 40
3.11 FÖRDERBRUNNEN UND FÖRDERMENGEN ..... 42
*3.11.1 Förderbrunnen der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH ..... 42*
*3.11.2 Sonstige Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet ..... 47*
*3.11.3 Quelle Deckbergen ..... 48*
3.12 GRUNDWASSERMESSSTELLEN ..... 51
3.13 STANDROHRSPIEGELHÖHEN UND GRUNDWASSERREAKTIONEN ..... 52
3.14 GRUNDWASSERSTRÖMUNGSRICHTUNGEN ..... 55

**4 AKTUALISIERUNG DES HYDROGEOLOGISCHEN STRUKTURMODELLS ..... 57**

**5 NUMERISCHES GRUNDWASSERSTRÖMUNGSMODELL ..... 59**

5.1 ABGRENZUNG DES MODELLGEBIETS ..... 59
5.2 AUSSAGEGEBIET ..... 60
5.3 MODELLIERUNGSKONZEPT UND BEARBEITUNGSSCHRITTE ..... 61
5.4 AKTUALISIERTE PARAMETRIERUNG DES MODELLS ..... 62
*5.4.1 Horizontale Diskretisierung ..... 62*
*5.4.2 Vertikale Diskretisierung ..... 63*
*5.4.3 Randbedingungen ..... 65*
5.5 KALIBRIERUNG ..... 69
*5.5.1 kf-Wert-Verteilungen ..... 69*
*5.5.2 Grundwasserneubildung ..... 74*
5.6 PRÜFUNG DES NUMERISCHEN GRUNDWASSERMODELLS ..... 75

*5.6.1 Abweichungen zwischen gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen ..... 75*
*5.6.2 Wasserbilanzen / Numerische Fehler ..... 81*
5.7 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES NUMERISCHEN GRUNDWASSERMODELLS ..... 82

**6 PROGNOSEN MIT DEM NUMERISCHEN GRUNDWASSERSTRÖMUNGSMODELL ..... 83**

6.1 RAHMENBEDINGUNGEN ..... 83
*6.1.1 Fördermengen und Fördermengenverteilung ..... 83*
*6.1.2 Erweiterung des Kiesabbaus ..... 84*
*6.1.3 Weitere Rahmenbedingungen ..... 84*
6.2 BERECHNUNGSERGEBNISSE ..... 85
*6.2.1 Grundwasserbilanzen ..... 85*
*6.2.2 Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserfließrichtungen ..... 86*
*6.2.3 Grundwasserflurabstände ..... 87*
6.3 GRUNDWASSEREINZUGSGEBIETE ..... 88
*6.3.1 Begriffserläuterungen ..... 88*
*6.3.2 Methodik zur Ermittlung der Grundwassereinzugsgebiete für die Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden ..... 90*
*6.3.3 Methodik für die Quelle Deckbergen ..... 91*
*6.3.4 Lage, Größe und Bilanzen der Grundwassereinzugsgebiete ..... 91*
6.4 50-TAGE-FLIEßZEITZONEN ..... 96
*6.4.1 Methodik ..... 96*
*6.4.2 50-Tage-Fließzeitzonen der WG Engern ..... 96*
*6.4.3 50-Tage-Fließzeitzonen der WG Ahe ..... 97*
*6.4.4 50-Tage-Fließzeitzone der WG Kohlenstädt ..... 97*
*6.4.5 50-Tage-Fließzeitzonen der WG Großenwieden ..... 97*
*6.4.6 50-Tage-Fließzeitzonen der Quelle Deckbergen ..... 98*

**7 GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG ..... 99**

7.1 EINFLUSS VON WESERWASSER-INFILTRAT AUF DIE FÖRDERWASSERQUALITÄT DER FASSUNG AHE ..... 99
7.2 EINFLUSS VON ALTLASTEN AUF DIE FÖRDERWASSERQUALITÄT ..... 106

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan des Untersuchungsgebietes ... 15
Abbildung 2: Hydrogeologische Teilräume im Untersuchungsgebiet (rot umrandet) [U5] ... 17
Abbildung 3: Geologische Karte GK 25 [U5] ... 19
Abbildung 4: Schematischer Nord-Süd-Profilschnitt durch das Untersuchungsgebiet in Höhe der Wassergewinnung Engern ... 20
Abbildung 5: Schematischer Profilschnitt nördlich der Fassung Engern ... 21
Abbildung 6: Schichtenverzeichnis und Ausbauprofil der neuen Grundwassermessstelle Steinbergen-1 ... 24
Abbildung 7: Paläogeographische Rekonstruktion des Weser- und Leine-Eisstausees (verändert nach [U8]) ... 25
Abbildung 8: Niederschlagshöhen DWD-Stationen Bückeburg, Lemgo und Rinteln-Volksen (ab Juli 2006) [U11] sowie Station Kläranlage Hessisch Oldendorf [U12], Zeitraum 2000 - 2018 ... 29
Abbildung 9: Niederschlagsentwicklung 2000 - 2018 an den DWD-Stationen Bückeburg und Lemgo [U11] sowie an der Station Kläranlage Hessisch Oldendorf [U12] (Vergleich mit langjährigen Mittelwerten 1981-2010) ... 29
Abbildung 10: Langjährige Niederschläge (Mittel 1981 – 2010) im Untersuchungsgebiet ... 30
Abbildung 11: Grundwasserneubildungsraten nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT (1980) im Unter- suchungsgebiet (Niederschlagszeitreihe 1961-1990) [U5] ... 32
Abbildung 12: Grundwasserneubildungsraten nach mGROWA im Untersuchungsgebiet [U5] . 33
Abbildung 13: Grundwasserneubildungsraten nach mGROWA18 im Untersuchungsgebiet [U5] ... 34
Abbildung 14: Oberflächengewässer, Pegel und Wasserkörpereinzugsgebiete nach EG-WRRL [U4] im Untersuchungsgebiet ... 36
Abbildung 15: Ganglinie der Wasserspiegelhöhen Weserpegel Rinteln Jan. 2000 – Aug. 2019 [U16] ... 37
Abbildung 16: Flächen des Kiesabbaus im Luftbild (Quelle: Google) ... 39
Abbildung 17: Altlastverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet [U5] ... 40
Abbildung 18: Förderbrunnen im Untersuchungsgebiet und deren Betreiber ... 42
Abbildung 19: Fördermengen der WG Engern 2000 – 2019 ... 44
Abbildung 20: Fördermengen der WG Ahe 2000 – 2019 ... 44
Abbildung 21: Fördermengen der WG Kohlenstädt 2000 – 2019 ... 45
Abbildung 22: Fördermengen der WG Großenwieden 2000 – 2019 ... 46
Abbildung 23: Fördermengen der WG Herrenteich 2003 – 2018 ... 47
Abbildung 24 Schematischer Profilschnitt im Bereich der Quelle Deckbergen (Grundlage aus [U18]) ... 49
Abbildung 25 Schematische Darstellung der Trinkwassergewinnung Deckbergen (aus U18, U22] ... 50
Abbildung 26 Zulaufmengen in den Behälter Deckbergen aus der Quelle Deckbergen ... 50
Abbildung 27: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet ... 51

Abbildung 28: Ganglinie der Standrohrspiegelhöhen der neuen Messstelle Steinbergen-1 von Dezember 2017 bis August 2019 ... 55

Abbildung 29: Geologische Karte, Verbreitungsgrenze der Kames und verwendete Stützpunkte für die Interpolation ... 58

Abbildung 30: Abgrenzung des Modellgebiets ... 59

Abbildung 31: Aussagegebiet des Modells ... 61

Abbildung 32: Vertikale Diskretisierung des Modells ... 63

Abbildung 33: Räumliche Darstellung des Netzgitters ... 64

Abbildung 34: Randbedingungen des numerischen Modells ... 65

Abbildung 35: Randbedingungen der Gewässer ... 67

Abbildung 36: $k_f$-Werte in den Layern 1 + 2 ... 71

Abbildung 37: Horizontale $k_f$-Werte in den Layern 3 - 5 ... 72

Abbildung 38: $k_f$-Werte im Layer 6 ... 73

Abbildung 39 $k_f$-Werte in den Festgesteins-Layern 7 - 9 ... 74

Abbildung 40: Scattergramm für alle Grundwassermessstellen (Mittelwerte 2016 - 2018) ... 78

Abbildung 41: Cluster Diagramm für alle 115 Grundwassermessstellen (Mittelwerte 2016 - 2018) ... 79

Abbildung 42: Prozentuale Fördermengenanteile der Einzelbrunnen ... 83

Abbildung 43: Geplante Erweiterung des Kiesabbaus (schraffierte Flächen) ... 84

Abbildung 44 Prinzipskizze zur Begriffserläuterung ... 88

Abbildung 45 Gemeinsame Darstellung von Grundwassergleichen, Einzugsgebieten und unteren Kulminationspunkten ... 89

Abbildung 46 Geologische Verhältnisse im Bereich der Quelle Deckbergen auf Grundlage der digitalen geologischen Karte GK 25 [U 5] ... 93

Abbildung 47 Lage des Einzugsgebiets der Quelle Deckbergen (gelb schraffiert) ... 94

Abbildung 48 Vorschlag für die Abgrenzung der Zone II im Einzugsgebiet Quelle Deckbergen ... 98

Abbildung 49: Grundwasserzustrom zur Fassung Ahe, Mittelwerte Zeitraum 2016 - 2018 ... 100

Abbildung 50: Entwicklung der Chloridkonzentrationen der Förderbrunnen der WG Ahe und Gegenüberstellung der monatlichen Fördermenge der beiden Förderbrunnen 101

Abbildung 51: Vergleich der Entwicklung der Chloridkonzentrationen ausgewählter weser-naher Messstellen mit der Entwicklung des Weserpegels ... 102

Abbildung 52: Grundwasserzustrom zur Fassung Ahe, „Prognose-Variante“ ... 105

Abbildung 53: Altlastverdachtsflächen innerhalb der Einzugsgebiete der Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden ... 106

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wesentliche Vorfluter im Untersuchungsgebiet ... 36
Tabelle 2: Pegel im Untersuchungsgebiet ... 37
Tabelle 3: Wasserstände am Pegel Rinteln [U15] ... 38
Tabelle 4: Wasserstände am Pegel Hameln-Wehrbergen [U15] ... 38
Tabelle 5: Auflistung der Altlastverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet ... 41
Tabelle 6: Bestehende und ausgelaufene Wasserrechte der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH [U1; U2; U3] ... 43
Tabelle 7: Übersicht über die Entnahmemengen der Wasserfassungen der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH im Kalibrierzeitraum 2016 - 2018 und Gegenüberstellung mit den vorangegangenen Kalibrierzeiträumen 2005 - 2009 und WWJ 2014 ... 47
Tabelle 8: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet [U16] ... 51
Tabelle 9: Strukturmodelleinheiten und hydrostratigraphische Zuordnung ... 57
Tabelle 10: $k_f$-Wert-Verteilung als Ergebnis der aktualisierten Kalibrierung ... 70
Tabelle 11: Statistik der Abweichungen, stationäre Kalibrierung (Zeitraum 2016 – 2018) ... 77
Tabelle 12: Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Modellgebiet (Mittelwerte 2016 – 2018) ... 81
Tabelle 13: Fördermengen je Einzelgewinnung gem. Wasserrecht ... 83
Tabelle 14: Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Modellgebiet (Prognosevariante) 85
Tabelle 15: Auflistung der Altlastverdachtsflächen innerhalb der Einzugsgebiete der Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden ... 107

# Anlagenverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| Anlage 1 | Lageplan (Übersichtsplan) | M 1 : 25.000 |
| Anlage 2 | Bohr-/Ausbauprofile der Brunnen | |
| Anlage 2.1.1 bis 2.1.10 | Bohr /Ausbauprofile der Brunnen Wassergewinnung Engern | |
| Anlage 2.2.1 und 2.2.2 | Bohr /Ausbauprofile der Brunnen Wassergewinnung Ahe | |
| Anlage 2.3 | Bohr /Ausbauprofil des Brunnens Wassergewinnung Kohlenstädt | |
| Anlage 2.4.1 bis 2.4.3 | Bohr /Ausbauprofile der Brunnen Wassergewinnung Großenwieden | |
| Anlage 3 | Höhen-, Mächtigkeits- und Verbreitungskarten | |
| Anlage 3.1 | Geländehöhen | M 1 : 30.000 |
| Anlage 3.2 | Verbreitung und Mächtigkeit der Deckschichten (Quartär) | M 1 : 30.000 |
| Anlage 3.3 | Verbreitung und Mächtigkeit der quartärzeitlichen Grundwasserleiter | M 1 : 30.000 |
| Anlage 3.4 | Gesamtmächtigkeit des Quartärs | M 1 : 30.000 |
| Anlage 3.5 | Höhenlage der Quartärbasis | M 1 : 30.000 |
| Anlage 4 | Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen ausgewählter Grundwasser-messstellen | |
| Anlage 4.1 | Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen P 029, P 043, P 147, Weser | |
| Anlage 4.2 | Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen P 213 a P 213b | |
| Anlage 4.3 | Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen P 037, P 148, Weser | |
| Anlage 4.4 | Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen P 209, P 230, P 234, P 235, Weser | |
| Anlage 5 | Räumliche Verteilung der Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen (Modellaktualisierung: Mittel-werte 2016 - 2018) | M 1 : 30.000 |
| Anlage 6 | Modellberechnete Grundwasserneubildung, Mittelwerte 2016 - 2018 (Modellaktualisierung) | M 1 : 30.000 |
| Anlage 7 | Standrohrspiegelhöhen, Flurabstandsplan | |
| Anlage 7.1 | Plan gleicher Standrohrspiegelhöhen, Mittelwerte des Zeitraums 2016 bis 2018, Messwerte | M 1 : 30.000 |
| Anlage 7.2 | Plan gleicher Standrohrspiegelhöhen, Förderung nach Wasserrecht, modellberechnet | M 1 : 30.000 |
| Anlage 7.3 | Flurabstandsplan, Förderung nach Wasserrecht, modellberechnet | M 1 : 30.000 |
| Anlage 8 | Ergebnisse der Modellberechnungen, Einzugsgebiete | |
| Anlage 8.1 | Abgrenzung der Einzugsgebiete, Förderung nach Wasserrecht, mo-dellberechnet | M 1 : 25.000 |
| Anlage 8.2.1 | 50-Tage-Fleißzeitzonen WG Engern, Förderung gem. Wasserrecht, modellberechnet | M 1 : 5.000 |
| Anlage 8.2.2 | 50-Tage-Fleißzeitzonen WG Ahe, Förderung gem. Wasserrecht, modellberechnet | M 1 : 5.000 |

| | | |
|---|---|---|
| Anlage 8.2.3 | 50-Tage-Fleißzeitzonen WG Kohlenstädt, Förderung gem. Wasser recht, modellberechnet | M 1 : 5.000 |
| Anlage 8.2.4 | 50-Tage-Fleißzeitzonen WG Großenwieden, Förderung gem. Wasserrecht, modellberechnet | M 1 : 5.000 |

# 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Für die Wassergewinnungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft sind nach Bewilligung der neuen Wasserrechte im Juni 2017 **[U1, U2]** die Trinkwasserschutzgebiete zu novellieren.

Bisher sind die beiden Wasserschutzgebiete Engern / Ahe (beinhaltet Teile der Wassergewinnung Kohlenstädt) sowie Großenwieden ausgewiesen **[U3]**.

Am 28.03.2019 wurde die CONSULAQUA Hildesheim (CAH) auf Grundlage des Angebotes vom 04.07.2018 von der Fa. Geries Ingenieure GmbH beauftragt, das zur Neuausweisung der Trinkwasserschutzgebiete notwendige hydrogeologische Gutachten zu erarbeiten. Auf Grundlage des Angebots vom 15.05.2020 wurde die CAH zusätzlich durch die Stadtwerke Rinteln GmbH beauftragt, die Quelle Deckbergen in das hydrogeologische Gutachten mit einzubeziehen.

Nach gemeinsamer Absprache mit den Kreisen Schaumburg und Hameln-Pyrmont am 31.05.2018 in Stadthagen beinhaltet dieses Gutachten:

- die Darstellung und Bewertung der naturräumlichen Verhältnisse: Morphologie, Geologie, Hydrogeologie, Gewässer, Klima und Grundwasserneubildung, Entwicklung der Grundwasserstände.
- die Ermittlung und Abgrenzung des unterirdischen Grundwassereinzugsgebiets und der Grundwasserfließzeiten für die Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden bei vollständiger Ausnutzung der bestehenden Wasserrechte mithilfe des aktualisierten numerischen Grundwassermodells. Für die Quellfassung Deckbergen der Stadtwerke Rinteln GmbH wird ebenfalls ein Einzugsgebiet ermittelt bzw. es wird in die Berechnung des Gesamteinzugsgebiets der Wassergewinnungen mit einbezogen.
- die Bewertung der Gefährdung der Förderwasserqualität durch den Einfluss von Weserwasser-Infiltrat (insbesondere Fassung Ahe) und ggf. durch bekannte Altlasten auf Grundlage der vorhandenen Datenlage.

Für die Untersuchungen wurde das im Rahmen des Wasserrechtsverfahrens aufgebaute numerische Grundwassermodell anhand neuer hydrogeologischer Erkenntnisse sowie den mittleren Grundwasserströmungsverhältnissen der Zeitraums 2016 – 2018 (im Folgenden Kalibrierzeitraum genannt) aktualisiert.

Das beauftragte hydrogeologische Gutachten dient jeweils als Anlage für die von der Fa. Geries Ingenieure GmbH zu erstellenden Wasserschutzgebietsanträge Engern/Ahe/Kohlenstädt, Großenwieden und Deckbergen bzw. den zugehörigen Erläuterungsberichten.

Der Vorentwurf des hydrogeologischen Gutachtens wurde am 11.06.2020 in Bückeburg im Rahmen einer Präsenz-/Videobesprechung mit den Fach- und Genehmigungsbehörden diskutiert und inhaltlich abgestimmt **[U23]**.

Die Endfassung des hydrogeologischen Gutachtens wird hiermit vorgelegt.

# 2 Datengrundlagen

**[U 1] Unterlagen des Landkreis Schaumburg:**

Bewilligungsbescheid gemäß §§ 8, 9 und 14 WHG zur Grundwasserentnahme für die öffentliche Wasserversorgung aus den Brunnen der Fassungen Engern (1.800.000 m³/a), Ahe (800.000 m³/a) und Kohlenstädt (500.000 m³/a); Az.: 67 81 00/03 Engern vom 20.06.2017; Stadthagen.

Wasserrechtliche Erlaubnis gemäß §§ 3, 4 und 10 NWG zur Entnahme von Grundwasser aus dem Brunnen Kohlenstädt (700.000 m³/a); Az.: 67 81 00/03 vom 13.05.1996, befristet bis 31.12.2016; Stadthagen.

Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Wassergewinnungsanlage „Bohrberg“ im Landkreis Schaumburg vom 23.12.2009; Stadthagen.

Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Wassergewinnungsanlage Roter Born im Landkreis Schaumburg vom 25.06.2014; Stadthagen.

Wasser- und Heilquellenschutzgebiete im Landkreis Schaumburg; Stand 07/2014, Stadthagen.

Wasserrechtliche Erlaubnis gem. § 10 NWG zur Grundwasserentnahme aus der Tiefbohrung 6 „Kleine Heide 2“ der riha Richard Hartinger Getränke GmbH (Az.: 678420/3 TB6) vom 19.09.2005

Neufassung des Wasserrechts gem. §§ 8 und 9 WHG mit Wirkung ab 01.11.2017 zur Grundwasserentnahme für die Getränkeproduktion für den Tiefbrunnen 1 („Kleine Heide 1“) und die Waldquelle der riha Wesergold Getränke GmbH & Co. KG (Az.: 678420/03) vom 19.10.2017)

Wasserrechtliche Erlaubnis gem. §§ 8 und 9 WHG zur Grundwasserentnahme aus dem Brunnen Heinekamp 3 der Stadtwerke Rinteln GmbH, (Az.: 678100/03) vom 25.09.2017

**[U 2] Unterlagen des Landkreis Hameln-Pyrmont:**

Bewilligungsbescheid gemäß §§ 8,9 und 10 des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts der Wassergewinnungsanlage Großenwieden (1.500.000 m³/a) in der Gemarkung Großenwieden zum Zweck der Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung; Az.: 52.11-510/7-08/17-21 vom 21.06.2017; Hameln.

Zulassung des vorzeitigen Beginns gemäß § 17 WHG zur Entnahme von Grundwasser aus den Brunnen der Fassung Großenwieden (1.200.000 m³/a); Az.: 43.1-23/7-8-ka-stD vom 01.07.2010; Hameln.

**[U 3] Unterlagen der Bezirksregierung Hannover:**

Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes „Engern-Ahe“ im Landkreis Schaumburg vom 28.10.1977; Az.: 502/503.11 – 62013-014-; Hannover.

Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes Großenwieden im Landkreis Hameln-Pyrmont vom 15.10.1999; Hannover.

Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes „Rumbeck“ im Landkreis Hameln-Pyrmont und im Landkreis Schaumburg vom 04.02.1982; Az.: 502.6-62013/02/06/02; Hannover.

Bewilligungsbescheid gemäß § 13 NWG zur Entnahme von Grundwasser aus den Brunnen der Fassungen Engern und Ahe (3.000.000 m³/a); Az.: 502.6/502.10-62011-07-02-02 vom 22.01.1986, befristet bis zum 31.12.2016; Hannover.

**[U 4] Unterlagen des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (NMU):**

WMS-Dienste des Kartenservers (www.umwelt.niedersachsen.de): Daten zu Wasserschutzgebieten, Wasserkörpereinzugsgebieten nach WRRL (Stand 12/2019); Hannover.

**[U 5] Unterlagen des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG):**

NIBIS-Kartenserver (www.lbeg.niedersachsen.de): z.B. Daten zu Altlastenverdachtsflächen (Stand 12/2019); Hannover.

WMS-Dienste des Kartenservers (www.lbeg.niedersachsen.de): z.B. Daten zu geologischen Karten, hydrogeologische Karten, Bodenkarten, Bodennutzung etc.; Hannover (Stand 12/2019).

Digitale Daten zur Bodenkarte BÜK 50 (Blätter L3720 Stadthagen, L3920 Rinteln) und Access-Datenbank; Datenlieferung vom 27.02.2014 (Az.: L3.3/L68610-03/2014-0023/004).

Digitale Geologische Karte GK 25 (Blätter 3720 Bückeburg, 3721 Auetal, 3820 Hessisch-Oldendorf, 3821 Rinteln); Datenlieferung vom 27.02.2014 (Az.: L3.3/L68610-03/2014-0023/004).

Digitale Daten zur Grundwasserneubildung nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT (Mittel 1961 – 1990); Datenlieferung vom 12.08.2014.

Digitale Daten HK50 Grundwasserneubildung nach GROWA06V2; Datenlieferung vom 27.02.2014 (Az.: L3.3/L68610-03/2014-0023/004).

Digitale Daten zur Grundwasserneubildung nach mGROWA; Datenlieferung vom 23.07.2014 (Az.: L3.3/L68610-03/2014-0074/002).

Digitale Daten HK50 - Grundwasserneubildung nach mGROWA18; Datenlieferung vom 11.10.2019.

Stammdatentabelle Grundwassermessstellen der IG Weser; E-Mail vom 28.02.2014.

HERRMANN et al. (2013): Zeitlich und räumlich hochaufgelöste flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Niedersachsen mit dem Model mGROWA; HW 57.2013, H.5.

GeoBerichte 3 – Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen, Bearbeiter Elbracht, J. & Meyer, R. & Reutter, E.; 121 S., 42 Abb.; Hannover, Mai 2017.

GeoBerichte 10 – Grundwasserneubildung in Niedersachsen; 64 S., 19 Abb., Anh.; Hannover, September 2010.

GeoBerichte 12 – Mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Grundwasserneubildung in Niedersachsen, Bearbeiter: T. Wixwat; 80 S., 45 Abb., 8 Tab.; Hannover, April 2009.

GeoBerichte 15 – Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen, Bearbeiter Eckl, H. & Raissi, F.; 99 S., 39 Abb., 10 Tab., Anh.; Hannover, September 2009.

GeoFakten 1 – Hydrogeologische und bodenkundliche Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme, Bearb. Josopait, V. & Raissi, F., 6 S., 4 Abb.; Hannover 2008.

GeoFakten 8 – Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen, Bearbeiter Neuß, M. & Dörhöfer, G.; 10 S., Hannover, November 2000.

GeoFakten 21– Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens, Bearbeiter Reutter, E.; 11 S., Hannover, Februar 2011.

Verfahrensweise zur Abschätzung des Nutzbaren Dargebots von Grundwasserkörpern und seine Aufteilung auf die Teilkörper der unteren Wasserbehörden; Hannover, 25.11.2014.

**[U 6]** **CONSULAQUA Hildesheim Geo-Infometric (2016):** Hydrogeologisches Gutachten zum Wasserrechtsverfahren der Schaumburger Trinkwasser-Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH für die Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden; Hildesheim.

**[U 7]** **CONSULAQUA Hildesheim Geo-Infometric (2018):** Fachtechnische Begleitung der Erkundungs- und Messstellenbohrung Steinbergen-1 im Einzugsgebiet der Wassergewinnung Engern; Hildesheim [unveröff.].

**[U 8]** **Winsemann, J.; Brandes, C.; Polom, U.; Weber, C. (2011):** Depositional architecture and palaeogeographic significance of Middle Pleistocene glaciolacustrine ice marginal deposits in northwestern Germany: a synoptic overview. – Quaternary Science Journal, Volume 60: 212 - 235, www.qaternary-science.net.

**[U 9]** **Ing.-Büro Dr. Köhler & Dr. Pommerening (2008):** Hydrogeologisches Gutachten – Grundwasserverhältnisse im Bereich der geplanten Abbauerweiterung Werkstattbereich im Steinbruch Steinbergen.- 27 S., 7 Anl.; Harsum [unveröff.].

**[U 10]** **Ing.-Büro Dr. Köhler & Dr. Pommerening (2015):** Hydrogeologisches Gutachten – Grundwassermonitoring im Steinbruch Steinbergen Mai 2014 – Mai 2015.- 8 S., 1 Anl.; Harsum [unveröff.].

**[U 11]** **Unterlagen des Deutschen Wetterdienstes (DWD):**

Messdaten über FTP-Server (Monatsniederschläge, langjährige Monats- und Jahresmittel 1981-2010) von den Klimastationen Bückeburg (Stations-ID 769) (Zeitraum Jan. 1978 – Aug. 2019), Lemgo (Stations-ID 2936) (Zeitraum Jan. 1961 – Aug. 2019), Rinteln-Steinbergen (Stations-ID 4210) (Zeitraum Jan. 1931 – Juli 2006) und Rinteln-Volksen (Stations-ID 7425) (Zeitraum Aug. 2006 – Aug. 2019); Download vom 28.11.2014: ftp://ftp-cdc.dwd.de bzw. vom 26.09.2019: https://cdc.dwd.de/portal.

Rasterdaten vieljähriger Niederschlagsmittel für Gebiete in Deutschland (Mittel 1981 – 2010); Download vom 28.04.2015: www.dwd.de.

**[U 12]** Messdaten (Monatsniederschläge 1979 – 2018) von der Messstation Kläranlage Hessisch-Oldendorf; September 2019.

**[U 13]** **Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN):** ATKIS-Daten, Digitales Geländemodell (DGM5 und DGM50), Gewässer; Datenlieferung vom 19.02.2014 (Az. V01 122515), Hannover.

**[U 14] Unterlagen des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN):**

Digitale Daten der Gewässereinzugsgebiete, Unterlagen zum Abflusspegel Uchtdorf (Exter) (Tageswerte 2001 – 2012: Wasserstände und Abflussdaten), Unterlagen zu Querbauwerken im Untersuchungsgebiet; Datenlieferung vom 15.04.2014.

Aquainfo-Projektdatei (Stammdaten, Wasserstände) von Landesmessstellen; Datenlieferung vom 12.05.2014.

**[U 15]** Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (2019): Daten zum Pegel Rinteln (Wasserstände, langjährige Mittelwerte); Download vom 07.10.2019 – Elektronischer Wasserstraßen-Informationsservice (ELWIS) (https://www.elwis.de/).

Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (2019): Daten zum Pegel Hameln-Wehrbergen (Wasserstände, langjährige Mittelwerte); Download vom 07.10.2019 – Elektronischer Wasserstraßen-Informationsservice (ELWIS) (https://www.elwis.de/).

**[U 16] Unterlagen der GERIES Ingenieure – Büro für Standorterkundung GmbH:**

Aktuelle Aquainfo-Datenbank (Stammdaten, Wasserstände zu Grundwassermessstellen, Gewässerpegeln und Förderbrunnen sowie Fördermengen und Analysen Förderbrunnen); September 2019.

Digitale Topografische Karte DTK25 Blätter 3720 Bückeburg, 3721 Auetal, 3820 Hessisch-Oldendorf, 3821 Rinteln; Datenlieferung vom 03.12.2013.

Jahresbericht 2012 zur Grundwasserförderung für die Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH; Juni 2013.

Jahresbericht 2012 zur Grundwasserförderung für die Fassung Großenwieden der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH; Juni 2013.

Jahresbericht 2016 zur Grundwasserförderung für die Fassungen, Engern, Ahe, Kohlenstädt Großenwieden der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH; Juni 2017.

Jahresbericht 2017 zur Grundwasserförderung für die Fassungen, Engern, Ahe, Kohlenstädt Großenwieden der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH; Juni 2018.

Jahresbericht 2018 zur Grundwasserförderung für die Fassungen, Engern, Ahe, Kohlenstädt Großenwieden der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH; Juni 2019.

Kurzbeschreibung zur Durchführung eines Pumpversuchs in den Brunnen Ahe 1 und Ahe 2 der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH; Juni 2013.

Hydrogeologisches Gutachten zum Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung für die Förderbrunnen Großenwieden der Stadtwerke Schaumburg-Lippe GmbH; Februar 2010.

Bodenkundliche Stellungnahme zum Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung für die Förderbrunnen Großenwieden der Stadtwerke Schaumburg-Lippe GmbH; Januar 2010.

Gutachterliche Stellungnahme zur allgemeinen Vorprüfung nach UVPG im Rahmen des wasserrechtlichen Bewilligungsverfahrens für die Förderbrunnen Großenwieden der Stadtwerke Schaumburg-Lippe GmbH; Januar 2010.

Abschlussbericht Pumpversuch Ahe (Juni 2013 bis Februar 2016), Februar 2016.

**[U 17] Erweiterung des Kiesabbaus „Neelhof“ der Fa. D. Eggersmann Nachf. e. K.**

Consulaqua Hildesheim Geo-Infometric (2015): Berechnungen zur geplanten Erweiterung der Kiesabbauflächen „Neelhof“ der AHE Schaumburger Weserkies GmbH D. Eggersmann Nachf. e. K.). Vortrag, gehalten anlässlich einer Besprechung am 04.05.2015 im Kieswerk Engern.

Kortemeier Brockmann (2015): Ergebnisvermerk zur Besprechung am 04.05.2015 zum „geplanten Kiesabbau „Neelhof“ in der Gemarkung Ahe, Fluren 1, 2 und 7, D. Eggersmann Nachf. e. K.“.

**[U 18] Ing.-Büro Dr. Köhler & Dr. Pommerening (2013):** Erläuterungsbericht zum Antrag auf Änderung der Wasserrechtlichen Erlaubnis für die Quelle Deckbergen. - 27 S., 8 Anl.; Hessisch Oldendorf.

**[U 19] Unterlagen des DVGW-Regelwerkes:**

Technische Regel – Arbeitsblatt W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser; Bonn, Februar 2006.

Technische Regel – Arbeitsblatt W 107: Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten; Bonn, Februar 2016.

Technische Regel, Arbeitsblatt W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten; Bonn, Dezember 2003

Technische Regel, Arbeitsblatt W 150: Beweissicherung für Grundwasserentnahmen der Wasserversorgung; Bonn.

**[U 20] Consulaqua Hildesheim Geo-Infometric (2015):** Variantenberechnung für die Fassung Ahe; Hildesheim [unveröff.].

**[U 21] Unterlagen der Stadtwerke Rinteln:**

Jahresberichte 2013 – 2019 gem. der Wasserrechtlichen Erlaubnis ab dem 12.11.2013 für die Entnahme von Grundwasser aus der Quelle Deckbergen (Zuleitung in den Hochbehälter Deckbergen)

**[U 22] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.:** DIN 4049-3, Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie, Berlin, 1994

**[U 23] Ergebnisprotokoll** des Abstimmungstermins WSG-Verfahren WW Engern am 11.06.2020 in Bückeburg (Präsenz-/Video-Konferenz), erstellt durch Geries Ingenieure GmbH

# 3 Naturräumliche Verhältnisse des Untersuchungsgebietes

## 3.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über die Landkreise Schaumburg im Norden und Westen sowie Hameln-Pyrmont im Südosten und besitzt eine West-Ost-Ausdehnung von 11 km sowie eine Nord-Süd-Ausdehnung von 7,5 km. Es umfasst somit eine Größe von 82,5 km² (siehe Abbildung 1und **Anlage 1**).

Die Westgrenze verläuft von Süden nach Norden entlang der Ortschaften Krankenhagen, Exten, der Stadt Rinteln bis zur Bundesautobahn 2. Die nördliche Begrenzung des Untersuchungsgebietes verläuft nördlich der Höhenzüge des Weserberglandes in etwa parallel zum Verlauf der Bundesautobahn 2 über die Ortschaften Luhden, Buchholz und Bernsen bis südlich von Rehren. Die Ostgrenze verläuft über die Ortschaften Rohden und Hessisch Oldendorf über den Verlauf der Weser hinaus. Die südliche Abgrenzung wurde entlang der Ortschaften Rumbeck und Uchtdorf bis Krankenhagen vorgenommen.

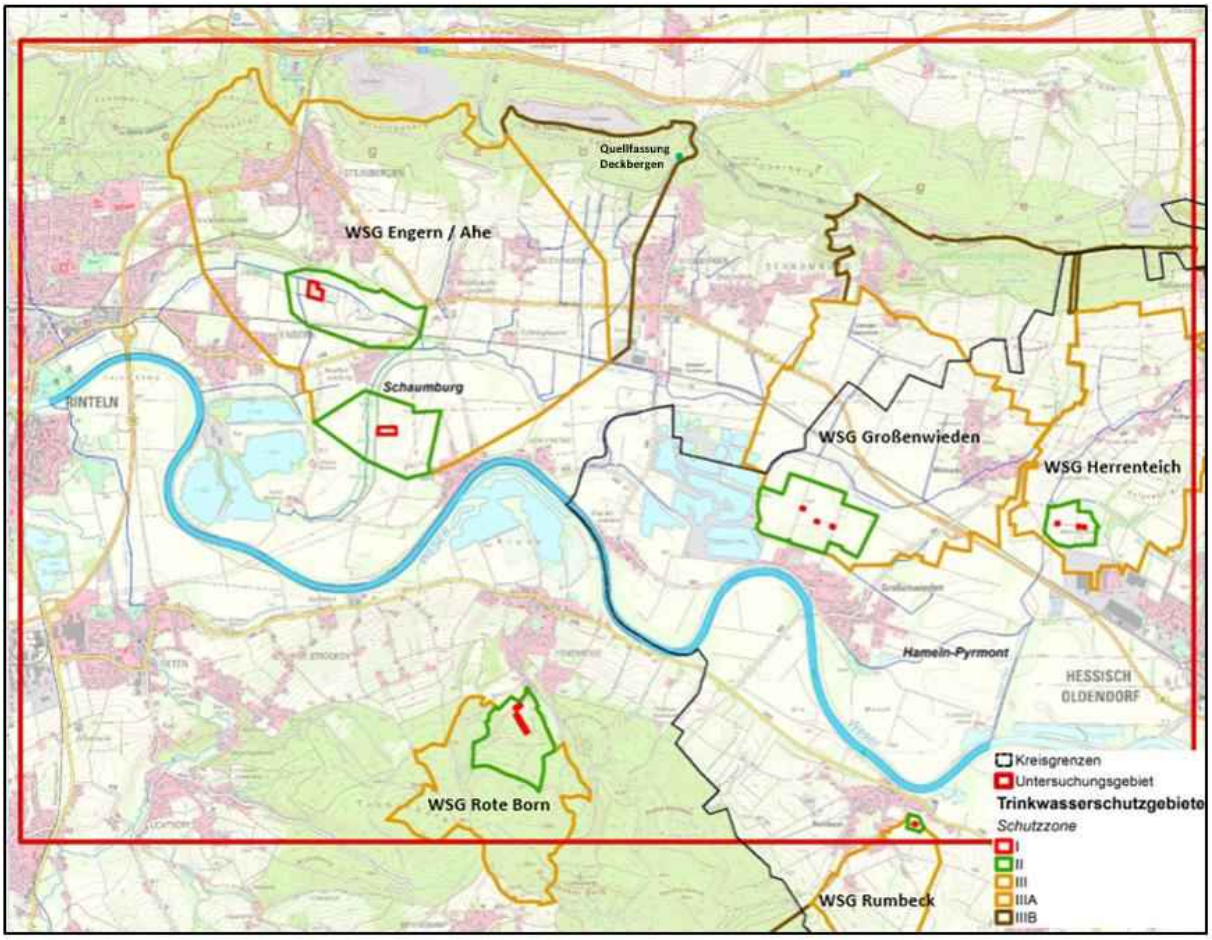



**Abbildung 1: Lageplan des Untersuchungsgebietes**

Die bisher ausgewiesenen Wasserschutzgebiete (WSG) Engern / Ahe (beinhaltet Teile der Wassergewinnung Kohlenstädt) sowie Großenwieden sind vollständig durch das Untersuchungsgebiet abgedeckt. Die WSG Herrenteich (Ostrand) und Rote Born (Südrand) liegen

größernteils, aber nicht vollständig innerhalb des Untersuchungsgebiets. Weiterhin liegt ein kleiner Anteil des WSG Rumbeck im Untersuchungsgebiet **[U1, U4]**.

## 3.2 Morphologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt im nördlichsten Bereich des Tals der Oberweser und ist naturräumlich der Rinteln-Hamelner Wesertalung innerhalb des Oberen Weserberglandes zuzuordnen. Die Weser biegt im Raum Hameln - Hess. Oldendorf entlang des Riegels des Wesergebirges von einem generellen Nord – Süd zu einem Ost – West – Verlauf um, durchfließt im Bereich Rinteln das Untersuchungsgebiet mäandrierend nach Westen und biegt westlich des Untersuchungsgebietes bei Vlotho nach Norden zum Weserdurchbruch bei Porta Westfalica um.

Die Wassergewinnungsgebiete Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden befinden sich nördlich der Weserschleifen.

Die Talniederung der Weser fällt im Untersuchungsgebiet von ca. 60 m NHN im Osten auf ca. 50 m NHN im Westen ab. In der Talniederung sind mehrere Altarme vorhanden, die zum Teil durch Staumaßnahmen im 17. Jahrhundert trockengelegt wurden und bei Hochwasser reaktiviert werden. Aus neuerer Zeit stammen zahlreiche Kiesabbaue. Nach erfolgter Auskiesung bleiben Seen zurück. Die Niederungen des Wesertals besitzen nördlich der Weser eine durchschnittliche Breite von 1,5 km.

Etwa auf der Linie der Ortschaften Hessisch Oldendorf – Welsede – Deckbergen – Westendorf – Steinbergen – nördlich Rinteln verläuft der topografisch deutlich abgesetzte Übergang zwischen Wesertal und Wesergebirge. Die sich anschließenden Höhenzüge des Wesergebirges steigen auf Höhen von 200 m bis 300 m NHN, auf dem Möncheberg bis 327 m NHN an. Weiter nach Norden schließt sich das Tal der Bückeburger Aue an und die Höhen fallen auf etwa 150 m NHN ab.

Südlich der Weser ist nur eine schmale Talniederung ausgebildet. Die Geländehöhen steigen schon etwa nach 100 m an. Hier reichen die nördlichsten Ausläufer des Lipper Berglands, die ebenfalls Höhen von über 200 – 300 m NHN erreichen, bis fast an die Weser. Die höchste Erhebung im Süden des Untersuchungsgebiets ist der Rumbecker Berg (334 m NHN).

## 3.3 Regionalgeologischer Überblick

Nach GeoBerichte 3 des LBEG **[U5]** befindet sich das Betrachtungsgebiet innerhalb des Hydrogeologischen Großraums Nr. 05 „Mitteldeutsches Bruchschollenland“ sowie im hydrogeologischen Raum Nr. 051 „Nordwestdeutsches Bergland“. Im Bereich des Untersuchungsgebietes erfolgt der Übergang vom niedersächsischen Flachland im Norden zum mitteldeutschen Bruchschollenland im Süden. Dieser Übergang kann sowohl morphologisch als auch durch den Wechsel von überwiegender Locker- zur Festgesteinsverbreitung charakterisiert werden. Zwar steht das Festgestein z.T. schon recht nahe an der Oberfläche an, wird aber noch z.T. von pleistozänen Ablagerungen überdeckt. Das Deckgebirge im niedersächsischen Bergland besteht überwiegend aus mesozoischen Sedimentgesteinen, die seit dem Jura zunehmend

tektonischen Beanspruchungen ausgesetzt waren. Die Schichten wurden zu Sätteln und Mulden gefaltet und an zahlreichen Störungen zerbrochen. Motor dieser so genannten Bruchschollentektonik waren ebenfalls durch Gesteinsdruck mobil gewordene Steinsalzablagerungen, die in die überlagernden Gesteine eindrangen. Daraus ergibt sich ein sehr uneinheitlicher und komplizierter Aufbau des Untergrundes.

## 3.4 Geologischer / hydrogeologischer Überblick

Innerhalb des hydrogeologischen Raumes "Nordwestdeutsches Bergland" lässt sich das Untersuchungsgebiet drei hydrogeologischen Teilräumen zuordnen (siehe Abbildung 2):

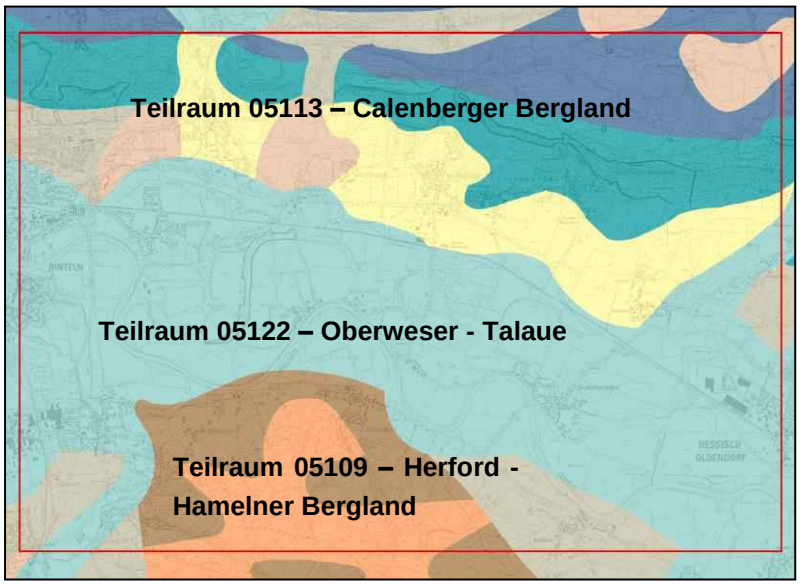



**Abbildung 2: Hydrogeologische Teilräume im Untersuchungsgebiet (rot umrandet) [U5]**

Teilraum 05122 – Oberweser - Talaue:

Das zentrale Untersuchungsgebiet umfasst den Teilraum 05122 – Oberweser-Talaue.

Hierbei handelt es sich um die unmittelbare Weserniederung, in der sich die Wassergewinnungsgebiete Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden befinden. Der Untergrund ist hier im Wesentlichen durch eine Dreiteilung charakterisiert.

Oberflächig sind etwa 1 m bis 5 m Meter mächtige holozäne Auelehme abgelagert worden. Diese bilden einen Grundwassergeringleiter.

Darunter folgen die weichselzeitlich abgelagerten Sande und Kiese der Nieder- und Mittelterrasse. Diese quartärzeitlichen Sedimente bilden einen gut bis sehr gut durchlässigen Grundwasserleiter, aus dem die Grundwasserförderung erfolgt. Die Terrassensande und –kiese sind im Wesertal mit unterschiedlichen Mächtigkeiten, die von wenigen Metern bis über 20 m reichen, ausgebildet. Im Nahbereich der Weser sind sie oftmals am größten. Mit zunehmender Entfernung zur Weser ist der Grundwasserleiter geringmächtiger ausgebildet.

So sind die Mächtigkeiten in der nördlich gelegenen Fassung Engern mit ca. 5 m bis 7,5 m am geringsten. Die übrigen Fassungsbereiche liegen näher zur Weser. In den Gewinnungsgebieten Kohlenstädt und Großenwieden werden Mächtigkeiten von 8 m bis 12 m erreicht. Die wassererfüllten Mächtigkeiten der Fassung Ahe sind dagegen im Bereich einer Urweserrinne mit 14 m bis 18 m wesentlich größer. Westlich der Fassung Ahe werden maximale Mächtigkeiten von über 20 m erreicht.

Die Gesamtmächtigkeit des Quartärs beträgt damit bis zu ca. 25 m. Die Quartärbasis wird durch gering wasserdurchlässige Tonsteine (Festgestein) des Unteren Jura (Lias) gebildet. Sie befindet sich im Bereich der Weserniederung auf Höhen zwischen 30 m NHN und 50 m NHN und steigt, der Morphologie folgend, nach Norden und Süden an.

Neben den Flussablagerungen sind auch Hang- und Schwemmablagerungen sowie Schmelzwasserablagerungen (Kames) ausgebildet. Diese liegen direkt den mesozoischen Festgesteinen auf.

<u>Teilraum 05113 – Calenberger Bergland:</u>

Der nördliche Teil des Untersuchungsgebietes umfasst den Teilraum 05113 – Calenberger Bergland. In diesem Teilraum befindet sich die Quelle (Quellfassung) Deckbergen. Etwa auf der Linie der Ortschaften Hessisch Oldendorf – Welsede – Deckbergen – Westendorf – Steinbergen – nördlich Rinteln verläuft der Übergang zu diesem hydrogeologischen Teilraum. Der Terrassenrand zwischen Nieder- und Mittelterrasse ist als Geländestufe topografisch deutlich abgegrenzt.

Nördlich der Fassung Engern steigt das Gelände von der Niederterrassenebene um ca. 20 m als Steilhang an, am Hangfuß tritt Grundwasser aus den Kames-Ablagerungen von Steinbergen in die Niederterrasse über. Hier sind in einer Linie Quellen ausgebildet, in denen ein Teil des Grundwassers zu Tage tritt, in einem kleinen, hangparallelen Graben abfließt, aber zu einem großen Teil auch wieder in den Terrassensanden versickert.

In diesem Übergangsbereich sind quartäre Ablagerungen wie Lößlehm und saalezeitlicher Drenthe-Geschiebelehm mit Mächtigkeiten von bis zu 15 m verbreitet.

Nach Norden zum Bergland keilt das Quartär aus und Ablagerungen des Jura treten an die Oberfläche. An den Hangflächen sind Kalksteine des mittleren Dogger und Schiefertone des Oberen Dogger ausgebildet, während der Wesergebirgskamm von den als Schichtrippe herauspräparierten, stark geklüfteten bzw. verkarsteten Kalksteinen des Unteren Malm aufgebaut wird.

<u>Teilraum 05109 – Herford-Hamelner Bergland:</u>

Südlich grenzen an die Weserniederung die Höhenzüge des Lippischen Berglands an, die hier vorwiegend aus sandigem Festgestein des oberen Keuper (Rät) und dolomitischen Gesteinen des mittleren Keuper (Steinmergelkeuper) bestehen.

Die prinzipiellen Untergrundverhältnisse im Untersuchungsgebiet mit den drei beschriebenen Teilräumen werden durch die Übersichtskarte in Abbildung 3 und den schematischen Profilschnitt (Prinzip) in Abbildung 4, der in Höhe der Wassergewinnung Engern von Norden nach Süden durch das Wesertal verläuft, ersichtlich.

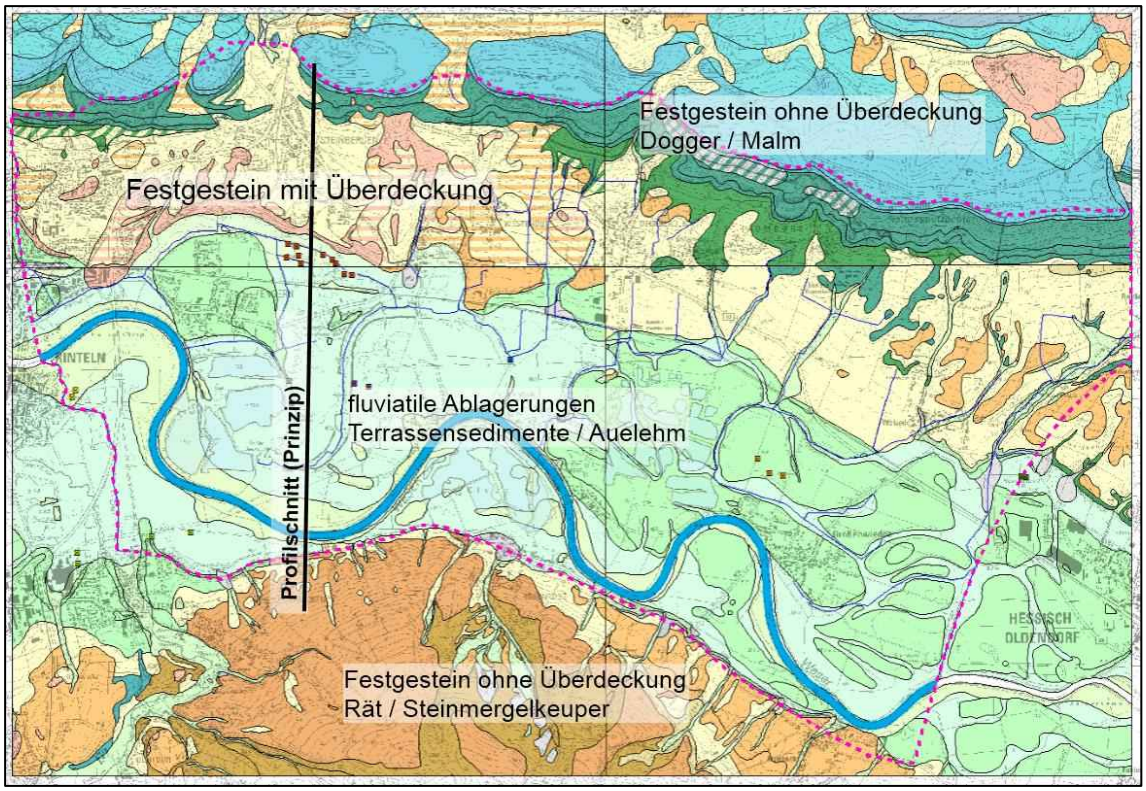



**Abbildung 3: Geologische Karte GK 25 [U5]**

In diesem Profilschnitt sind, ebenfalls schematisch, die Grundwasserströmungsverhältnisse eingetragen.

Die Gesteine des Dogger und des Rät sind insgesamt als mäßig durchlässig zu bezeichnen. Höhere Wasserwegsamkeiten sind im Bereich höherer Klüftungen und Zerrüttungszonen zu erwarten. Die Gesteine des Lias sind dagegen gering durchlässig, sie wirken als Grundwasserhemmer.

Nördlich der Wassergewinnung Engern werden die Gesteine des Dogger und des Lias durch z. T. mehrere 10er-Meter mächtige Kames-Ablagerungen überlagert, die in hydraulischer Verbindung zur Talniederung der Weser stehen. Diese Erkenntnis lieferte die im November 2017 erstellte Messstelle Steinbergen-1. In Kapitel 3.5 wird ausführlicher auf die speziellen geologischen Verhältnisse nördlich der Wassergewinnung Engern eingegangen.

Von beiden Bergflanken strömt das Grundwasser innerhalb des Festgesteins bzw. der Kames-Ablagerungen auf das Wesertal zu. Es tritt seitlich in den Quartär-Aquifer des Wesertals über. Der Lias-Tonstein verhindert einen wesentlichen Grundwasserzutritt über die Basis des Quartär-Aquifers.

Die Weser bildet, zumindest bei Niedrig- und Mittelwasserverhältnissen die Vorflut. Bei Hochwasser gibt die Weser zeitweilig Wasser in den Quartär-Aquifer ab.

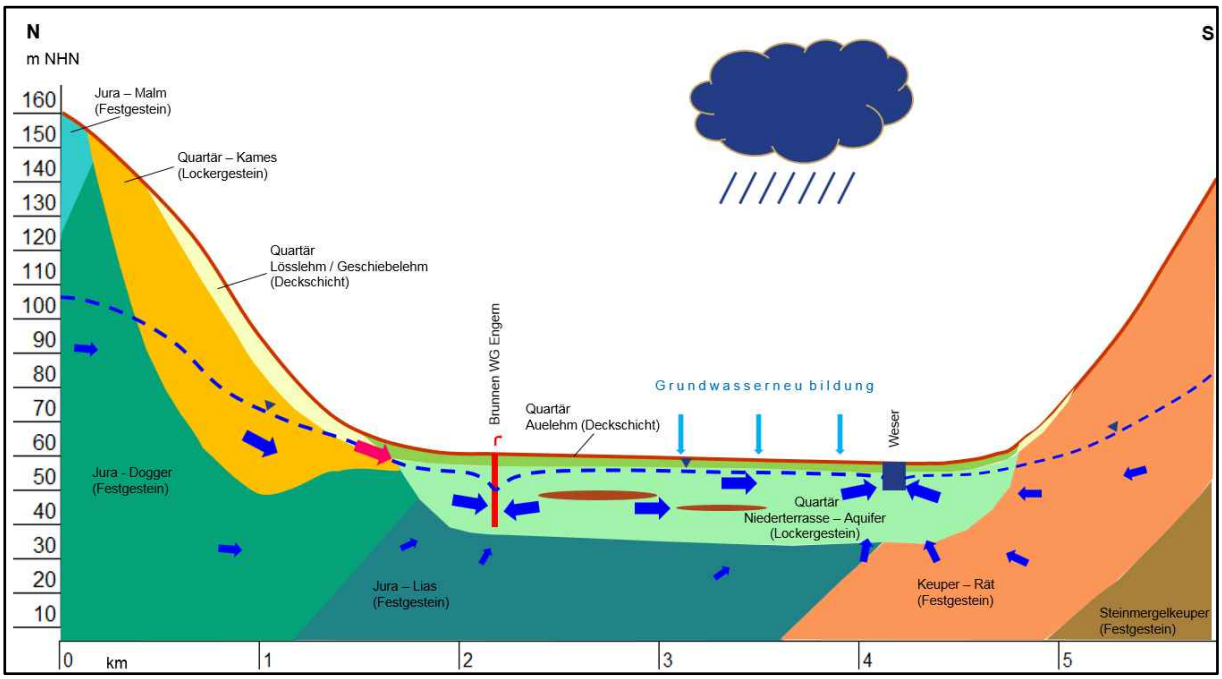



**Abbildung 4: Schematischer Nord-Süd-Profilschnitt durch das Untersuchungsgebiet in Höhe der Wassergewinnung Engern**

Somit setzt sich das Grundwasservorkommen im Quartär-Aquifer im Wesentlichen aus folgenden Komponenten zusammen:

- Grundwasserneubildung aus Niederschlagswasser, das die Deckschichten durchsickert,
- Grundwasser aus den Kames-Ablagerungen, das von den Bergflanken zuströmt,
- Grundwasser aus dem Festgestein, das von den Bergflanken zusickert sowie
- Infiltratwasser aus der Weser zu Hochwasserzeiten.

Hinzu kommt noch Infiltratwasser aus den Gewässern, die an den Bergflanken entspringen, in Richtung Wesertal fließen und ihr Wasser innerhalb des Wesertals, zumindest in den Sommermonaten, an den Grundwasserleiter abgeben und weitgehend trockenfallen.

## 3.5 Spezielle geologische Verhältnisse nördlich der Wassergewinnung Engern

Nach den Erkenntnissen aus dem hydrogeologischen Gutachten zum Wasserrechtsantrag **[U6]**, die im Rahmen dieser Untersuchungen zur Neuausweisung der Trinkwasserschutzgebiete bestätigt wurden, strömt der Wassergewinnung Engern über 70 % der Fördermenge aus dem nördlich gelegenen Bereich zu (siehe 6.3.4). Daher war es notwendig, den Festgesteinsbereich nördlich der Fassung Engern näher zu untersuchen. Im Rahmen des hydrogeologischen Gutachtens zum Wasserrechtsantrag erfolgte eine Daten- und Literaturrecherche sowie eine Geländebegehung **[U6]**. Da in diesem Anstrombereich keine Grundwassermessstelle vorhanden war, wurde daran anschließend im November 2017 die neue Grundwassermessstelle „Steinbergen-1“ errichtet **[U7]**. Die Lage der Messstelle ist in **Anlage 1** dargestellt. Das aufgenommene Schichtenverzeichnis sowie das Ausbauprofil sind Abbildung 6 zu entnehmen.

Im Folgenden wird der Kenntnisstand, welcher sich aus den durchgeführten Untersuchungen ergibt, dargestellt.

Die generelle Schichtenfolge sowie die Grundwasserströmung zwischen der Fassung Engern und dem Messingsberg sowie dem projizierten Taleinschnitt bei der Arensburg im Norden zeigt der schematische Profilschnitt in Abbildung 5.

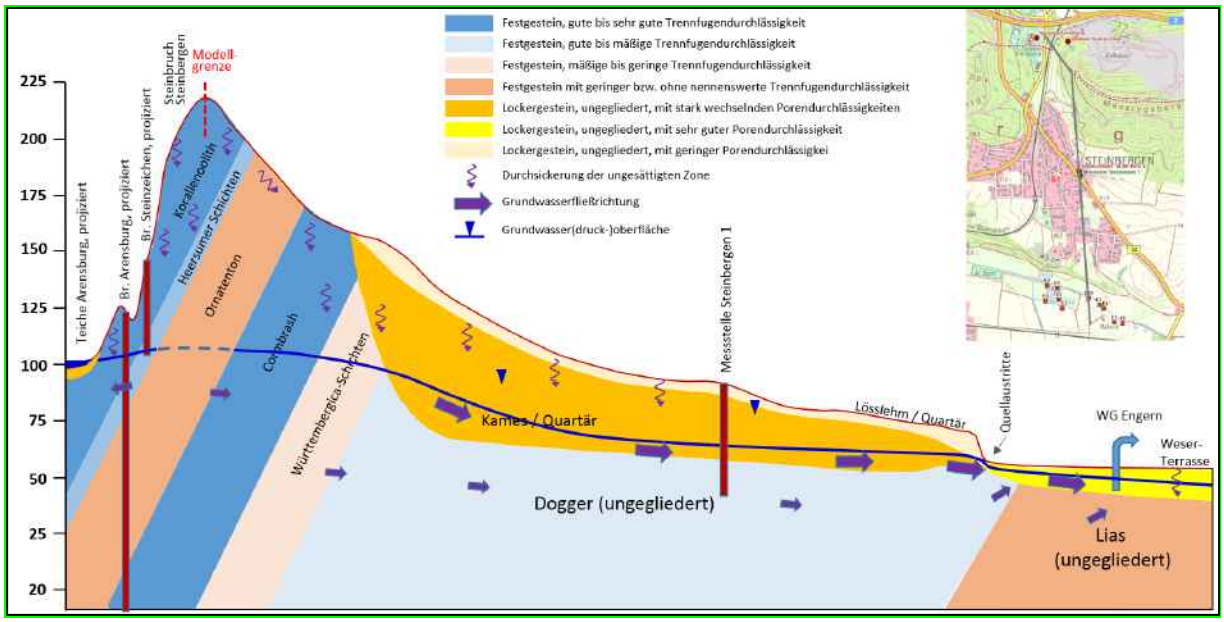



**Abbildung 5: Schematischer Profilschnitt nördlich der Fassung Engern**

Der Gebirgskamm (Messingsberg) wird durch Kalkstein, Kalksand- und Kalkmergelstein des Korallenooliths (Oberer Jura, Malm) aufgebaut. Die ca. 55 m mächtigen Schichten fallen mit ± 20º nach Norden ein und sind sehr stark geklüftet. Es kommen Störungszonen und karstartige Erweiterungen vor. Sie sind dadurch gut bis sehr gut wasserwegsam. Der Korallenoolith wird im Wiehengebirge in mehreren Steinbrüchen abgebaut, u. a. im Steinbruch Steinbergen **[U9].**

Im Liegenden folgen, ca. 15 m mächtige gut geklüftete mergelige Sandsteine und Mergelsteine der Heersumer Schichten (Oberer Jura, Malm), die ebenfalls gut wasserwegsam sind. Die Heersumer Schichten werden z. T. ebenfalls im Steinbruch Steinbergen abgebaut.

Der folgende, ca. 60 m mächtige, aus geklüftetem Tonstein bestehende Ornatenton (Mittlerer Jura, Dogger) ist insgesamt als Grundwassergeringleiter bis Grundwasserhemmer anzusehen.

Der aus Kalksandstein mit tonigen Zwischenlagen bestehende Cornbrash (Mittlerer Jura, Dogger) bildet einen gut wasserwegsamen Aquifer.

Die Württembergensis Schichten (Mittlerer Jura, Dogger) bestehen aus sandig- mergeligem Schiefer mit tonigen Kalksandsteinbänken und sind ein insgesamt nur mäßiger Grundwasserleiter.

Die im Liegenden folgenden, ungegliederten Schichten des Doggers (Mittlerer Jura) bestehen überwiegend aus sandigen Tonschiefern. Sie sind überwiegend als mäßiger, bei abschnittsweise stärkerer Klüftung aber auch als guter Grundwasserleiter anzusehen.

Die Tonsteine des Lias (Unterer Jura) stellen im Wesentlichen einen Grundwasserhemmer dar.

In den Gesteinen des Malms fließt das Grundwasser überwiegend nach Norden in Richtung Aue ab, während das Wasser im Dogger nach Süden in Richtung Weser und damit auch in Richtung der Fassung Engern abströmt.

Damit liegt der Steinbruch Steinbergen eindeutig nicht mehr im Zustromgebiet für die Wassergewinnung Engern. Gleiches gilt für alle Nutzungen, die geologisch oberhalb des Ornatentons liegen, wie z. B. die Teiche an der Arensburg und der Brunnen Steinzeichen (siehe Abbildung 5, Lage siehe **Anlage 1**). Die grundwasserhemmende Wirkung des Ornatentons „schützt“ diese Nutzungen auch vor möglichen Beeinflussungen der Standrohrspiegelhöhen durch die Grundwasserförderung in der Fassung Engern. Für den Brunnen Arensburg gelten diese Aussagen allerdings nicht. Er hat mit einer geloteten Teufe von über 80 m vermutlich den Ornatenton durchteuft und erschließt den Cornbash.

In Abbildung 5 sind die Grundwasserströmungsverhältnisse eingetragen. Es ist zu erkennen, dass sowohl der Gebirgskamm als auch die Lage des Ornatentons eine Grundwasserscheide verursachen. Unabhängig von dieser Grundwassersituation erscheint es sehr wahrscheinlich, dass aufgrund der Morphologie und der hohen Niederschläge im Kammbereich (siehe Kap. 3.7.2) oberflächennahes „Hangwasser“ an der Südflanke des Gebirgskamms, wie in Abbildung 5 angedeutet, in Richtung Süden abströmt. Hinsichtlich des Grundwasserdargebots bzw. der -bilanz ist es daher sinnvoll, die Grenze des Bilanzgebiets (siehe Kapitel 5.1) auf den Kamm des Wiehengebirges zu legen.

Zur Deckung der bereits seit vielen Jahrzehnen erfolgenden Grundwasserentnahme aus der Fassung Engern ist neben der beschriebenen Schichtenfolge die Verbreitung der im Folgenden beschriebenen Kames-Ablagerungen wesentlich.

Die Festgesteinsschichten werden lokal überlagert von Lockergesteinssedimenten. Im Bereich der Wassergewinnung Engern treten die sehr gut durchlässigen weichselzeitlich abgelagerten Sande und Kiese der Nieder- und Mittelterrasse der Weser auf. In nördlicher Richtung schließen sich an diese die gut durchlässigen Kames-Ablagerungen an, welche von geringmächtigem Lösslehm überdeckt sind. Sowohl die Weser-Kiese als auch die Kames-Ablagerungen stellen gute Grundwasserleiter dar.

Aus den in den Gebirgshang eingeschnittenen Kames-Ablagerungen kann Grundwasser in die im Tal verbreiteten Weser-Kiese übertreten Dadurch entsteht ein hinreichend großes Grundwasserdargebot, so dass die Grundwasserentnahme aus der Wassergewinnung Engern gedeckt ist.

Die Verbreitung der Kames-Ablagerungen nördlich der Fassung Engern konnte mithilfe der Erkundungs- und Messstellenbohrung Steinbergen-1 nachgewiesen werden. Das Schichtenverzeichnis sowie das Ausbauprofil sind aus Abbildung 6 ersichtlich. Die Bohrung dieser Messstelle hat damit das Verständnis über den hydrogeologischen Untergrundaufbau nördlich der

Fassung Engern wesentlich verbessert. Die in der Bohrung angetroffenen > 20 m mächtigen Kames-Ablagerungen stellten zwar hinsichtlich der Lokalität und Mächtigkeit eine Besonderheit dar, passen aber aus hydraulischer Sicht ins Gesamtbild der hydrogeologischen Untersuchungen zum Wasserrechtsantrag der Wassergewinnung Engern, die eine Zone erhöhter Wasserwegsamkeit im Bereich des Taleinschnitts Steinbergen postulierten **[U6]**.

Kames sind am Südhang des Wesergebirges vielerorts zwischen Porta Westfalica und Steinbergen bekannt. Bereits in den Erläuterungen der GK25 Blatt 3720 (Grupe, 1933) **[U5]** wurde über die Entstehung der markanten Sand- und Kieswälle diskutiert und vorgeschlagen, diese fortan als Kames zu bezeichnen.

Der geologische Aufbau in Steinbergen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit vergleichbar mit den benachbarten und wissenschaftlich gut erforschten Strukturen "Emme-Delta" und "Porta-Komplex" **[U8]**. Durch den mächtigen Eisschild während der Saale-Kaltzeit entstand im Wesertal ein großer Binnensee. Von Norden kommende Schmelzwässer überquerten das Wesergebirge an den Taleinschnitten des Kamms und lagerten ihr mitgeführtes grobkörniges Material in subaquatischen Fächer- und Deltasystemen ab (Abbildung 7).

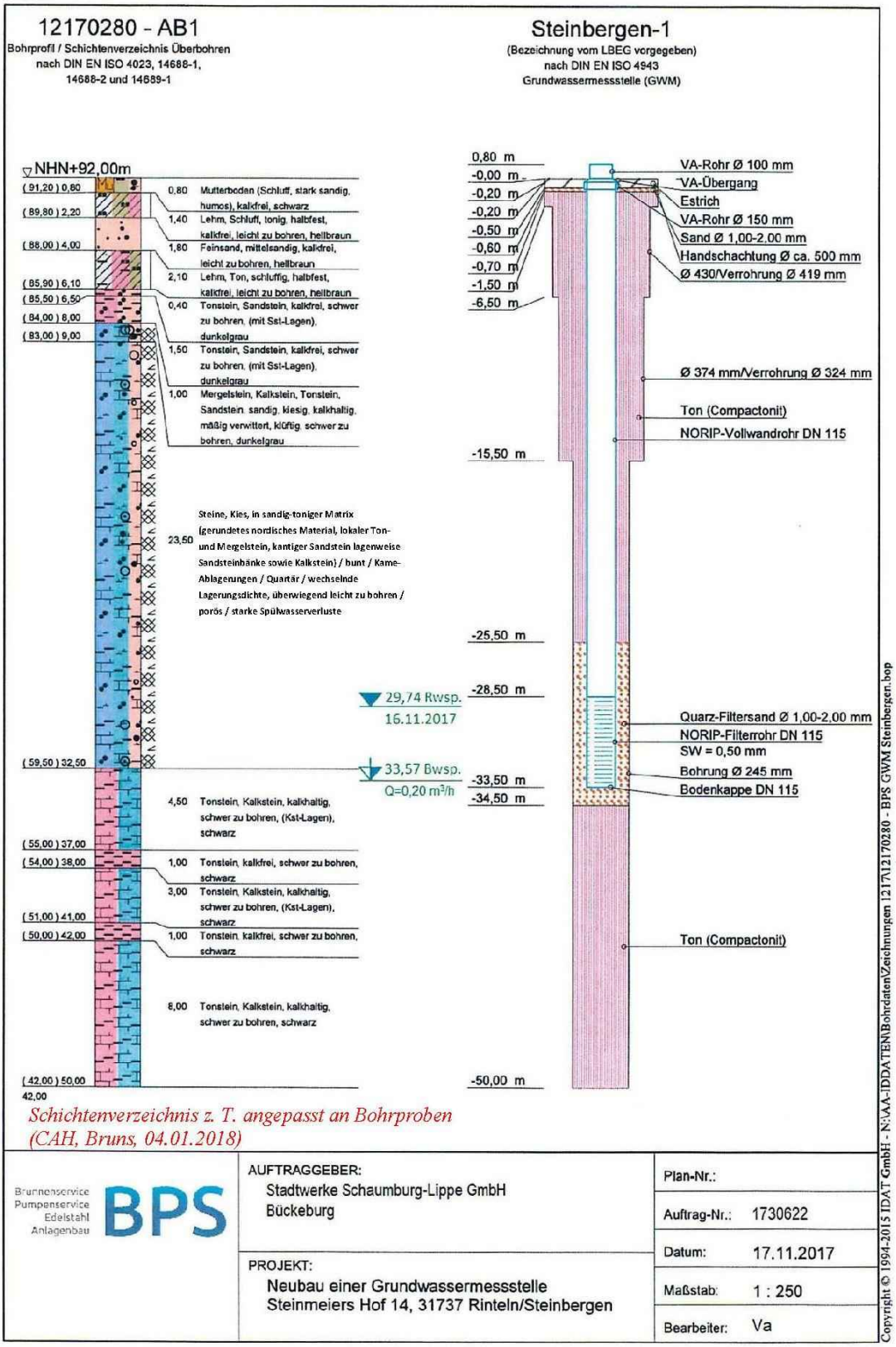



**Abbildung 6: Schichtenverzeichnis und Ausbauprofil der neuen Grundwassermessstelle Steinbergen-1**

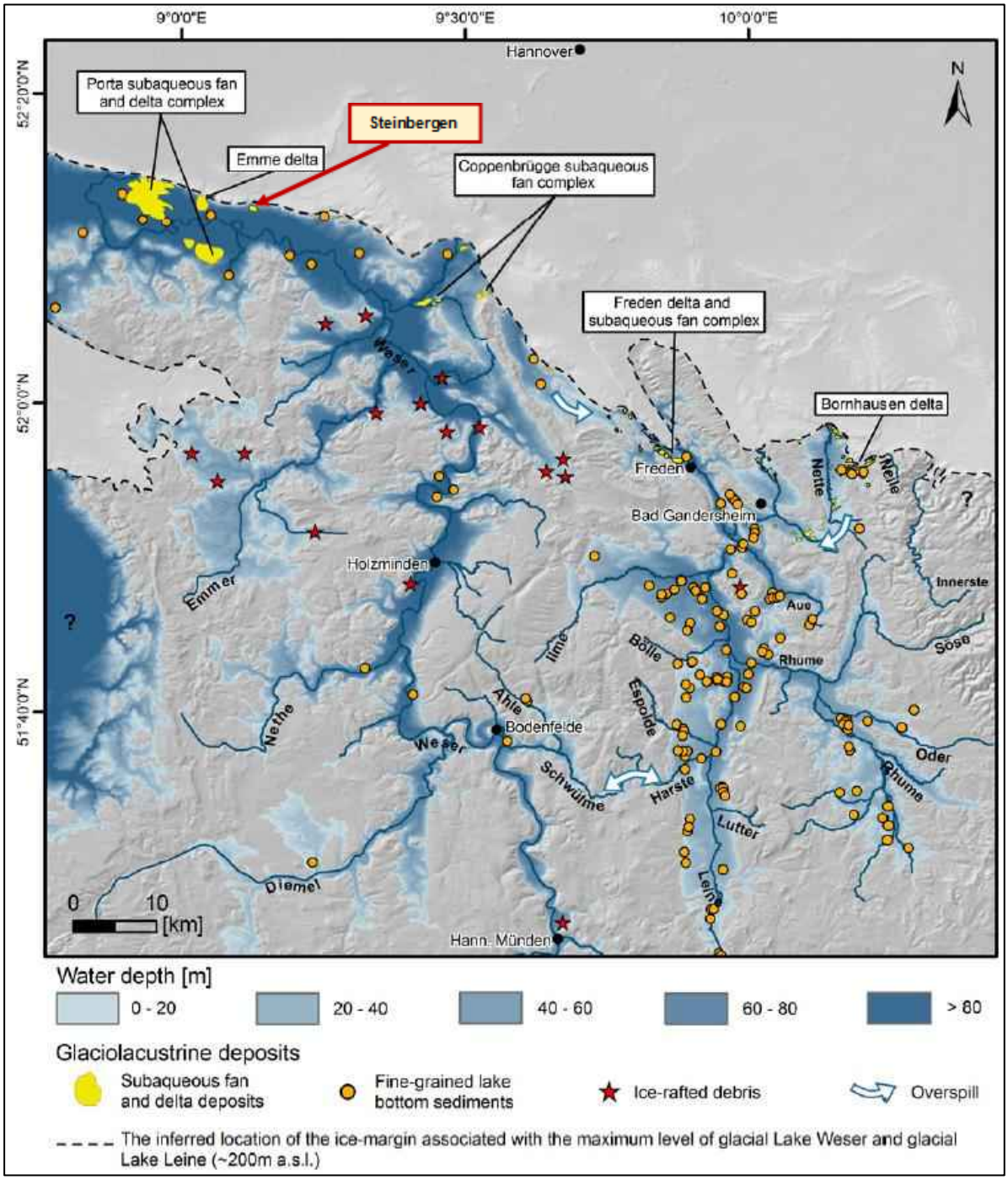



**Abbildung 7: Paläogeographische Rekonstruktion des Weser- und Leine-Eisstausees (verändert nach [U8])**

## 3.6 Bodenkundliche Verhältnisse

Aus den geologischen Ablagerungen entwickeln sich unter dem Einfluss der bodenbildenden Faktoren Böden, die durch Zuordnung von Bodentypen untergliedert werden können. Die Nutzungsmöglichkeit der Böden richtet sich nicht nur nach den bodeneigenen Kriterien, sondern auch nach der morphologischen Lage.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Böden sind genetisch auf das hier in der Talniederung der Weser verbreitete quartärzeitliche Lockergestein (Schluffe aus Auelehmen, Sande und Kiese aus Schmelzwasserablagerungen) sowie in den Hangbereichen anstehende Festgestein unterschiedlicher Zusammensetzung (Ton- und Kalksteine im Norden; Sandsteine im Süden) zurückzuführen.

Auf der Grundlage der BÜK 50 **[U5]** Blatt L3720 Stadthagen und Blatt L3920 Rinteln werden im Untersuchungsgebiet folgende Bodentypen unterschieden:

Im Bereich der Weser-Niederterrasse sowie im Flusstal der Exter sind Auenböden (Vega) weit verbreitet. Die Bachtäler des Rohder Baches und Deckberger Baches sind kleinräumig mit Gleyen vergesellschaftet. Beide Bodentypen sind aus feinkörnigen holozänen Aueablagerungen hervorgegangen:

- Vega: in regelmäßig überfluteten Auenbereichen von Flüssen und Bächen entstanden, Unterboden durch hohen Grundwasserstand beeinflusst, lockerer, gut durchwurzelbarer, biologisch aktiver und recht fruchtbarer Boden
- Gley: aus schluffig-lehmigen Bachablagerungen vorwiegend in Niederungslagen entwickelt, Unterboden ständig, obere Bodenbereiche zeitweilig von oberflächennahem Grundwasser beeinflusst, hohe Sorptionsfähigkeit, geringe Wasserdurchlässigkeit in der lehmigen Deckschicht

Im Bereich der Ortschaft Engern sind die Aueablagerungen geringmächtiger. Hier haben sich Pseudogley-Braunerden und Parabraunerden entwickelt.

- Pseudogley-Braunerde: schluffige Lehmböden, bilden sich aus meist sandig überlagernden Stauschichten (feinkörnige schluffig-sandige Sedimente), Staunässehorizont durch Geschiebelehm gebildet, hohe Sorptionsfähigkeit, mittlere nutzbare Wasserkapazität, mittlere bis geringe Wasserdurchlässigkeit
- Parabraunerde: lehmige Schluffböden, z.T. steinig-grusig, großflächig auf flachen Gebieten entstanden, stellenweise schwache Staunässe im Unterboden, hohe Sorptionsfähigkeit, hohe nutzbare Wasserkapazität, mittlere Wasserdurchlässigkeit

Mit zunehmenden Geländehöhen sind die Hangbereiche nach Norden und Süden mit pleistozän gebildetem Löss und Geschiebelehm bedeckt, aus denen sich Pseudogley-Parabraunerden und Parabraunerden gebildet haben:

- Pseudogley-Parabraunerde: auf weiten Flächen aus Löss hervorgegangen, Unterboden staunässebeeinflusst, großes Wasserspeichervermögen, sehr fruchtbar

Aus den Tonsteinen des mittleren Jura, die in den oberen Lagen des Wesergebirges freiliegen, entwickelten sich überwiegend Braunerden und Rendzinen:

- Braunerde: lehmiger Sandboden ohne Grundwasser- und Staunässeeinfluss im Oberboden, nährstoffreich, flach- bis mittelgründig, mittlere bis hohe nutzbare Wasserkapazität, hohe bis mittlere Sorptionsfähigkeit, meist mittlere Wasserdurchlässigkeit.
- Rendzina: flachgründige tonige Lehmböden, aus karbonat- oder gipsreichem Gestein, z.T. steinig und kalkhaltig, kleinflächig auf Verebnungen und flachen Kuppen, typischer Karst- und Gebirgsboden

In den Kammlagen des Wesergebirges, die von Kalksteinen des oberen Jura aufgebaut sind, haben sich Pararendzinen ausgebildet:

- Pararendzina: flachgründige mergelige Lehmböden, aus mergeligem Ausgangssubstrat

In den Höhenlagen des Lipper Berglandes im Süden des Untersuchungsgebietes haben sich aus dem sandig-tonigen Festgestein des oberen Keuper (Rät) Braunerde-Pelosole sowie aus den dolomitischen Gesteinen des mittleren Keuper (Steinmergelkeuper) Pelosole gebildet:

- Braunerde-Pelosol: toniger, steinarmer, mittel- bis tiefgründiger, mäßig durchwurzelbarer, wechseltrockener, in gequollenem Zustand schlecht, in geschrumpftem Zustand besser durchlüfteter, nährstoffreicher bis sehr nährstoffreicher Boden
- Pelosol: meist flachgründig, sehr tonreicher Boden, nähstoffreich, gute Wasseraufnahmefähigkeit, jedoch wenig pflanzenverfügbares Wasser, Tendenz zur Staunässe

## 3.7 Klimadaten und Grundwasserneubildung

### 3.7.1 Niederschlagsentwicklung

Es liegen monatliche und z.T. tägliche Niederschlagsdaten der DWD-Stationen Rinteln-Volksen (ab Juli 2006), Bückeburg und Lemgo **[U11]** sowie der Station Kläranlage (KA) Hessisch Oldendorf **[U12]** für den Zeitraum 2000 bis August 2019 (DWD-Stationen) bzw. bis Dezember 2018 (KA Hess. Oldendorf) vor. Die Stationen befinden sich innerhalb bzw. im Umfeld des Untersuchungsgebietes.

An der DWD-Station Rinteln-Steinbergen wurden die Messungen im Juni 2006 eingestellt, stattdessen wurde im Juli 2006 die DWD-Station Rinteln-Volksen in Betrieb genommen.

Die langjährigen Mittel des Zeitraumes 1981 - 2010 betragen an den Messstellen Bückeburg 709 mm/a, Lemgo 884 mm/a und KA Hess. Oldendorf 846 mm/a.

In der Abbildung 8 werden die Jahresniederschlagshöhen der genannten Messstationen für den Zeitraum 2000 bis 2018 dargestellt.

In der Abbildung 9 werden die Jahresniederschlagshöhen der Messstationen Bückeburg, Lemgo und KA Hess. Oldendorf in prozentualen Bezug zu den langjährigen Mittelwerten des Zeitraums 1981 - 2010 gesetzt. An Hand dieser Darstellung können gut niederschlagsreiche von Trockenjahren unterschieden werden.

Im Betrachtungszeitraum schwanken die Jahresniederschläge

- an der Station Rinteln-Volksen zwischen 494 mm/a (2018) und 1.076 mm/a (2007),
- an der Station Bückeburg zwischen 426 mm/a (2018) und 1.031 mm/a (2002),
- an der Station Lemgo zwischen 624 mm/a (2018) und 1.180 mm/a (2007) und
- an der Station KA Hess. Oldendorf zwischen 581 mm/a (2018) und 1.186 mm/a (2007).

Obwohl es zwischen den Messstationen z.T. größere Unterschiede in den Niederschlagshöhen gibt, ist ein genereller Trend zu beobachten. Die Jahre 2002, 2007 und 2017 sind sehr niederschlagsreiche Jahre mit Niederschlagshöhen > 1.000 mm/a (Bückeburg > 850 mm) (> 120 % im Vergleich zum langjährigen Mittel). Die Jahre 2003, 2011, 2012, 2016 und insbesondere 2018 stechen als Trockenjahre heraus mit Niederschlagshöhen < 700 mm/a (Lemgo < 800 mm/a) (< 90 % im Vergleich zum langjährigen Mittel). Das Jahr 2018 stellt mit extrem geringen Niederschlagshöhen < 500 mm/a an den Stationen Rinteln-Volksen und Bückeburg bzw. < 650 mm/a an den Stationen Lemgo und KA Hess. Oldendorf (rd. 60 % bzw. 70 % im Vergleich zum langjährigen Mittel) eine Ausnahmesituation im Betrachtungszeitraum dar.

Die mittlere Niederschlagshöhe des für die Aktualisierung des Grundwassermodells relevanten Zeitraums 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) beträgt an der Station Bückeburg 595 mm/a, in Lemgo 764 mm/a und an der KA Hess. Oldendorf 823 mm/a. Die Werte der Stationen weisen damit Abweichungen jeweiligen vom langjährigen Mittel 1981 - 2010 auf. Für den Zeitraum 2016 - 2018 ergeben sich bei allen drei Stationen defizitäre Niederschläge. Im Kalibrierzeitraum sind im Durchschnitt an der Station Bückeburg 114 mm/a, an der Station Lemgo 120 mm/a und an der Station KA Hess. Oldendorf 23 mm/a weniger Niederschlag gefallen als im langjährigen Mittel.

Zusammenfassend ist für den Kalibrierzeitraum festzustellen, dass die Mittelwerte der Niederschlagshöhen der Jahre 2016 - 2018 deutlich geringer sind als die langjährigen Mittel der Niederschlagsverhältnisse. Ursache für die geringen Mittelwerte des Kalibrierzeitraumes sind die geringen Niederschlagshöhen der Jahre 2016 und insbesondere 2018.

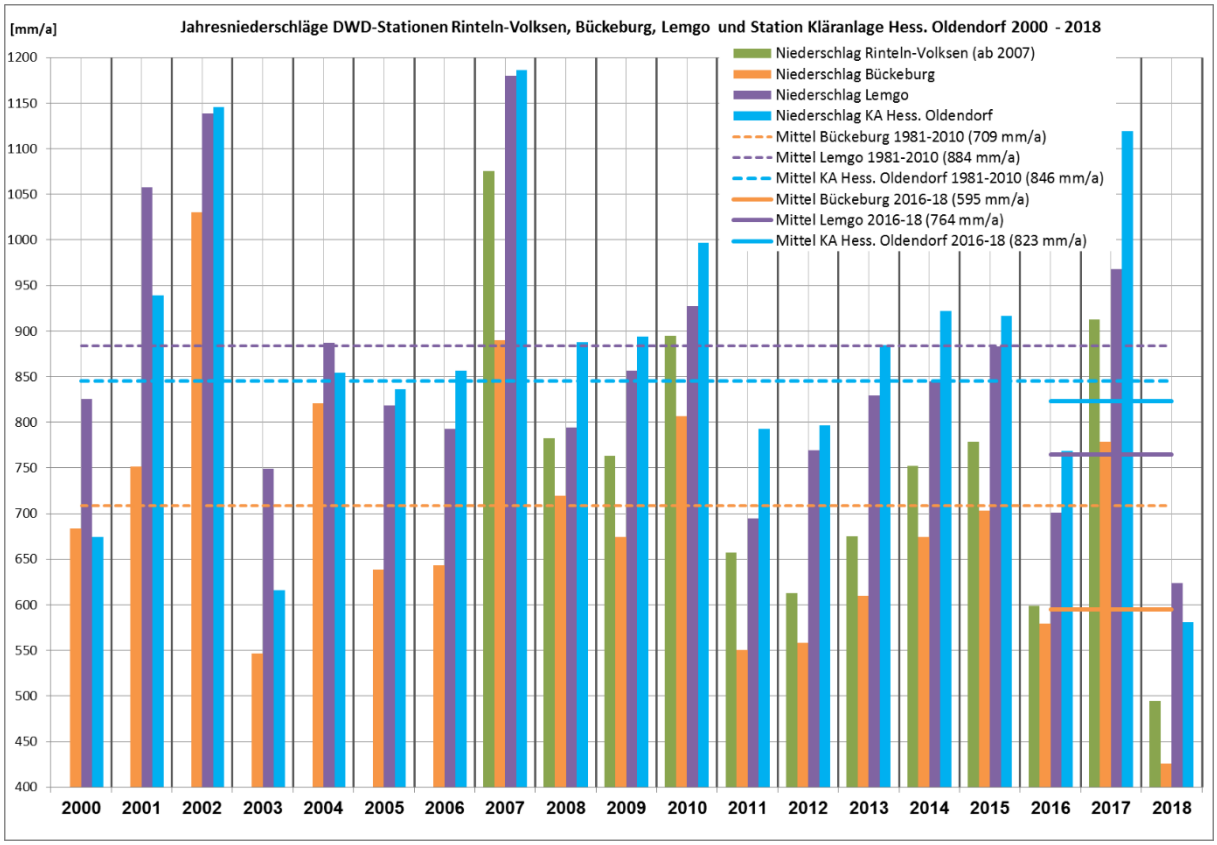



**Abbildung 8: Niederschlagshöhen DWD-Stationen Bückeburg, Lemgo und Rinteln-Volksen (ab Juli 2006) [U11] sowie Station Kläranlage Hessisch Oldendorf [U12], Zeitraum 2000 - 2018**

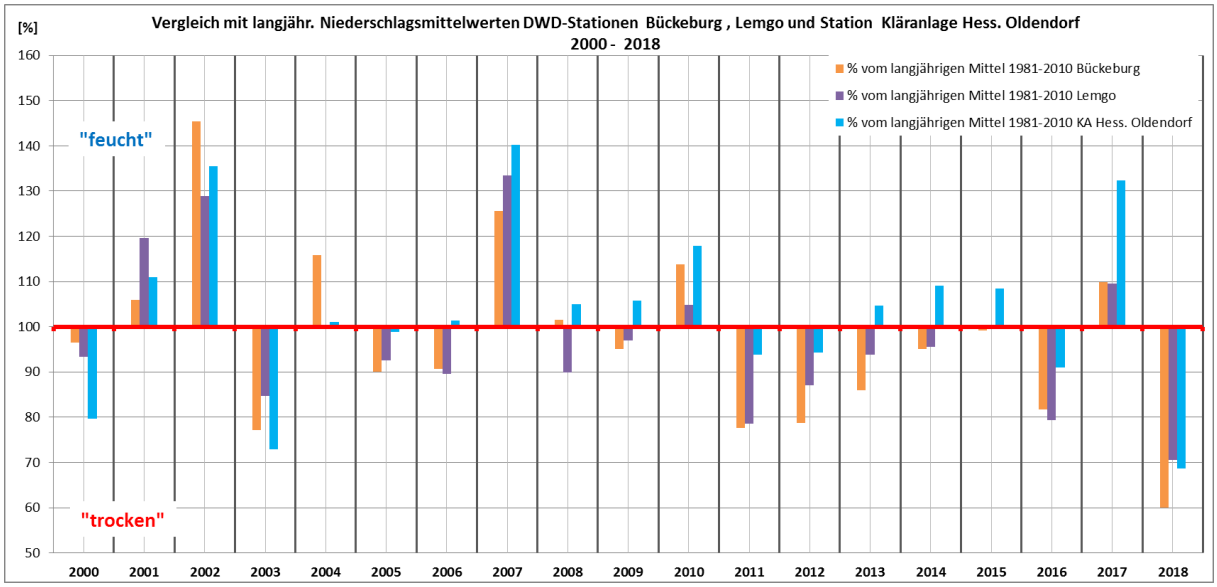



**Abbildung 9: Niederschlagsentwicklung 2000 - 2018 an den DWD-Stationen Bückeburg und Lemgo [U11] sowie an der Station Kläranlage Hessisch Oldendorf [U12] (Vergleich mit langjährigen Mittelwerten 1981-2010)**

### 3.7.2 Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet

Vom DWD liegen flächendeckende Rasterdaten (1.000 x 1.000 m) zu vieljährigen Mittelwerten der Niederschläge für Gebiete in Deutschland vor **[U11]**. In der Abbildung 10 wird das langjährige Mittel für den aktuellen Referenzzeitraum 1981 – 2010 im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Erwartungsgemäß sind größere Unterschiede in der Verteilung zwischen dem Wesertal mit Niederschlägen unter 800 mm/a und dem umliegenden Bergland mit deutlich höheren Werten von über 1.000 mm/a zu beobachten.

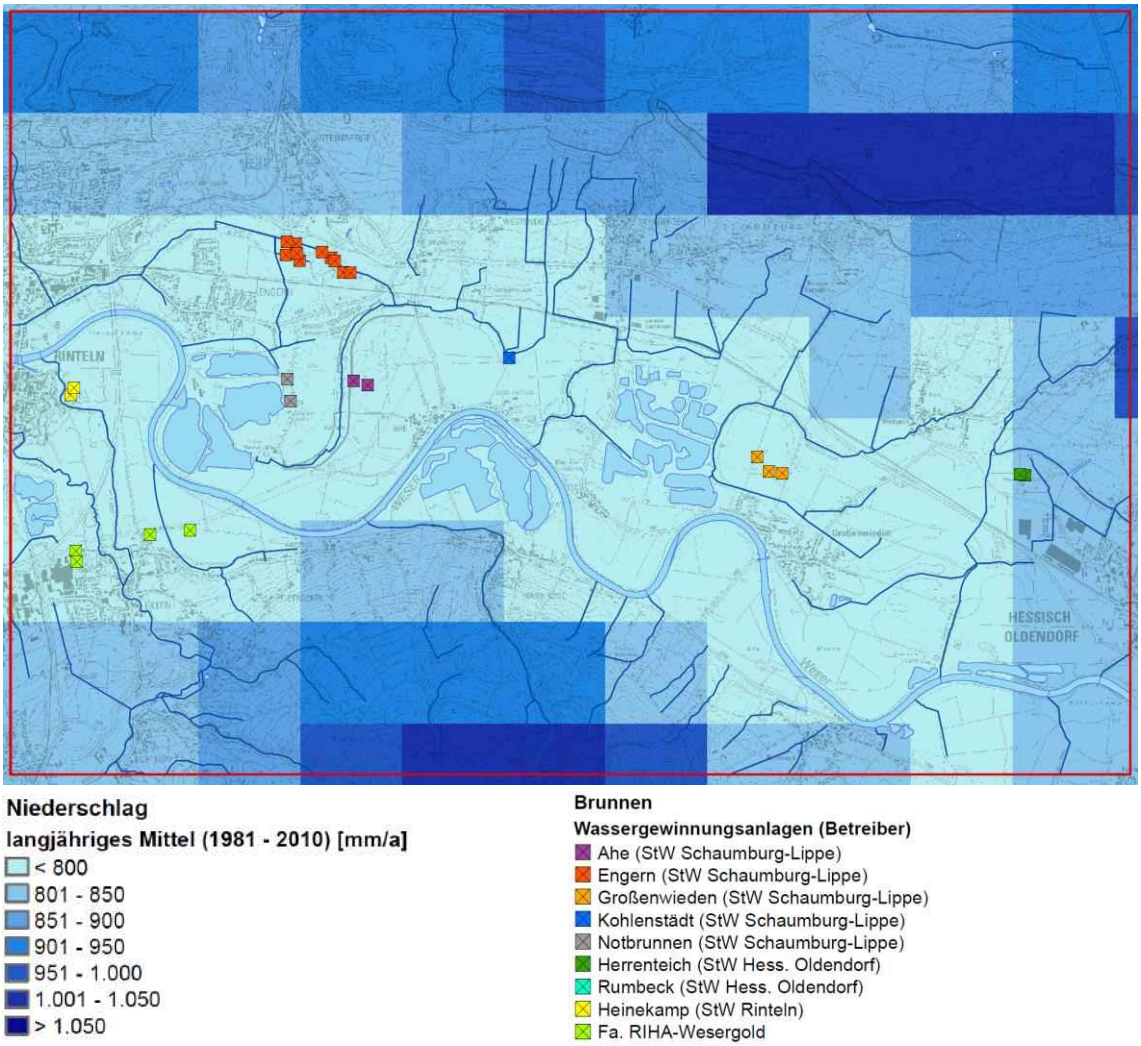



**Abbildung 10: Langjährige Niederschläge (Mittel 1981 – 2010) im Untersuchungsgebiet**

### 3.7.3 Grundwasserneubildung

Zur Bestimmung der regionalen Grundwasserneubildung als grundlegende hydrogeologische Kenngröße gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren, deren Ergebnisse z.T. stark voneinander abweichen. Nachfolgend werden die Grundwasserneubildungsraten im Untersuchungsgebiet nach den Verfahren nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT (1980), mGROWA (2013) sowie mGROWA18 (2019) dargestellt.

Die Methode nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT (1980) wird in GeoBerichte 10 des LBEG (2008) **[U5]** ausführlich erläutert. Als Grundlage der Berechnung der flächenhaften Verteilung der Grundwasserneubildungsraten diente die Bodenkundliche Standortkarte im Maßstab 1 : 200.000 (BSK 200). Beim Verfahren nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT wird die Grundwasserneubildung (mittlere Grundwasserneubildungsrate des Zeitraumes 1961 – 1990) aus dem Gebietsniederschlag, der Verdunstung (Evapotranspiration), dem Oberflächenabfluss, dem Grundwasserflurabstand in Abhängigkeit von Geologie, Relief und Landnutzung berechnet.

Die Niederschläge wurden in einem ersten Schritt einer Isohyetenkarte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Zeitraum 1931 – 1960 entnommen (DWD, 1977). Für die langjährige Niederschlagszeitreihe 1961 – 1990 wurde die Arbeit von KÖTHE, BÖHNER & RINGELER (1997) verwendet. Bezüglich der Kenngröße Verdunstung wurde die Abhängigkeit von der Bodenart (z.B. Sand, Löß, Geschiebelehm, Ton) und von Nutzungsarten (z.B. Acker/Grünland, Wald) einbezogen. Der Abflussquotient für Gebiete im Lockergestein wurde anhand der Daten von 27 Pegeln ermittelt. Für die Kenngröße Grundwasserflurabstand wurden Angaben über die Grundwassernähe aus der BSK 200 entnommen. Daten über die Reliefenergie (maximaler Höhenunterschied pro km²) stammen aus einer entsprechenden Karte von BRÜNING (1961).

Die sich nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT ergebenden Grundwasserneubildungsraten werden in der Abbildung 11 dargestellt **[U5]**.

Nach der Methode DÖRHÖFER & JOSOPAIT werden für die Talbereiche im Umfeld der Brunnen < 50 mm bis 100 mm Neubildung pro Jahr, auf den lössbedeckten Flächen der Mittelterrasse hauptsächlich zwischen 151 mm/a bis 200 mm/a sowie lokal zwischen 101 mm/a und 150 mm/a berechnet.

Im Übergang zum Festgestein sind die Neubildungsraten allgemein mit Werten zwischen 201 mm/a und 250 mm/a höher als in den Niederungen.

Für die Kammlagen der nördlich und südlich gelegenen Höhenzüge werden mit 251 mm/a bis 300 mm/a sowie in den nordöstlichen und südlichen Randbereichen des Untersuchungsgebietes mit 301 mm bis 350 mm die höchsten Neubildungsraten berechnet.

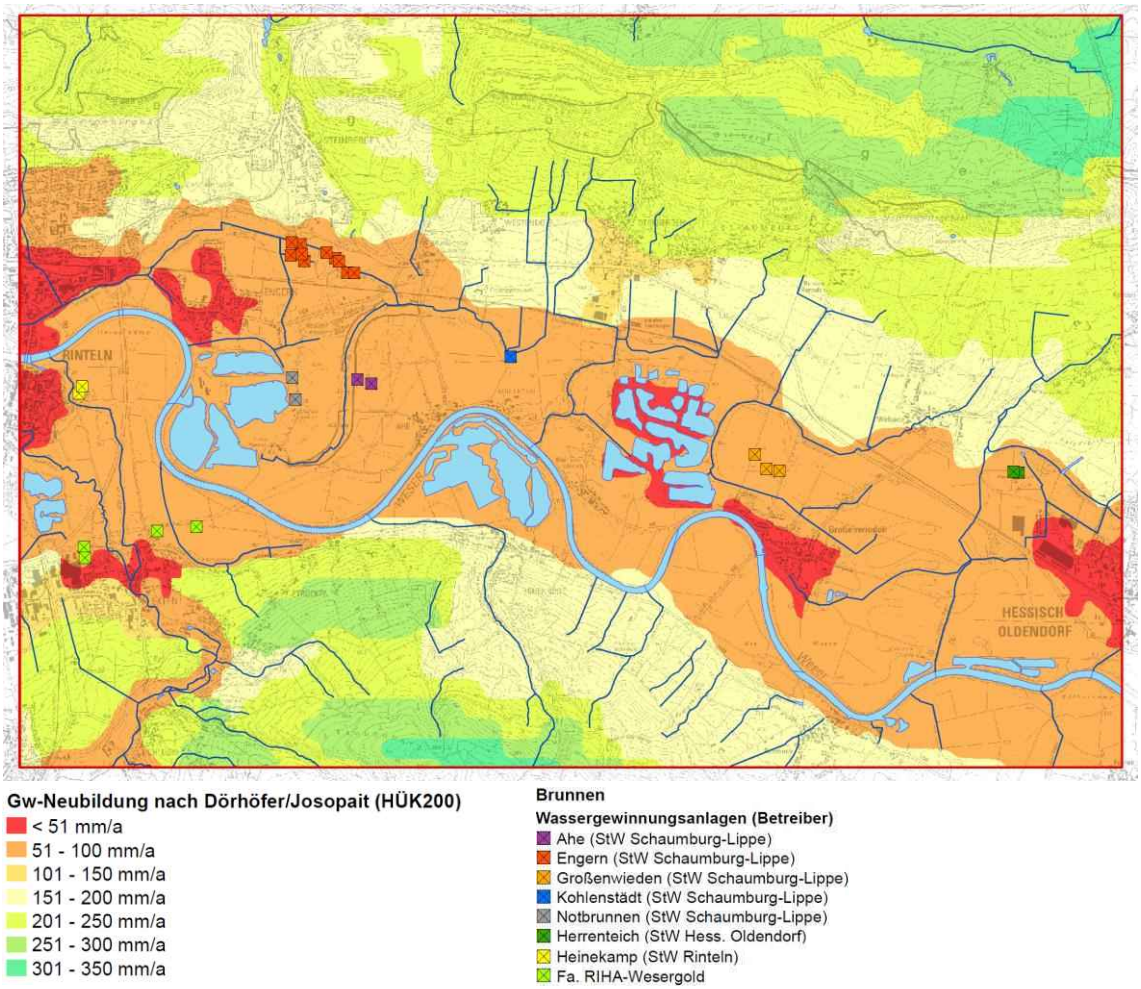



**Abbildung 11: Grundwasserneubildungsraten nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT (1980) im Untersuchungsgebiet (Niederschlagszeitreihe 1961-1990) [U5]**

Die Grundwasserneubildungsraten nach der Methode **mGROWA** basieren auf dem konzeptionellen flächendifferenzierten großräumigen Wasserhaushaltsmodell (GROWA), welches am Forschungszentrum Jülich im Auftrag des NMU[1] entwickelt wurde. Es stellt eine Weiterentwicklung des Wasserhaushaltsmodells GROWA06V2 dar. Entsprechend den Begleitinformationen zu diesem Modell wird beim Verfahren GROWA (KUNKEL & WENDLAND 1998, WENDLAND et al. 2001, BOGENA et al. 2003, MÜLLER 2004) die Grundwasserneubildung aus dem Gebietsniederschlag, der realen Verdunstung, der Sickerwasserrate sowie den Oberflächen- und Zwischenabflüssen in Abhängigkeit von Geologie, Relief, Oberflächenversiegelung und Landnutzung berechnet.

[1] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover

Im Vergleich zum GROWA06V2-Modell wurden im Wasserhaushaltsmodell mGROWA wesentliche neue Schritte integriert (HERRMANN et al., 2013) **[U5]**. Die Ermittlung des Gesamtabflusses und der Sickerwasserrate erfolgt zeitlich (tatsächliche Evaporation erfolgt in Tagesschritten) und räumlich (100 m Raster) hochaufgelöst. Um für die wasserwirtschaftliche Praxis relevante Größen zu erhalten, werden die Abflusskomponenten und die Grundwasserneubildung nicht in Tagesschritten, sondern ausschließlich als Monatssummen bilanziert (mGROWA: „m“ steht für Monat). Die Simulationsergebnisse werden für die hydrologische Periode 1971 – 2000 präsentiert und anhand beobachteter Abflussganglinien evaluiert.

Die sich nach mGROWA ergebenden Grundwasserneubildungsraten werden in der Abbildung 12 dargestellt.

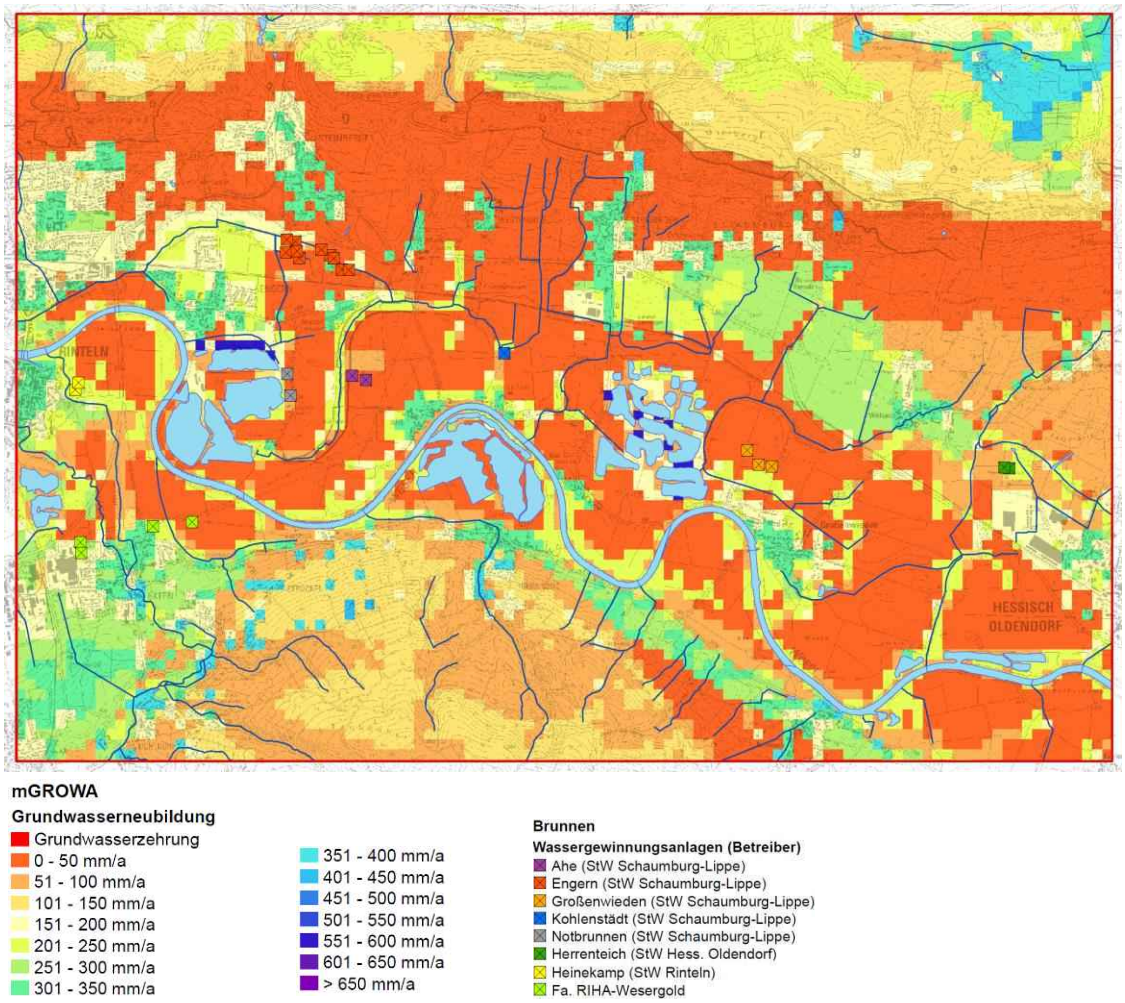



**Abbildung 12: Grundwasserneubildungsraten nach mGROWA im Untersuchungsgebiet [U5]**

In dem vorliegenden Datenbestand sind folgende Informationen eingeflossen (siehe HERRMANN et al., 2013):

- nutzungsdifferenzierte Bodenübersichtskarte von Niedersachsen 1 : 50 000 - BÜK 50 (LBEG): Bodenprofile, Grundwasserflurabstand
- Hydrogeologischen Übersichtskarte 1 : 200.000 (LBEG): Gesteinseinheiten

- regionalisierte Klimadaten (DWD): Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit
- ATKIS-DLM25® - Amtliches topographisches Karteninformationssystem (LGLN); CORINE 2000 (Stat. Bundesamt): Landnutzung und Versiegelung
- Digitales Geländemodell – DGM 50 (Auflösung 50 m, LGLN): Neigung und Exposition
- Karte der Dränflächen (TETZLAFF et al. 2008)
- Abflussdaten: tägliche Abflussmessungen Pegel des NLWKN
- Hydrographische Karte von Niedersachsen (NLWKN): Einzugsgebietsgrenzen

Das im Jahr 2019 erschienene Wasserhaushaltsmodell **mGROWA18** löst die bisherige mGROWA-Version aus dem Jahr 2013 ab. Das aktualisierte Wasserhaushaltsmodell mGROWA18 beinhaltet neben methodischen Verbesserungen am Modell auch eine Aktualisierung der Datengrundlagen. In Abbildung 13 sind die Grundwasserneubildungsraten des aktualisierten Modells mGROWA18 für den Referenzzeitraum 1981 - 2010 dargestellt.

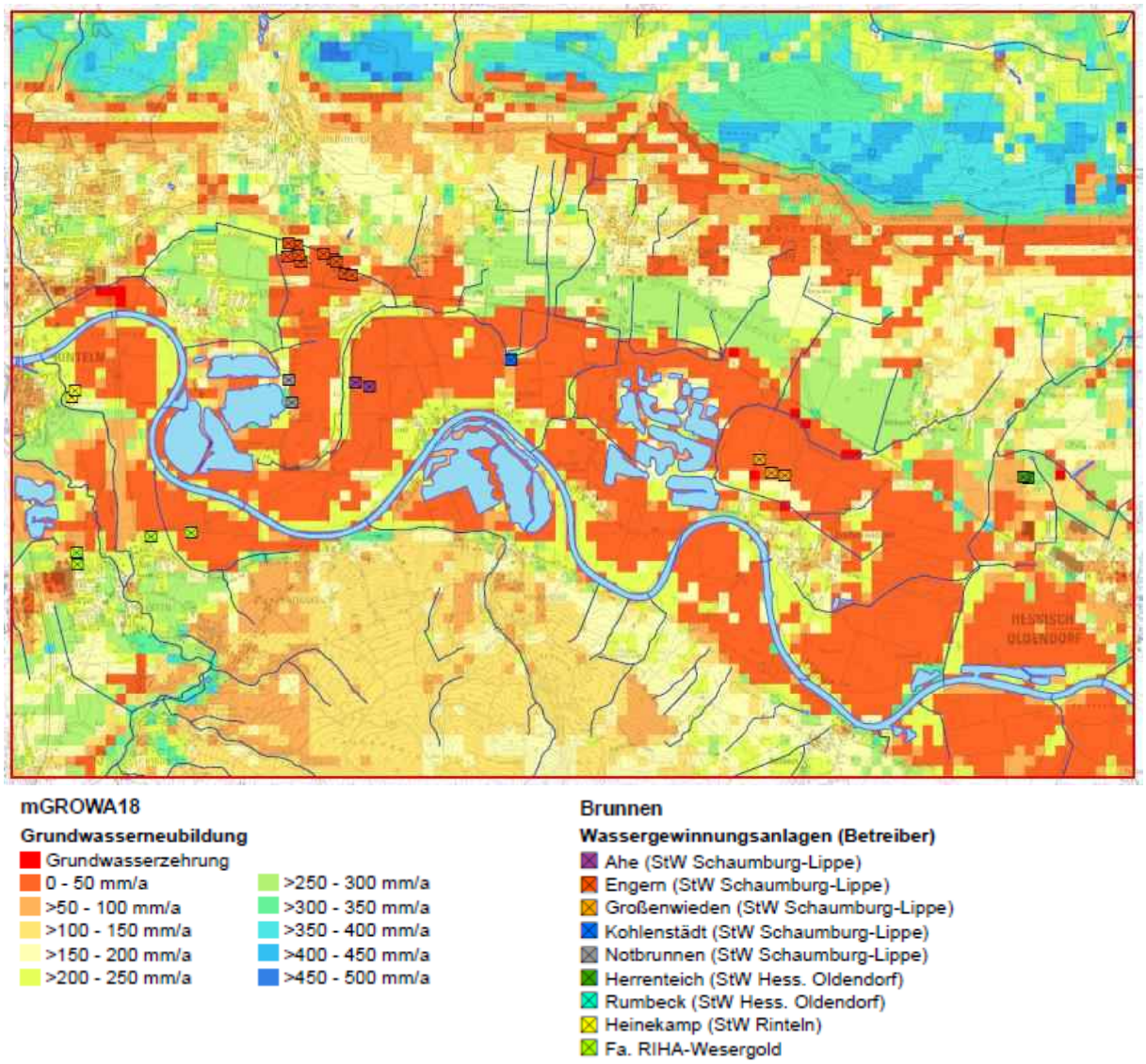



**Abbildung 13: Grundwasserneubildungsraten nach mGROWA18 im Untersuchungsgebiet [U5]**

Im Vergleich zur Verteilung der Neubildungsraten nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT ergeben sich nach mGROWA und mGROWA18 auf Grund des räumlich hochaufgelösten Modells (100 m Raster) lokal z.T. sehr große Unterschiede auf engstem Raum, die hydrogeologisch z.T. nicht nachvollzogen werden können.

Nach der Methode mGROWA werden für einen großen Teil des Untersuchungsgebietes, v.a. für die Talniederungen und die steilen Hangbereiche des Weserberglandes, Neubildungen < 50 mm/a berechnet. Bei der aktualisierten Version mGROWA18 sind weiterhin Neubildungen < 50 mm/a in den Talniederungen zu verzeichnen. An den steilen Hanglagen wurden dagegen großflächig höhere Neubildungen berechnet, die bis zu 200 mm/a betragen.

Im Umfeld der Wassergewinnungsanlagen werden sowohl bei mGROWA als auch bei mGROWA18 lokal Grundwasserneubildungsraten bis zu 250 mm/a erreicht. In den lössbedeckten Hängen nördlich der WG Großenwieden werden Neubildungen zwischen 200 mm/a und 300 mm/a berechnet.

Die höchsten Neubildungsraten im Untersuchungsgebiet werden bei der Version mGROWA im Bereich des Vorfluters Exter mit bis zu 350 mm/a erreicht. Bei der aktualisierten Version mGROWA18 ergeben sich dagegen mit bis zu 500 mm/a die höchsten Neubildungsraten im Bereich der Kammlagen des Wesergebirges. In der Version mGROWA waren die ermittelten Neubildungsraten der Kammlagen des Wesergebirges mit Neubildungen zwischen 101 mm/a und 150 mm/a deutlich geringer.

Keiner der beschrieben Ansätze zur Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate führt zu plausiblen Ergebnissen bei der Abbildung der tatsächlichen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse. Daher wurde die Grundwasserneubildungsrate unter Einsatz des numerischen Grundwassermodells ermittelt (siehe Kap. 5.5.2).

## 3.8 Fließgewässer

### 3.8.1 Oberflächengewässernetz

Das Untersuchungsgebiet wird von Südosten bis Westen durch den Hauptvorfluter Weser in mäandrierendem Verlauf durchquert.

Es entwässern eine Reihe von Bächen und Gräben aus den Höhenzügen im Norden und Süden in Richtung der Weser. Da das Tal nördlich der Weser relativ breit und südlich der Weser (vgl. Abbildung 4) relativ schmal ist, unterscheiden sich die Fließgewässer in ihrer Ausbildung. Weisen die Fließgewässer nördlich der Weser relativ lange Fließstrecken mit einem oftmals geschwungenen Verlauf auf, sind sie südlich der Weser z.T. wesentlich kürzer.

Innerhalb des Wesertals verlieren viele Gewässerläufe in den Sommermonaten ihre Vorflutwirkung, sie fallen abschnittsweise trocken. Sofern sie aus ihrem Quellgebiet bzw. den Bergflanken Wasser führen, versickert dies im Bereich des Wesertals bzw. des Quartär-Aquifers.

Das Oberflächengewässernetz **[U13]** sowie die Einzugsgebiete **[U4]** werden in der Abbildung 14 dargestellt.

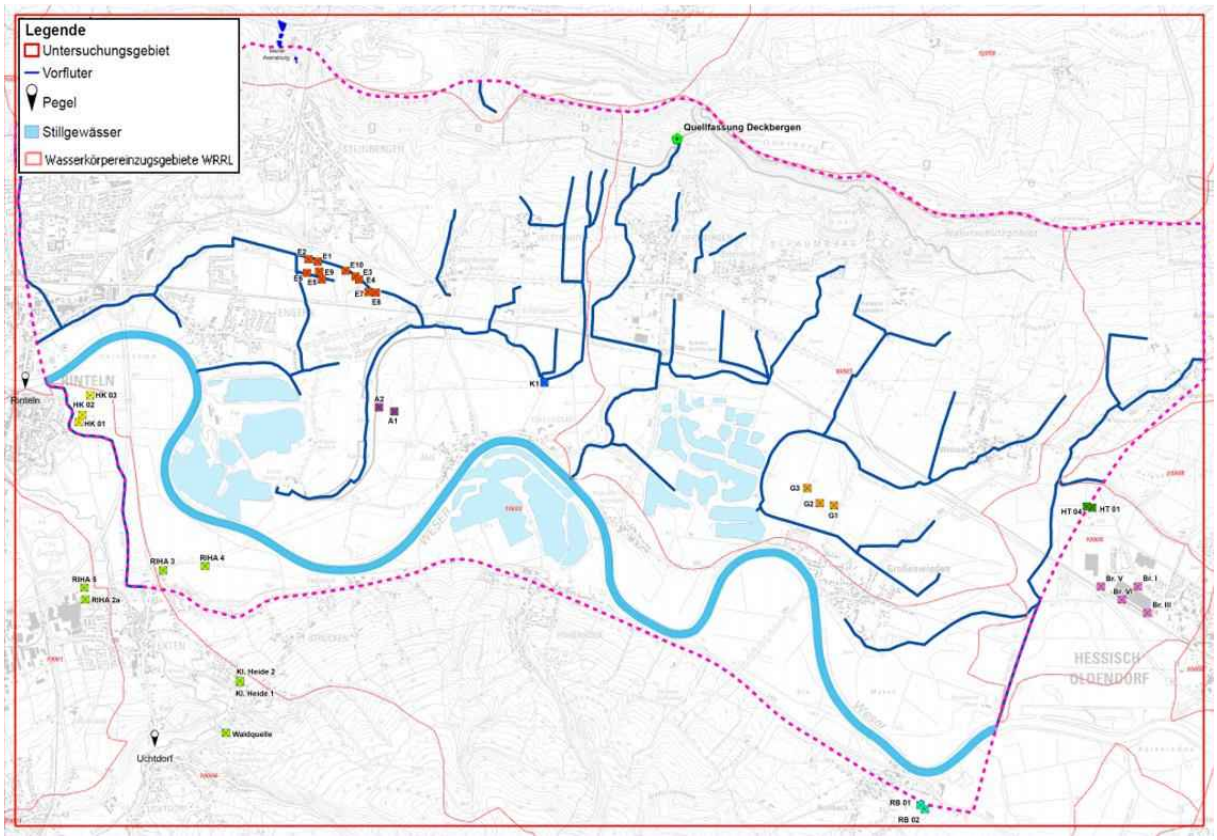



**Abbildung 14: Oberflächengewässer, Pegel und Wasserkörpereinzugsgebiete nach EG-WRRL [U4] im Untersuchungsgebiet**

Die relevanten Vorfluter im Modellgebiet sind:

| **Vorfluter-Namen** | **Gewässer-Abschnitt** |
|---|---|
| Weser | Abschnitt ab Ortschaft Hessisch Oldendorf (ab Einmündung Hollenbach) bis Stadt Rinteln (bis Einmündung Exter) |
| **Nördlich der Weser** | |
| Rohder Bach | Verlauf ab Ortschaft Rohden bis Mündung in Weser |
| Welseder Bach | Gesamter Verlauf bis Mündung in Stillgewässer nahe der Weser |
| Deckberger Bach | Gesamter Verlauf bis Mündung in Weser |
| Schildgraben | Verlauf bis Rinteln; Mündung in Weser außerhalb des Untersuchungsgebietes |
| **Südlich der Weser** | |
| Exter | Verlauf ab Ortschaft Uchtdorf bis Mündung in Weser |

**Tabelle 1: Wesentliche Vorfluter im Untersuchungsgebiet**

### 3.8.2 Pegel an Fließgewässern, Wasserstände der Weser

Im Untersuchungsgebiet sind zwei Pegel vorhanden. Eine Übersicht über die Pegel gibt die folgende Tabelle. Die Lage ist in der Abbildung 14 dargestellt.

| Nr. | Pegel-Name | Gewässer | Pegel-Typ | Fläche [km²] |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Rinteln | Weser (km 163,24) | W | - |
| 2. | Uchtdorf | Exter | Q | 99,6 |

**Tabelle 2: Pegel im Untersuchungsgebiet**

Am Pegel Uchtdorf werden durch das NLWKN täglich Abflussdaten erhoben **[U14]**. Jedoch befindet sich der Pegel am Rand des Untersuchungsgebietes und repräsentiert den Großteil des Abflusses der Exter von außerhalb des Untersuchungsgebietes. Die Auswertung dieser Daten ist im Hinblick auf die Aufgabenstellung nicht relevant.

Für den Pegel Rinteln sind durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes tägliche Wasserstands-, jedoch keine Abflussdaten, vorhanden **[U15]**. Für den Pegel liegen bis Ende 2018 tägliche und bis zum 16.08.2019 monatliche Messwerte vor **[U16]**. In der folgenden Abbildung wird die Ganglinie der Wasserspiegelhöhen des Pegels Rinteln im Zeitraum Januar 2000 - August 2019 dargestellt:

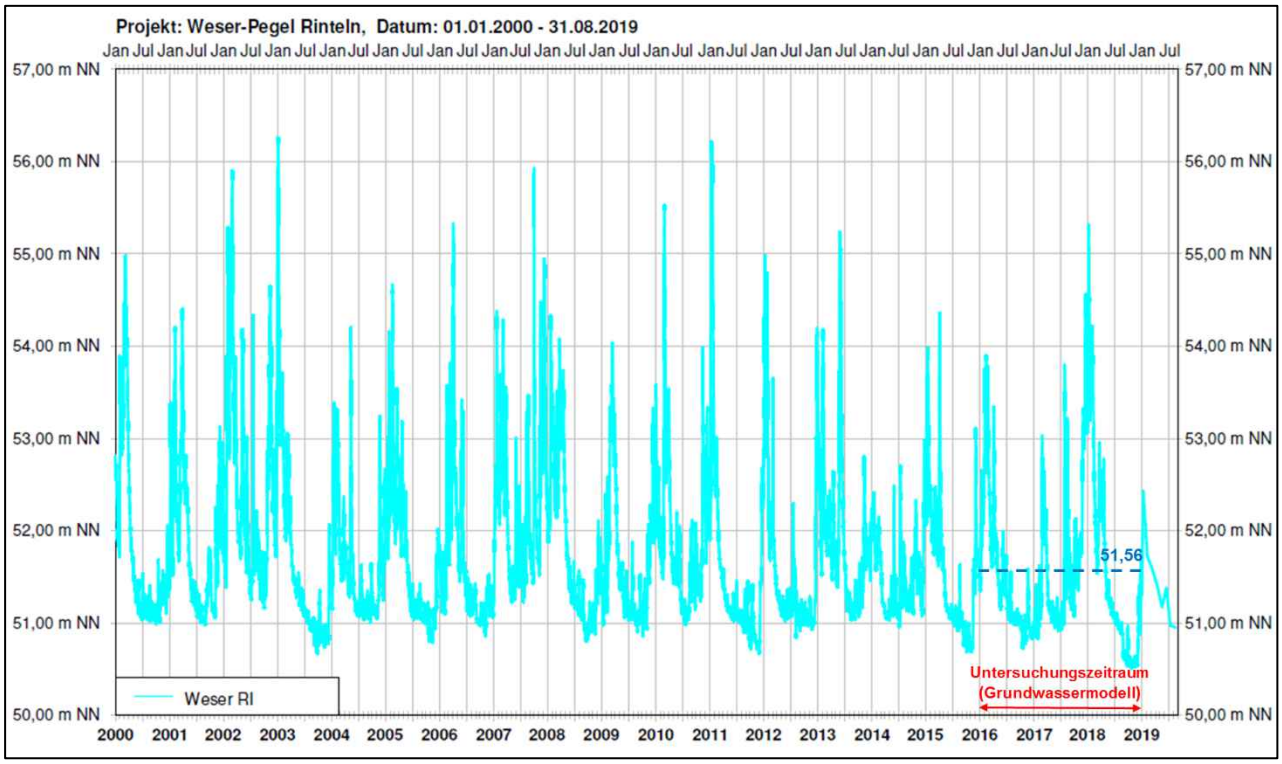



**Abbildung 15: Ganglinie der Wasserspiegelhöhen Weserpegel Rinteln Jan. 2000 – Aug. 2019 [U16]**

Auf Grund der hohen zeitlichen Auflösung können v.a. bis 2018 zahlreiche Hochwasserereignisse beobachtet werden, die sich durch kurzfristige Anstiege um etwa 1 m bis 2 m und markante Peaks im Ganglinienverlauf widerspiegeln (z.B. März 2002, Januar 2003, April 2006, Oktober 2007, März 2010, Januar 2011, Juni 2013, Januar 2018).

In der Tabelle 3 sind die Stammdaten und mittleren Wasserstände des Pegels Rinteln aufgelistet **[U15]**:

| Pegel Rinteln | Wasserstand cm (m NHN) |
|---|---|
| Weser km 163,24 | |
| Rechtswert: 3505658, Hochwert: 5784033 | |
| Pegelnullpunkt | 49,62 m NHN |
| Mittlerer niedrigster Wasserstand WWJ 1997 – 2006 (MNW) | 121 cm (50,83 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand WWJ 1997 – 2006 (MW) | 219 cm (51,81 m NHN) |
| Mittlerer höchster Wasserstand WWJ 1997 – 2006 (MHW) | 563 cm (55,25 m NHN) |
| Höchster bekannter Wasserstand (HHW) | 738 cm (57,00 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand 2005 – 2009 (MW) | 223 cm (51,85 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand WWJ 2014 (MW) | 182 cm (51,44 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand 2016 – 2018 (MW) | 194 cm (51,56 m NHN) |

**Tabelle 3: Wasserstände am Pegel Rinteln [U15]**

Der langjährige mittlere Wasserstand (WWJ 1997 – 2006) der Weser am Pegel Rinteln beträgt 51,81 m NHN. Im Kalibrierzeitraum 2016 bis 2018 liegt der mittlere Wasserstand um 25 cm niedriger (51,56 m NHN) als im langjährigen Mittel.

Ein weiterer Pegel befindet sich in Hameln-Wehrbergen. Er ist der nächstgelegene oberstromige Weser-Pegel des Untersuchungsgebiets (außerhalb). Der Pegel Hameln-Wehrbergen wird ebenfalls durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes betrieben und liefert tägliche Wasserstands-, jedoch keine Abflussdaten **[U15]**. Für den Pegel sind Daten bis Dezember 2009 vorhanden **[U16]**.

| Pegel Hameln-Wehrbergen | Wasserstand cm (m NHN) |
|---|---|
| Weser km 139,68 | |
| Rechtswert: 3521100, Hochwert: 5776750 | |
| Pegelnullpunkt | 57,85 m NHN |
| Mittlerer niedrigster Wasserstand WWJ 1997 – 2006 (MNW) | 88 cm (58,73 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand WWJ 1997 – 2006 (MW) | 190 cm (59,75 m NHN) |
| Mittlerer höchster Wasserstand WWJ 1997 – 2006 (MHW) | 542 cm (63,27 m NHN) |
| Höchster bekannter Wasserstand (HHW) | 770 cm (65,55 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand 2005 – 2009 (MW) | 192 cm (59,77 m NHN) |
| Mittlerer Wasserstand WWJ 2014 (MW) | Keine Daten vorhanden |
| Mittlerer Wasserstand 2016 – 2018 (MW) | Keine Daten vorhanden |

**Tabelle 4: Wasserstände am Pegel Hameln-Wehrbergen [U15]**

Aus der Entfernung der Pegel zueinander (23,56 km) und den Differenzen der mittleren Wasserstände im Zeitraum 2005 bis 2009 ergibt sich ein mittleres Gefälle der Weser von ca. 0,33 m / km.

## 3.9 Stillgewässer

Im Bereich des Untersuchungsgebietes wird seit vielen Jahrzehnten an zahlreichen Stellen großflächig Kiesabbau betrieben.

In den Überflutungsgebieten der mäandrierenden Weser gibt es drei etwa 1 km² bis 1,5 km² große Abbaugebiete, aus denen eine Reihe von Seen entstanden sind:

- südlich der Ortschaft Engern,
- nördlich der Ortschaft Hohenrode und
- nordwestlich der Ortschaft Großenwieden.

Die Seegrößen reichen von < 1 ha bis zu > 20 ha. Die Lage der Stillgewässer ist dem Luftbild in der Abbildung 16 zu entnehmen.

Der Abbau im östlichsten Gebiet nahe Großenwieden ist abgeschlossen und nicht mehr aktiv.

Ab 1950 erschloss die Firma Eggersmann nahe Engern die quartärzeitlichen Kiesschichten. Der heutige Kiesabbau Engern erfolgt durch die AHE Schaumburger Weserkies GmbH. Die Auskiesung erfolgt in der Regel bis an die Basis des Aquifers.

Der Kiesabbau Hohenrode der AHE Schaumburger Weserkies GmbH ist seit 2016 beendet.

Das Kiesabbau-Gebiet Engern sowie das ehemalige Kiesabbau-Gebiet Hohenrode haben einen direkten Zugang für Transportschiffe zur Weser (blaue Pfeile in Abbildung 16) unmittelbar am Weserufer. In wesernahen und entsprechend verbundenen Seen stellt sich dadurch der lokale Weserwasserstand in Höhe der Anschlüsse ein.

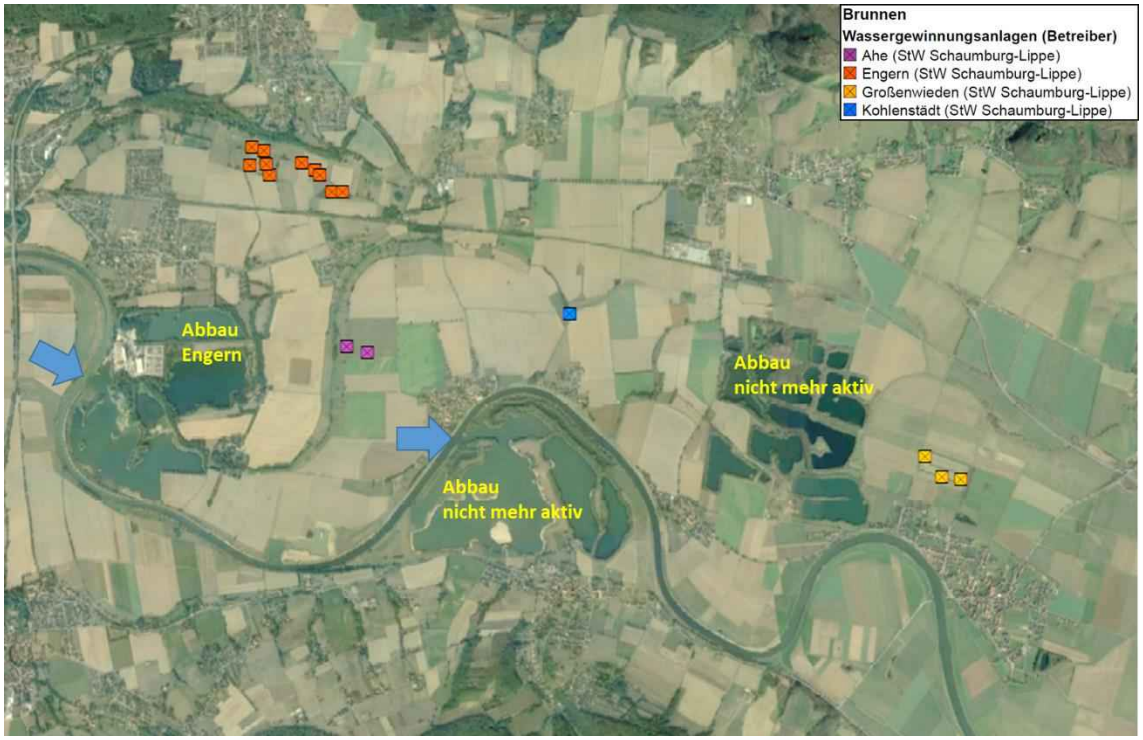



**Abbildung 16: Flächen des Kiesabbaus im Luftbild (Quelle: Google)**

Für den Abbau Engern ist eine Erweiterung in Richtung Osten, parallel zur Weser vorgesehen und bereits genehmigt (Erweiterung „Neelhof“, siehe Kap. 6.1.2).

Der Abbau hinterlässt eine für Mensch und Tier vielseitig nutzbare Seenplatte, verändert allerdings nach und nach das alte Landschaftsbild der Weseraue **[U17]** und die Grundwasserverhältnisse.

## 3.10 Altlastverdachtsflächen

Im Untersuchungsgebiet befinden sind nach Angaben des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) **[U5]** Altlastverdachtsflächen, deren Standorte in Abbildung 17 eingetragen sind.

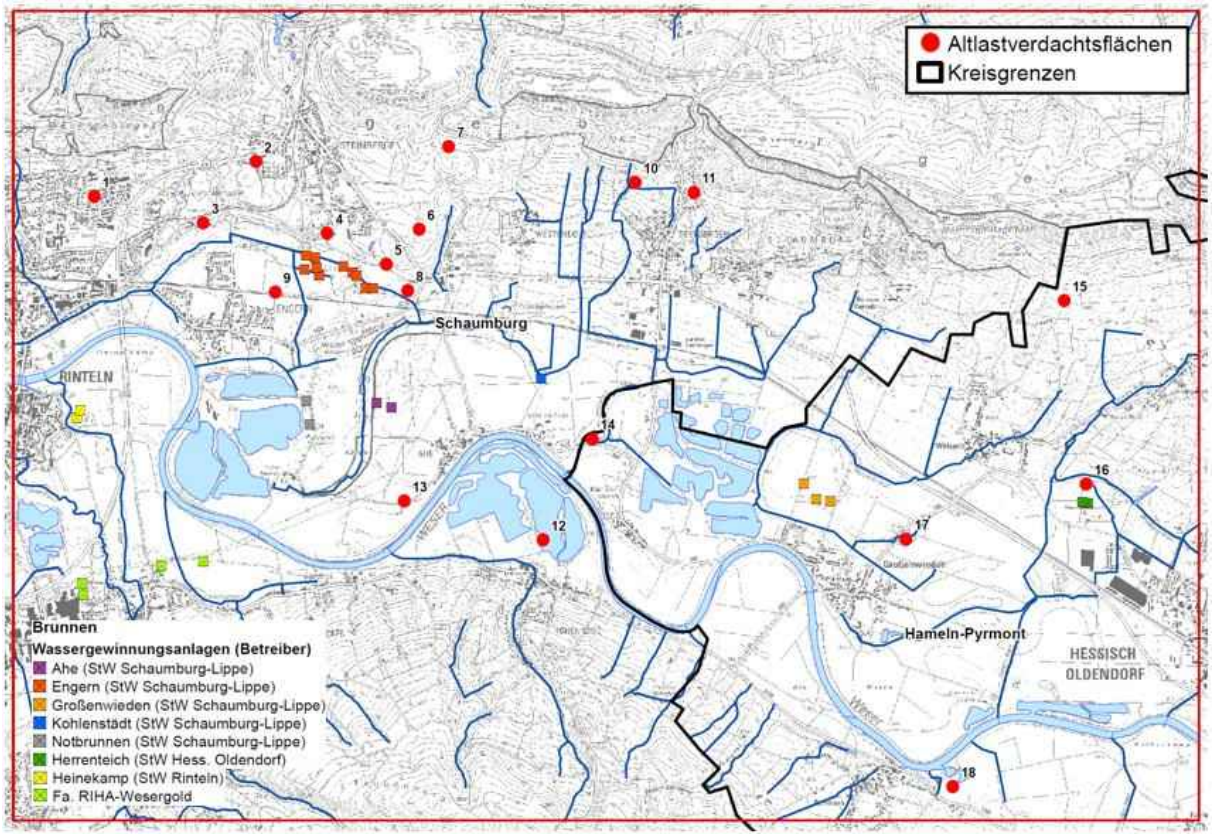



**Abbildung 17: Altlastverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet [U5]**

Folgende Informationen zu den einzelnen Altlastverdachtsflächen stehen über den Kartenserver des LBEG **[U5]** zur Verfügung:

| Lfd. Nr. | Standort-nummer | Name | Erstbewertung | Zuständige Boden-schutzbehörde |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2570314028 | STRASSENBEREICH HAENDELWEG, HAYDNWEG | 61 | Landkreis Schaum-burg |
| 2 | 2570314034 | W DER STR. "AM FUCHSORT" | 78 | |
| 3 | 2570314002 | BRINKHOF | Sicherung/Sanierung ist erfolgt | |
| 4 | 2570314003 | WEG-AUFFUELLUNG, W ORTSRAND, E KLAERANL. | Sicherung/Sanierung ist erfolgt | |
| 5 | 2570314031 | ZWISCHEN WEIZENBRINK U. L 438 | Erkundung ist erfolgt | |
| 6 | 2570314035 | E Hamelner Str. | 0 | |
| 7 | 2570314004 | MESSINGEGGE | Erkundung ist erfolgt | |
| 8 | 2570314029 | EHEM.TONGRUBE, E DOEKEREI, N DB-STRECKE | Erkundung ist erfolgt | |
| 9 | 2570314007 | AN DER BAHN | Erkundung ist erfolgt | |
| 10 | 2570314033 | IM "STIEGSGRND" 300 M N FRIEDHOF | 56 | |
| 11 | 2570314032 | N/E-ECKGRUNDSTUECK, AUF DER BULTE | 50 | |
| 12 | 2570314038 | N Hohenrode | 0 | |
| 13 | 2570314010 | S von Ahe | 51 | |
| 14 | 2570314030 | ZWISCHEN K 82 UND DECKBERGER BACH | 51 | |
| 15 | 2520074002 | ROHDEN,1.5 KM W`ORTSL.,NE`AM TREISCHBERG | Erkundung ist erfolgt; OU konnte den Verdacht ei-ner Altlast ausräumen, keine weiteren Hand-lungsschritte erforderlich | Landkreis Hameln-Pyrmont |
| 16 | 2520074060 | EHEM. MERGELGRUBE HERRENTEICH | 66 | |
| 17 | 2520074013 | GROSSENWIEDEN,400M NW` ORTSL., A.D.K 81 | Erkundung ist erfolgt; keine Nutzungseinschrän-kungen auf der Fläche notwendig; GW-Monitoring | |
| 18 | 2520074050 | EHEM. KIESGR., E ORTSRAND, 100 M N L 433 | 77 | |

**Tabelle 5: Auflistung der Altlastverdachtsflächen im Untersuchungsgebiet**

Bei den Flächen 1, 2, 16 und 18 ist auf Grund der Erstbewertung (> 60 Punkte) die Erkundung als vorrangig einzustufen. An Hand der bisher vorhandenen Unterlagen ist bei den Altlastver-dachtsflächen von keinem relevanten Gefährdungspotential auszugehen.

## 3.11 Förderbrunnen und Fördermengen

Im Untersuchungsgebiet sind Förderbrunnen unterschiedlicher Betreiber vorhanden. Die folgende Abbildung 18 gibt einen Überblick über die Lage der Brunnen (siehe auch **Anlage 1**).

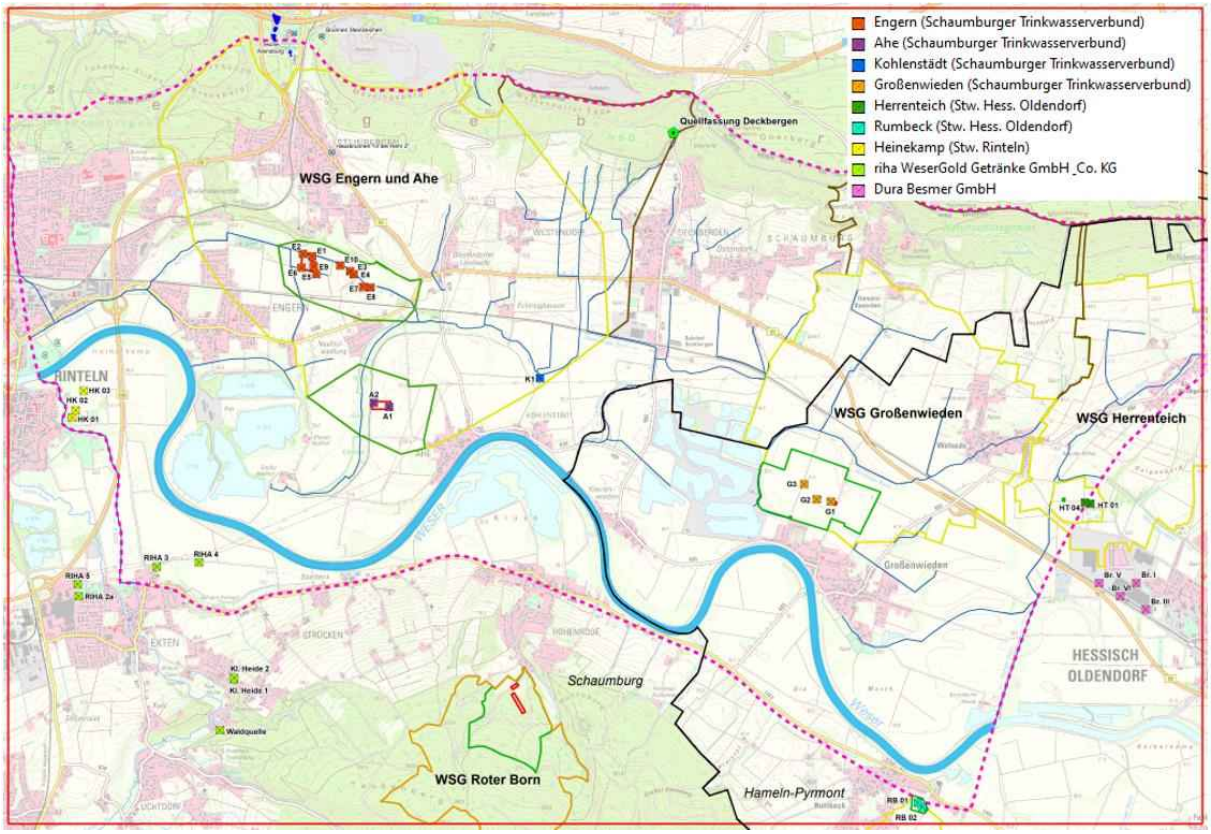



**Abbildung 18: Förderbrunnen im Untersuchungsgebiet und deren Betreiber**

### 3.11.1 Förderbrunnen der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH

Die Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH betreibt das Wasserwerk Engern mit den Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden. Die Fassungen umfassen insgesamt 15 Vertikalfilterbrunnen Die Bohr- und Ausbauprofile der Brunnen befinden sich in den **Anlagen 2.1 – 2.4**, die Lage ist u. a. der **Anlage 1** zu entnehmen. Die Gesellschaft wurde 1987 gegründet und setzt sich aus der Stadtwerke Schaumburg Lippe GmbH und der Stadtwerke Rinteln GmbH zusammen. Die Betriebsführung erfolgt über die Stadtwerke Schaumburg Lippe GmbH.

Die Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH verfügt seit Juni 2017 über erneuerte wasserrechtliche Bewilligungsmengen von rechnerisch 4,6 Mio. m³/a für die Fassungen Engern (1,8 Mio. m³/a), Ahe (0,8 Mio. m³/a), Kohlenstädt (0,5 Mio. m³/a) **[U1]** und Großenwieden (1,5 Mio. m³/a) **[U2]**. Bei der Beantragung wurde die Gesamt-Entnahmemenge auf insgesamt 4,4 Mio. m³/a begrenzt.

Bis zum 21.10.1982 betrug die bewilligte Entnahmemenge für die Fassung Ahe 1,6 Mio. m³/a. Infolge der Infiltration von versalztem Weserwasser sollte nach dem Bewilligungsbescheid vom 22.01.1986 **[U3]** die Fördermenge aus der Fassung Ahe 0,8 Mio. m³/a nicht überschreiten. Die wasserrechtlichen Bewilligungen für die Fassungen Engern und Ahe sowie die wasserrechtliche Erlaubnis für den Brunnen Kohlenstädt endeten am 31.12.2016. Für die Fassung Großenwieden bestand eine bis zum 03.01.2010 befristete wasserrechtliche Bewilligung in einer Höhe von 1,5 Mio. m³/a. Ab dem 01.07.2010 lag ein Bescheid zum vorzeitigen Maßnahmenbeginn nach § 17 WHG vom Landkreis Hameln-Pyrmont vor **[U2]**.

Eine Übersicht über die bestehenden und ausgelaufenen Wasserrechte gibt die Tabelle 6.

| Fassung | Bewilligung gültig bis | Menge: gültige Bewilligung [m³/a] | Menge: ausgelaufene Bewilligung [m³/a] |
|---|---|---|---|
| Engern | 31.12.2047 | 1 800 000 | 2 200 000* |
| Ahe | 31.12.2047 | 800 000 | 800 000* |
| Kohlenstädt | 31.12.2047 | 500 000 | 700 000 |
| Großenwieden | 31.12.2047 | 1 500 000 | 1 500 000<br>(ab 03.01.2010: 1.200.000 im Verfahren) |
| **Summe** | | **4 600 000** *in der Gesamtsumme max. 4 400 00* | **4 900 000** |
| *lt. Bescheid 22.01.1986: Gesamtentnahme 3 Mio. m³/a | | | |

**Tabelle 6: Bestehende und ausgelaufene Wasserrechte der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH [U1; U2; U3]**

Untersuchungszeiträume

Als Grundlage für die die Aktualisierung des numerischen Grundwassermodells wurden die hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse des Zeitraums 2016 - 2018 definiert. Auf diesen Zeitraum wird in der folgenden Darstellung und Beschreibung der Fördermengenentwicklung seit dem Jahr 2000 besonderer Bezug genommen.

Wassergewinnung Engern

Die Förderung in der Wassergewinnungsanlage Engern erfolgt derzeit durch neun Brunnen (Br. Engern 1-7 und Br. Engern 9-10), die im quartären Grundwasserleiter verfiltert sind. Die 2 m bis 4 m langen Filterstrecken befinden sich in Tiefen von ca. 4 m bis 11 m u. GOK **[U16]**.

Für die Wassergewinnung Engern besteht ein Wasserschutzgebiet (Engern/Ahe) **[U3]**.

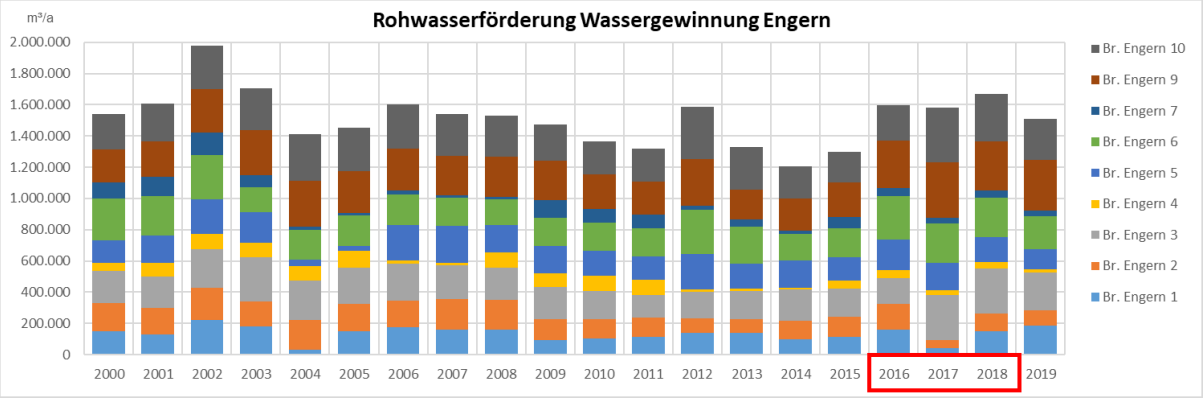



**Abbildung 19: Fördermengen der WG Engern 2000 – 2019**

Die Abbildung 19 zeigt die Fördermengen in den Jahren 2000 bis 2019.

Sie schwanken zwischen ca. 1,2 Mio. m³/a (2014) und 2,0 Mio. m³/a (2002). In den Jahren 2016 – 2018 (Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 1,62 Mio. m³/a entnommen. Die größten Entnahmemengen wurden dabei aus den Brunnen 3, 6, 9 und 10 bezogen (jeweils mehr als 200.000 m³/a). Aus den Brunnen 4 und 7 wurde am geringsten gefördert (jeweils unter 100.000 m³/a).

Die im Jahr 2017 wasserrechtlich bewilligte Menge beträgt 1,8 Mio. m³/a **[U1]** und wurde bisher nicht überschritten. Das neue Wasserrecht wurde im Zeitraum 2016 – 2018 insgesamt zu ca. 90% (2018 zu 93 %) ausgeschöpft.

<u>Wassergewinnung Ahe</u>

Die Förderung in der Wassergewinnungsanlage Ahe erfolgt derzeit aus zwei Brunnen (Br. Ahe 1 und Br. Ahe 2), die im quartären Grundwasserleiter verfiltert sind. Die 6 m bzw. 7 m langen Filterstrecken befinden sich in Tiefen von ca. 9 m bis 16 m u. GOK **[U16]**.

Die Wassergewinnung Ahe befindet sich innerhalb des bisher bestehenden Wasserschutzgebiets Engern/Ahe **[U3]**.

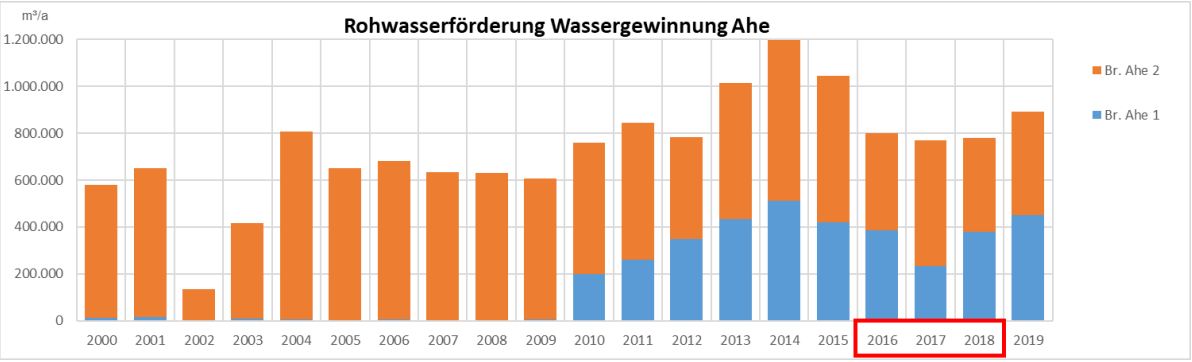



**Abbildung 20: Fördermengen der WG Ahe 2000 – 2019**

Die Abbildung 20 zeigt die Fördermengen in den Jahren 2000 bis 2019.

Sie schwanken zwischen ca. 600.000 m³/a (2000) und 1,2 Mio. m³/a (2014). In den Jahren 2002 und 2003 wurden mit etwa 135.000 m³/a und 410.000 m³/a weitaus geringere Mengen als in den übrigen Jahren gefördert.

Seit dem Jahr 2010 wurden im Rahmen des „Pumpversuches Ahe“ die Entnahmemengen durch Zuschalten des Brunnens A1 sukzessive gesteigert, sodass im Jahr 2014 die für den Pumpversuch bewilligte maximale Entnahme von 1,2 Mio. m³/a erreicht wurde. Die Förderanteile der beiden Brunnen waren hierbei etwa gleich groß (Brunnen 1: ca. 511.690 m³/a, Brunnen 2: ca. 684.837 m³/a).

In den Jahren 2016 – 2018 (Untersuchungs- bzw. Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 780.000 m³/a entnommen, wobei der Fördermengenanteil der beiden Brunnen in den Jahren 2016 und 2018 nahezu gleich hoch war. Im Jahr 2017 wurde dagegen mit einem Anteil von ca. 70 % ein höherer Anteil aus Brunnen 2 entnommen.

Die im Jahr 2017 wasserrechtlich bewilligte Entnahmemenge der Wassergewinnung Ahe von 0,8 Mio. m³/a **[U1]** wurde bis einschließlich 2018 nicht überschritten[2]. Das neue Wasserrecht wurde im Zeitraum 2016 – 2018 insgesamt zu ca. 98% (2016 zu 100 %) ausgeschöpft.

Wassergewinnung Kohlenstädt

Die Förderung in der Wassergewinnungsanlage Kohlenstädt erfolgt derzeit durch einen Brunnen (Brunnen Kohlenstädt), der im quartären Grundwasserleiter verfiltert ist. Die Filterstrecke befindet sich in der Tiefe von 6,5 m bis 8,5 m u. GOK **[U16]**.

Die Wassergewinnung Kohlenstädt liegt nur teilweise innerhalb des bisher bestehenden Wasserschutzgebiets Engern/Ahe **[U3]**.

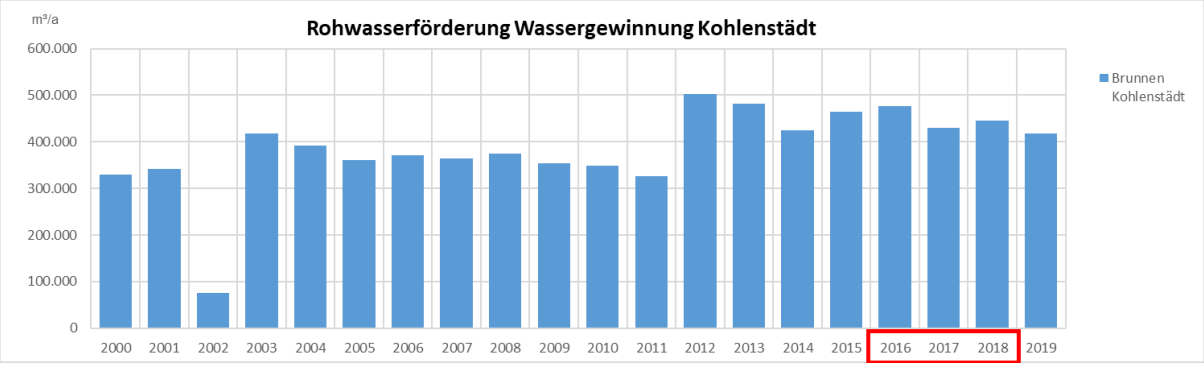



**Abbildung 21: Fördermengen der WG Kohlenstädt 2000 – 2019**

Die Abbildung 21 zeigt die Fördermengen in den Jahren 2000 bis 2019.

Sie schwanken zwischen ca. 330.000 m³/a (2011) und 503.000 m³/a (2012). Im Jahr 2002 wurde mit etwa 113.000 m³/a weitaus weniger gefördert als in den übrigen Jahren.

In den Jahren 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 451.000 m³/a entnommen.

[2] Im Jahr 2019 wurde die bewilligte Menge bei einer Entnahme von 892.000 um ca. 11% überschritten

Die im Jahr 2017 wasserrechtlich bewilligte Menge in Höhe von 0,5 Mio. m³/a **[U1]** wurde bisher nicht überschritten. Das neue Wasserrecht wurde im Zeitraum 2016 – 2018 insgesamt zu ca. 90% (2016 zu 95 %) ausgeschöpft.

Wassergewinnung Großenwieden

Die Förderung in der Wassergewinnungsanlage Großenwieden erfolgt durch drei Brunnen (Br. Großenwieden 1-3), die im quartären Grundwasserleiter verfiltert sind. Die 4 m bis 6 m langen Filterstrecken befinden sich in Tiefen von ca. 6 m bis 12 m u. GOK **[U16]**.

Für die Wassergewinnung Großenwieden besteht ein Wasserschutzgebiet **[U3]**.

Die Abbildung 22 zeigt die Fördermengen in den Jahren 2000 bis 2019.

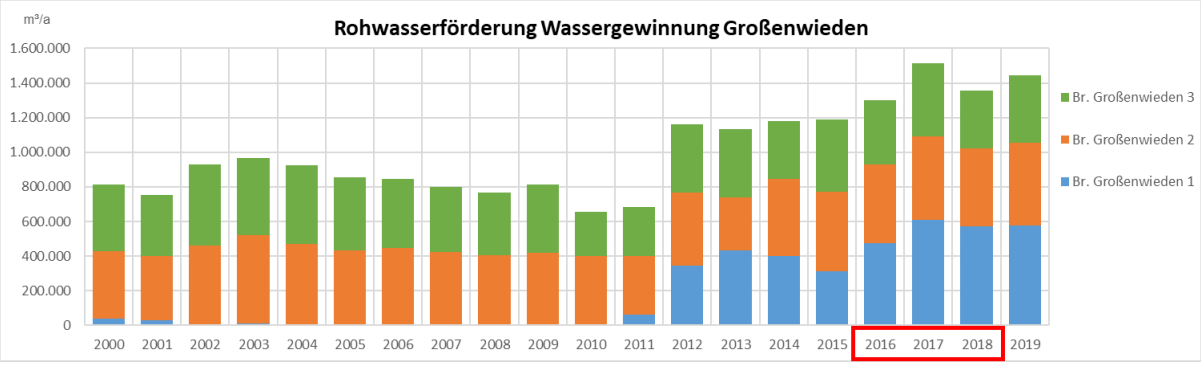



**Abbildung 22: Fördermengen der WG Großenwieden 2000 – 2019**

Sie schwanken bis 2011 zwischen ca. 655.000 m³/a (2010) und 955.000 m³/a (2003). Im Zeitraum von 2012 bis 2015 wurden größere Mengen von knapp 1,2 Mio. m³/a gefördert. Seit 2016 sind die Fördermengen weiter gestiegen und betragen nun zwischen 1,30 Mio. m³/a und 1,50 Mio. m³/a.

In den Jahren 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 1,39 Mio. m³/a entnommen, wobei stets die größte Menge durch den Brunnen 1 (37 - 42 %) und die geringste Menge aus dem Brunnen 3 (25 - 29 %) entnommen wurde.

Die im Jahr 2017 wasserrechtlich bewilligte Menge beträgt 1,5 Mio. m³/a und wurde bisher nicht wesentlich überschritten **[U1]**. Das neue Wasserrecht wurde im Zeitraum 2016 – 2018 insgesamt zu ca. 93% (2017 zu 100 %) ausgeschöpft.

In Tabelle 7 werden die Entnahmemengen des Kalibrierzeitraumes 2016 - 2018 und der im Rahmen des Wasserrechtsverfahrens verwendeten Kalibrierzeiträume 2005 - 2009 sowie WWJ 2014 zusammenfassend aufgeführt. Insgesamt sind im Kalibrierzeitraum 2016 - 2018 ca. 0,9 Mio. m³/a (gegenüber Mittel 2005 - 2009) bzw. ca. 0,2 Mio. m³ (gegenüber WWJ 2014) mehr entnommen worden.

Vergleich der Fördermengen unterschiedlicher Betrachtungszeiträume

Gegenüber dem Mittel 2005 - 2009 wurde im aktuellen Kalibrierzeitraum in allen Fassungen mehr entnommen. Verglichen mit dem WWJ 2014 erfolgte im aktuellen Kalibrierzeitraum eine

höhere Entnahme über die Fassungen Engern, Kohlenstädt und Großenwieden, während die Entnahmen der Fassung Ahe verringert wurde.

Die Zunahme der Entnahmen ist im Wesentlichen auf den seit dem Jahr 2012 bestehenden Liefervertrag mit den Stadtwerken Rinteln zurückzuführen.

| Fassung | Mittelwert 2016 - 2018 [m³/a] | Mittelwert 2005 - 2009 [m³/a] | WWJ 2014 [m³/a] | Differenz 16-18/05-09 [m³/a] | Differenz 16-18/WWJ14 [m³/a] |
|---|---|---|---|---|---|
| Engern | 1 616 156 | 1 519 680 | 1 272 510 | 96 477 | 343 647 |
| Ahe | 782 757 | 640 829 | 1 183 181 | 141 928 | - 400 424 |
| Kohlenstädt | 450 722 | 366 227 | 424 009 | 84 495 | 26 713 |
| Großenwieden | 1 390 836 | 815 437 | 1 181 636 | 575 398 | 209 200 |
| *Summe* | *4 240 471* | *3 342 173* | *4 061 336* | *898 298* | *179 135* |

**Tabelle 7: Übersicht über die Entnahmemengen der Wasserfassungen der Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH im Kalibrierzeitraum 2016 - 2018 und Gegenüberstellung mit den vorangegangenen Kalibrierzeiträumen 2005 - 2009 und WWJ 2014**

### 3.11.2 Sonstige Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet

Innerhalb des Untersuchungsgebietes befindet sich die Wassergewinnungsanlage Herrenteich der Stadtwerke Hessisch Oldendorf. Die Förderung erfolgt derzeit durch zwei Brunnen (Brunnen 1 und 4), die im quartären Grundwasserleiter verfiltert sind. Die 3 m bis 4 m langen Filterstrecken befinden sich in der Tiefe von 5 m bis 9 m u. GOK **[U16]**.

Die Wassergewinnung Herrenteich befindet sich im ausgewiesenen Wasserschutzgebiet Herrenteich **[U1]**.

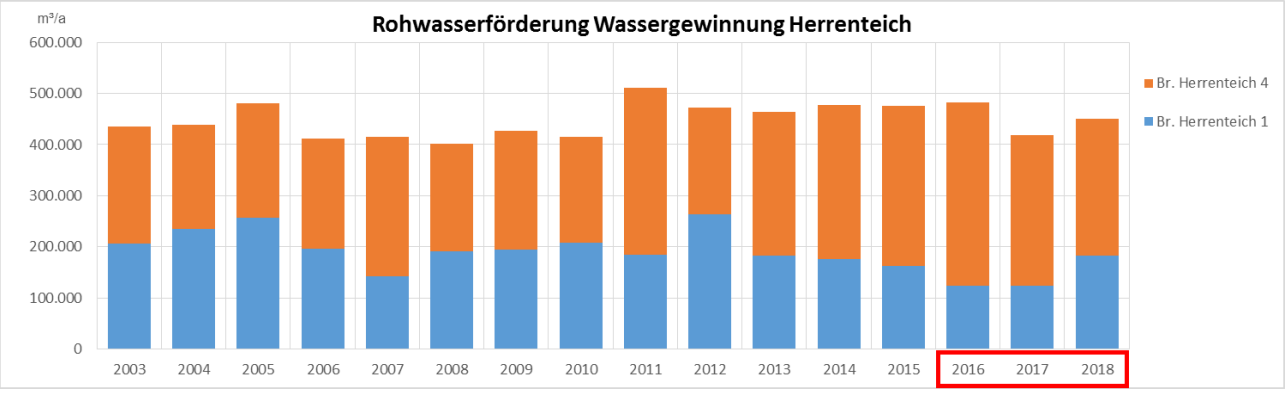



**Abbildung 23: Fördermengen der WG Herrenteich 2003 – 2018**

Die Abbildung 23 zeigt die Fördermengen in den Jahren 2003 bis 2018. Sie schwanken zwischen ca. 400.000 m³/a (2008) und 500.000 m³/a (2011).

In den Jahren 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 450.000 m³/a entnommen, wobei ein größerer Anteil aus dem Brunnen 4 gefördert wurde (ca. 59 - 74 %).

Innerhalb des Untersuchungsgebietes liegen weitere Grundwasserentnahmen zur öffentlichen Trink- und Brauchwassergewinnung (WG Rumbeck – Stw. Hess. Oldendorf; WG Heinekamp – Stw. Rinteln) sowie private Brauch- und Industrie-Grundwasserentnahmen (Fa. riha Weser-Gold Getränke GmbH & Co. KG) **[U16]**.

Die Fördermengen der WG Rumbeck (Brunnen RB 01 und 02) schwanken im Zeitraum 2003 bis 2018 zwischen ca. 73.000 m³/a (2005) und 124.000 m³/a (2003). In den Jahren 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 88.000 m³/a entnommen.

Für die Wassergewinnung Heinekamp (Brunnen HK 01 und 02) liegen Fördermengen für den Zeitraum 2008 bis 2018 vor. Sie schwanken zwischen ca. 350.000 m³/a (2018) und 1.000.000 m³/a (2010). In den Jahren 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) wurden im Mittel ca. 647.000 m³/a entnommen.

Für die private Brauch- und Industrie-Grundwasserentnahme der Fa. riha WeserGold (Brunnen RIHA 2a, 3, 4 und 5) liegen keine Fördermengen für den relevanten Zeitraum 2016 bis 2018 vor.

Die Entnahmen bzw. -mengen aus den Wassergewinnungen Rumbeck, Heinekamp, Fa. riha WeserGold sind für die durchzuführenden Untersuchungen und Berechnungen nicht wesentlich, da sie südlich der Weser liegen. Auswirkungen des genehmigten Wasserrechts auf diese Entnahmen können ausgeschlossen werden.

In Hessisch Oldendorf, außerhalb des Untersuchungsgebiets, ca. 0,5 km östlich der Untersuchungsgebietsgrenze liegen vier Betriebswasserbrunnen der ehemaligen Fa. Besmer Dura GmbH. Die Firma ist in Konkurs gegangen, daher fanden im Zeitraum 2016 – 2018 und finden auch aktuell aus diesen Brunnen keine Entnahmen statt.

### 3.11.3 Quelle Deckbergen

Die Stadtwerke Rinteln GmbH betreibt an der Quelle Deckbergen (siehe **Anlage 1**) eine Quellfassung, aus der lt. Erlaubnis vom 08.11.2013 bis zu 52.700 m³/a Wasser entnommen werden dürfen.

Bei der Quelle (es handelt sich um mehrere einzelne Quellaustritte), die in einem Quertal am Nordrand des Untersuchungsgebiets oberhalb der Ortschaft Deckbergen entspringt und die Quellfassung speist, handelt es sich nach **[U18]** um eine sogenannte Überlaufquelle. Grundwasser, das in grundwasserleitenden Schichten des Cornbrash (klüftiger Kalksandstein, mittlerer Jura) zirkuliert und sich auf den liegenden, grundwassergeringleitenden Schichten der Württembergica-Schichten (Tonstein, mittlerer Jura (Dogger)) aufstaut, tritt an einem Taleinschnitt an morphologisch tiefster Stelle des Cornbrash in mehreren Quellen aus und fließt nach Süden in Richtung Weser im Deckberger Bach ab. Der schematische hydrogeologische Profilschnitt in Abbildung 24 zeigt die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Quelle bzw. des Kamms des Wesergebirges.

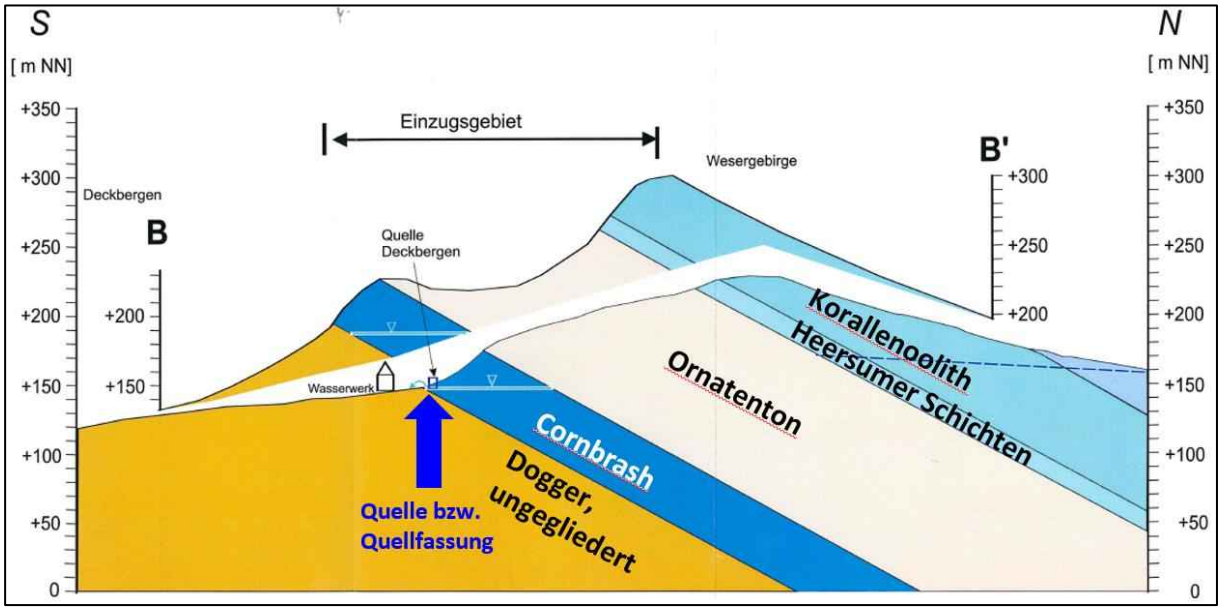



**Abbildung 24 Schematischer Profilschnitt im Bereich der Quelle Deckbergen (Grundlage aus [U18])**

Die Quellfassung der Stadtwerke Rinteln GmbH erschließt einen dieser Quellaustritte und somit nur einen Teil der Gesamtschüttung. Die nachfolgende Abbildung 25 zeigt schematisch die Funktionsweise der Wassergewinnung Deckbergen mit dem Zulauf aus der Quellfassung.

Nach **[U18]** lässt sich jährliche Gesamtquellschüttung je nach Witterungsbedingungen zwischen 150.000 und 250.000 m³/a (im Mittel etwa 200.000 m³/a) abschätzen. Bei Schüttungsmessungen konnten im Zeitraum April 2010 bis März 2011 ca. 187.000 m³/a ermittelt werden.

Lt. bestehender wasserrechtlicher Erlaubnis vom 03.08.2013 dürfen von diesem Quellwasser bis zu 52.700 m³/a genutzt werden. Die Entnahme ist dabei (abgesehen von technischen und hygienischen Notwendigkeiten z. B. Spülung der Trinkwasserleitung) auf September bis März beschränkt.

Aus Abbildung 26 werden die Zulaufmengen aus der Quellfassung für die Jahre 2004 bis 2018 in den Hochbehälter Deckbergen, der auch aus dem Netz der Stadtwerke Rinteln gespeist wird, ersichtlich. Die Zulaufwerte schwanken zwischen ca. 5 000 und 52 000 m³/a. Im Kalibrierzeitraum 2016 – 2018 betrug der Zulauf im Mittel ca. 25 000 m³/a.

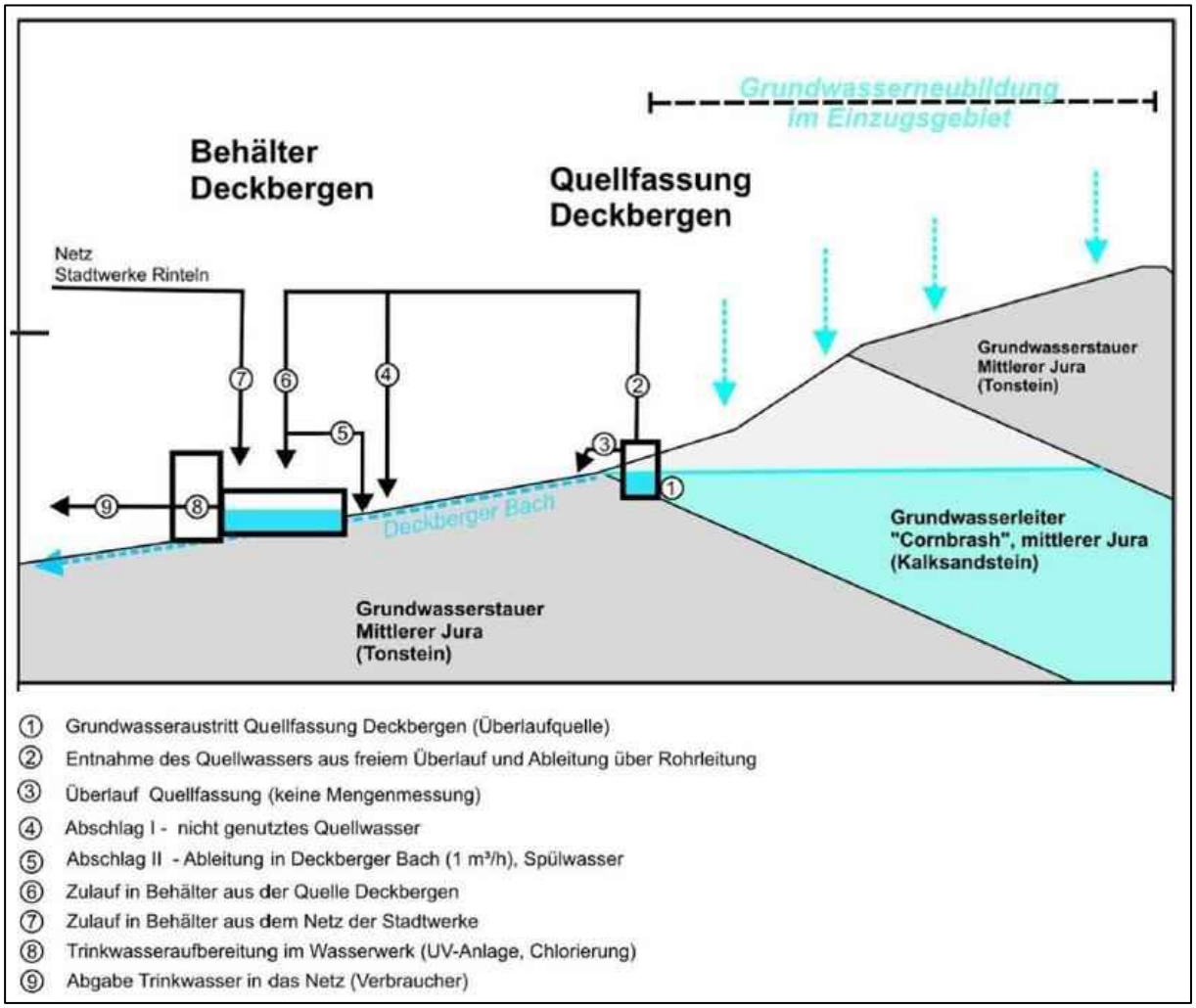
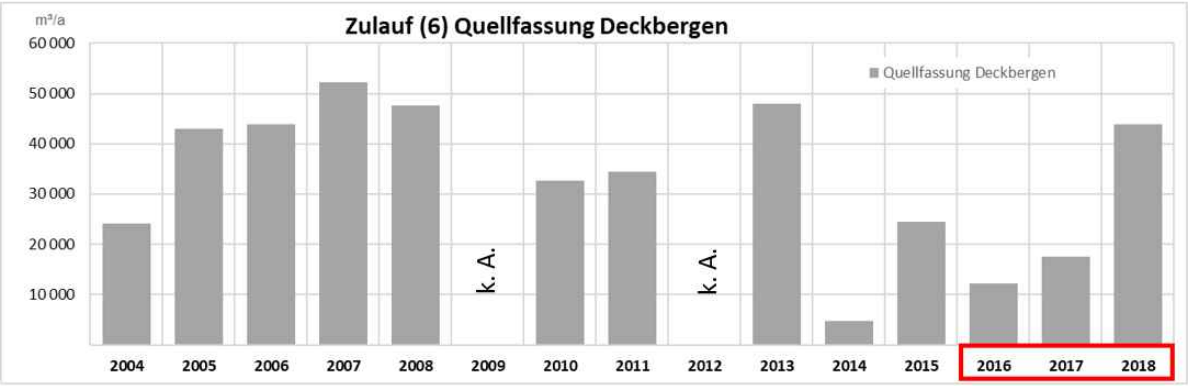



**Abbildung 25 Schematische Darstellung der Trinkwassergewinnung Deckbergen (aus U18, U22]**




*k. A. = keine Angaben*

**Abbildung 26 Zulaufmengen in den Behälter Deckbergen aus der Quelle Deckbergen**

## 3.12 Grundwassermessstellen

Für die Erfassung der Standrohrspiegelhöhen[3] stehen im Untersuchungsgebiet 323 Grundwassermessstellen von folgenden Betreibern zur Verfügung **[U16]**:

| Betreiber | Anzahl der Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet |
|---|---|
| NLWKN | 1 |
| RIHA-Wesergold | 41 |
| Stadtwerke Schaumburg-Lippe GmbH | 162 |
| Schaumburger Weserkies GmbH | 17 |
| Stadt Hessisch Oldendorf | 5 |
| Stadtwerke Hameln | 5 |
| Stadtwerke Hessisch Oldendorf | 60 |
| Stadtwerke Rinteln | 29 |
| WHI Heßlingen | 3 |
| **Summe** | **323** |

**Tabelle 8: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet [U16]**

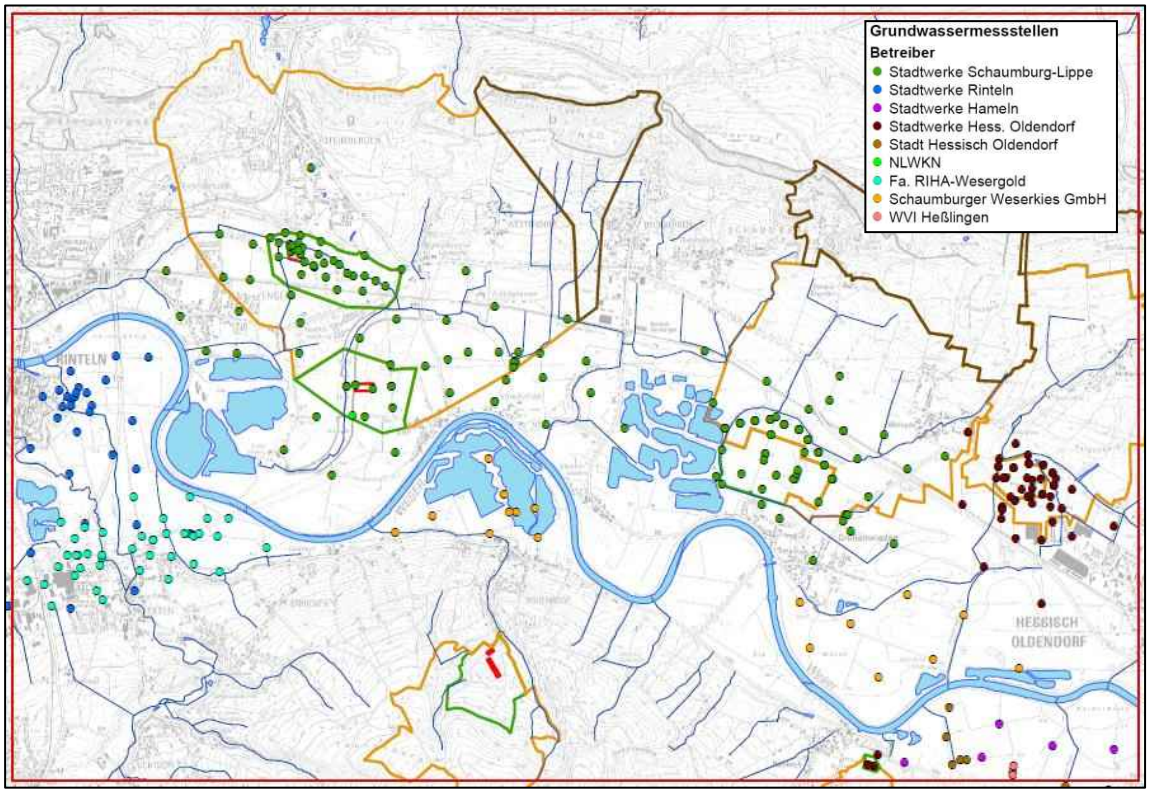



**Abbildung 27: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet**

[3] Nach DIN 4049-3: Summe aus geodätischer Höhe und Druckhöhe für einem Punkt (Mittelpunkt der Filterstrecke einer Grundwassermessstelle) in einem betrachteten Grundwasserkörper, hier vereinfacht: Grundwasserstand in der Messstelle in m NN.

Für die meisten Messstellen liegen in der Regel monatliche Messwerte vor. Die Lage der Messstellen kann der Abbildung 27 als Übersicht sowie der **Anlage 1** entnommen werden.

Die Grundwassermessstellen lassen sich entsprechend ihrer Filterlage (in der Regel bis 20 m in Einzelfällen bis zu 50 m) dem quartären Grundwasserleiter zuordnen.

### 3.13 Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserreaktionen

In den **Anlagen 4.1 – 4.4** werden ausgewählte Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen für den Zeitraum Januar 2000 bis August 2019, basierend auf Monatswerten, dargestellt. Zudem sind in die Diagramme die jeweiligen Mittelwerte des Zeitraumes 2016 - 2018 (Kalibrierzeitraum) eingetragen. Die Lage der Messstellen wird in detaillierten Lageplänen in den jeweiligen Anlagen dargestellt.

Die Ganglinien der Messstellen zeigen allgemein einen typischen witterungsbedingten Jahresgang mit höheren Standrohrspiegelhöhen zu Beginn des Jahres (Frühjahr) und niedrigeren Niveaus im Herbst.

In der **Anlage 4.1** werden die Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen der im Bereich der Fassung Ahe liegenden Messstellen P 029, P 043 und P 147 dargestellt.

Auf Grundlage der Aufzeichnungen des Weserpegels Rinteln wurde der Wasserstand der Weser in Höhe der Messstelle P 147 interpoliert (Fließgefälle der Weser ca. 0,33 m/km, s. o.). Demnach ergibt sich für diese Stelle ein ca. 1,5 m höherer Wasserstand als beim Weserpegel Rinteln.

An den Ganglinienverläufen ist deutlich zu erkennen, dass die Standrohrspiegelhöhen in den Talniederungen unterschiedlich stark durch die Weser beeinflusst werden. Der Ganglinienverlauf der in unmittelbarer Nähe zur Weser liegenden Messstelle P 147 (ca. 250 m Entfernung) zeigt einen dem Weserpegel sehr ähnlichen Verlauf. Wie auch beim Weserpegel ist ein unruhiger Jahresgang mit mehreren jährlichen Zwischenmaxima und –minima erkennbar. Die im Betrachtungszeitraum häufig auftretenden markanten Peaks der Maxima fallen zeitlich ohne Verzögerung mit den Weserhochwässern zusammen.

Das Niveau der Messstelle P 147 war bis Ende 2013 mit ca. 0,1 m – 0,2 m etwas höher als der Weserwasserstand. Nach Feststellung einer teilweisen Versandung der Filterstrecke der Messstelle P 147 wurde sie Ende 2013 gespült bzw. gereinigt. Seit diesem Zeitpunkt liegen die gemessenen Standrohrspiegelhöhen ca. 0,5 m tiefer als vorher und unter dem Wasserstandsniveau der Weser. Die gemessenen Grundwasserschwankungen sind plausibel und zeigen die generelle Funktionsfähigkeit der Messstelle. Für das tiefere Niveau gibt es hydraulisch aber keine plausible Erklärung; möglicherweise hat sich an der Messstellengeometrie etwas verändert. Gegen Ende März 2020 wird die Messstelle P 147 daher durch einen Neubau ersetzt.

Die jährlichen Schwankungen in der Messstelle P 147 betragen über 2 m (bei Hochwasser bis zu 3 m) und sind nur unwesentlich geringer als beim Weserpegel.

Mit zunehmender Entfernung zur Weser ist deren Einfluss auf die Standrohrspiegelhöhen entsprechend geringer. Die Messstelle P 029 befindet sich in 950 m Entfernung zur Weser und repräsentiert den „normalen“ Grundwasserleiter in der Weserniederung. Sie besitzt einen ruhigeren Jahresgang mit Maxima im Frühjahr (Februar / März) und Minima im Herbst zum Ende des Jahres (Oktober – Dezember). Die Reaktionen auf extreme Hochwasserereignisse sind gedämpfter als bei der Messstelle P 147. Markante Maxima, v.a. zu Beginn der Jahre 2002, 2003, 2008, und 2018 stehen aber auch im Zusammenhang mit niederschlagsreichen Perioden und werden hier im Anschluss an die sehr niederschlagsreichen Jahre 2002, 2007 und 2017 erreicht. Die Schwankungen innerhalb eines Jahres sind mit etwa 2 m geringer als bei wesernahen Messstellen.

Die Messstelle P 043 liegt ca. 1,4 km nördlich der Weser im Übergangsbereich vom Locker- zum Festgestein. Sie besitzt einen harmonischen Jahresgang, der kaum durch Zwischenmaxima und –minima unterbrochen wird. Die Maxima werden im späten Frühjahr (April / Mai) und die Minima häufig am Ende des Jahres erreicht (November / Dezember). Die Zeitverzögerung gegenüber den übrigen Messstellen beträgt dabei etwa zwei Monate. Markante Maxima stehen im Zusammenhang mit niederschlagsreichen Perioden und werden hier im Anschluss an die sehr niederschlagsreichen Jahre 2002, 2007 und 2017 erreicht. Ein Wesereinfluss ist im Ganglinienverlauf nicht zu beobachten. Die Schwankungen innerhalb eines Jahres sind mit etwa 1 m – 1,5 m deutlich geringer als bei wesernahen Messstellen.

Innerhalb des Quartär-Grundwasserleiters sind lokal und vereinzelt geringmächtige Grundwasserhemmer aus schluffigen Ablagerungen eingeschaltet, die aber einen nur lokalen und insgesamt sehr geringen Einfluss auf die Standrohrspiegelhöhen haben. In der **Anlage 4.2** werden beispielhaft die Ganglinienverläufe der Messstellen P 213a, die oberhalb, und P 213b, die unterhalb eines lokalen, ca. 3,5 m mächtigen Hemmers verfiltert sind, dargestellt. Beide Messstellen befinden sich nordöstlich der Wassergewinnung Großenwieden. Es entstehen nur geringe Potentialunterschiede von einigen Zentimetern. Da diese Hemmer nur lokal vorkommen und eine nur geringe Wirkung auf die Grundwasserströmung haben, entsteht durch sie keine relevante Untergliederung des Quartär-Grundwasserleiters in Grundwasserstockwerke. Daher ist eine entsprechende vertikale Differenzierung des Quartär-Grundwasserleiters im Rahmen der Aufgabenstellung nicht notwendig.

Der fortschreitende Kiesabbau wirkt sich offensichtlich auch auf die Entwicklung der Standrohrspiegelhöhen aus. In der **Anlage 4.3** werden die Ganglinien der Messstellen P 037 und P 148 dargestellt. Die Messstelle P 037 befindet sich unmittelbar am Rand des Kiesabbaus südlich von Engern. Die Messstelle P 148 liegt etwa 500 m weiter östlich. Während der Potentialunterschied beider Messstellen zu Beginn des Betrachtungszeitraums (Jahr 2000) mit ca. 0,1 m noch sehr gering war, vergrößerte sich diese Differenz bis zum Jahr 2013 auf max. 0,4 m. Seit dem Jahr 2014 schwankt der Potentialunterschied zwischen 0,3 m und 0,4 m. Der unmittelbare Einfluss der Weser ist in beiden Messstellen etwa gleich. Die Messstellen liegen jeweils ca. 600 m von der Weser entfernt.

Analog zum interpolierten Pegel bei der Messstelle P 147 wurde für diesen Bereich ein weiterer Messpunkt für den Weserwasserstand interpoliert (Pegel bei P 148). Hierfür wurde ein um 2 m höherer Wasserstand als beim Weserpegel Rinteln errechnet. Für die Messstellen P 037 und P 148 ergeben sich ähnliche Ganglinienverläufe wie für die ebenfalls wesernahe Messstelle P 147. Die Niveaus der Messstellen P 037 und P 148 sind allgemein um ca. 0,2 m bzw. 0,4 m höher als der Weserwasserstand.

In der **Anlage 4.4** werden die Ganglinienverläufe der Messstellen P 209, P 230, P 234 und P 235 dargestellt. Diese wesernahen Messstellen (Entfernung ca. 250 – 700 m) befinden sich nahe der Wasserfassungen Großenwieden. Analog zu den interpolierten Pegeln bei den Messstellen P 147 und P 148 wurde für diesen Bereich ein weiterer Messpunkt für den Weserwasserstand interpoliert (Pegel bei P 234). Für diesen Messpunkt wurde ein um 3,6 m höherer Wasserstand als beim Weserpegel Rinteln berechnet. Die Standrohrspiegelhöhen der Messstellen liegen im Mittel über 0,5 m höher als die Wasserstände der Weser. Eine Infiltration der Weser ist, mit Ausnahme von Hochwasserereignissen, somit nicht gegeben.

Am Ganglinienverlauf aller dargestellten Messstellen ist festzustellen, dass innerhalb des dargestellten Zeitraums ab etwa 2011 ein Trend zu fallenden Standrohrspiegelhöhen zu erkennen ist. Dieser steht im Zusammenhang mit den niederschlagsarmen Jahren 2011, 2012, 2013, 2016 und 2018. Die Jahres-Minima liegen i.d.R. jeweils unter denen der Periode vor 2011. Das Frühjahrsmaximum des Jahres 2018 liegt aufgrund der regenreichen 2. Hälfte des Jahres 2017 auf einem relativ hohen Niveau. Die Frühjahrsmaxima der Jahre 2017 und 2019 fallen dagegen aufgrund der trockenen Perioden der Vorjahre vergleichsweise gering aus.

Der Zeitraum mit fallenden Standrohrspiegelhöhen fällt jedoch auch mit erhöhten Förderleistungen in den WG Ahe (2013 - 2015), Kohlenstädt (seit 2012) und Großenwieden (seit 2012) im Vergleich zu den Vorjahren zusammen, so dass sich im fallenden Trend auch Fördereinflüsse widerspiegeln.

Im November 2017 wurde die neue Grundwassermessstelle Steinbergen-1 nördlich der Brunnen der WG Engern errichtet, da in diesem Anstrombereich der Brunnen der Fassung Engern bisher keine Grundwassermessstelle vorhanden war. Die Lage der Messstelle ist in **Anlage 1** einzusehen. Seit Dezember 2017 wird auch in dieser Messstelle der Wasserstand kontinuierlich aufgezeichnet. In Abbildung 28 ist die Ganglinie der Standrohrspiegelhöhen der Messstelle Steinbergen-1 von Dezember 2017 bis August 2019, basierend auf Monatswerten, dargestellt. Der Mittelwert des bisherigen ca. 21-monatigen Aufzeichnungszeitraumes liegt bei 62,87 m NN.

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Messstellen, welche sich innerhalb der Niederung des Wesertals befinden, liegt die neue Messstelle Steinbergen-1 im Bereich der Höhenzüge des Weser- und Lipper Berglandes. Bei der Bohrung wurden mächtige Kames-Ablagerungen angetroffen, welche die relativ hohe Ergiebigkeit der Fassung Engern erklären (s. Kapitel 3.5). Da diese Messstelle nicht durch die Weser beeinflusst wird, zeigt sie einen sehr ruhigen ausgeglichenen Jahresgang. Die jährlichen Schwankungen der Standrohrspiegelhöhen sind mit rd. 0,25 m vergleichsweise gering. Ab März 2018 bis Mai 2019 ist, bedingt durch die niederschlagsarmen Frühjahre bzw. Sommer der Jahre 2018 und 2019, eine leicht fallende Tendenz

der Standrohrspiegelhöhen zu verzeichnen. Im August 2019 ist die Standrohrspiegelhöhe der Messstelle dagegen wieder leicht angestiegen.

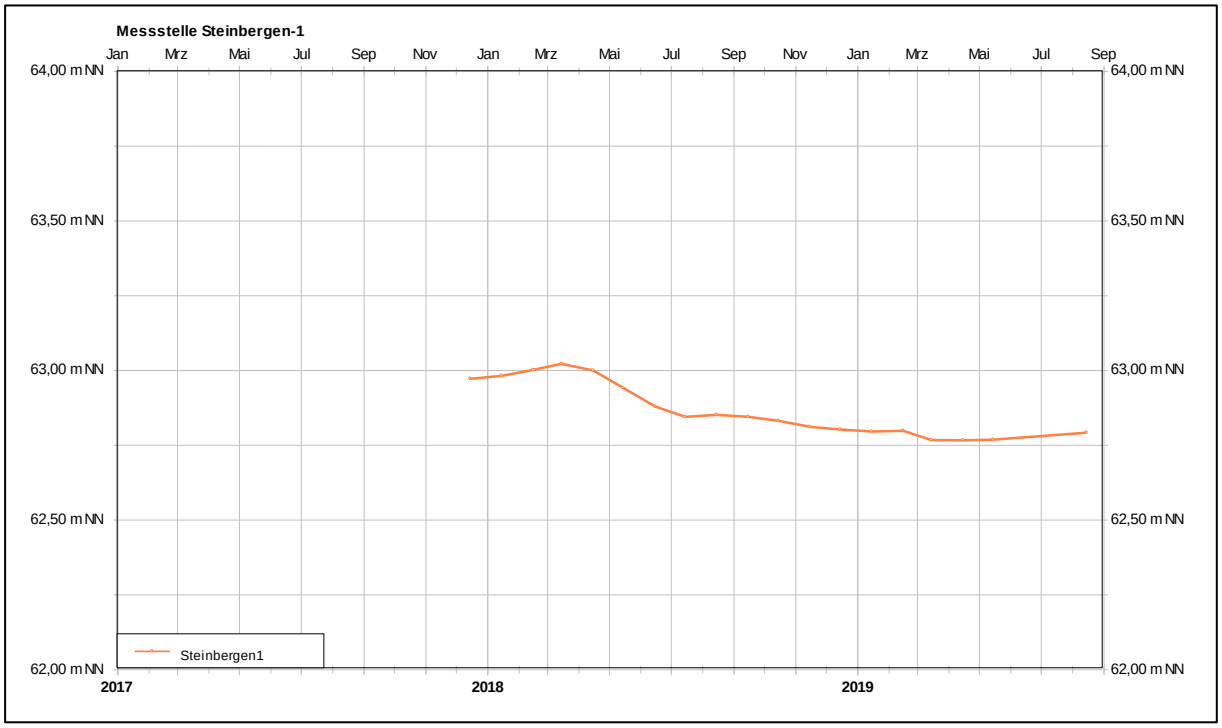



**Abbildung 28: Ganglinie der Standrohrspiegelhöhen der neuen Messstelle Steinbergen-1 von Dezember 2017 bis August 2019**

## 3.14 Grundwasserströmungsrichtungen

Auf Grundlage der vorhandenen Messdaten der Grundwassermessstellen und den zwischen den Pegel Wehrbergen und Rinteln interpolierten Wasserständen der Weser wurde für den Quartär-Aquifer ein Grundwassergleichenplan (Plan gleicher Standrohrspiegelhöhen) für den mittleren Grundwasserströmungszustand des Zeitraums 2016 bis 2018 konstruiert (**Anlage 7.1**). Der Höhenabstand der Isolinien (Isohypsen) beträgt einheitlich 0,25 m.

Der Gleichenplan ist auf die Niederung des Wesertals beschränkt, da im Bereich der Höhenzüge des Weser- und Lipper Berglandes bis auf die Messstelle Steinbergen 1 keine Grundwassermessstellen vorhanden sind. Weiterhin beschränkt sich die Darstellung auf die nördlich der Weser gelegenen Gebiete, da die Bereiche südlich der Weser nicht zum für diese Untersuchungen wesentlichen Aussagegebiet gehören.

Entsprechend der generellen Geländemorphologie werden im Übergang zum Festgestein im Nordosten die höchsten (ca. 58 m NHN), mit Verlauf der Weser westwärts die niedrigsten Standrohrspiegelhöhen (ca. 52,5 m NHN) verzeichnet.

Somit erfolgt im Wesertal ein genereller Grundwasserabstrom (senkrecht zu den Isohypsen) von Nordnordosten / Nordosten in Richtung Westen / Westsüdwesten auf die Weser zu.

Durch die dominante Wirkung der Weser, den Einfluss der Kiesabbaue, die Grundwasserentnahmen und durch die stark wechselnden Mächtigkeiten des Quartär-Aquifers ergeben sich deutlich strukturierte, lokale Grundwasserfließverhältnisse, deren Richtungen durch in den Plan eingetragene Strömungspfeile verdeutlicht werden.

Das hydraulische Gefälle (i) ist relativ flach ausgebildet und liegt überwiegend zwischen 0,0005 und 0,002. Deutlich steilere Gradienten treten am nördlichen Rand der Niederung am Übergang zum Bergland auf, wie es u. a. nördlich der Wasserfassungen Engern angedeutet ist (i etwa 0,04). Im Bereich der Wassergewinnungen sind im Zusammenhang mit den Entnahmen ebenfalls höhere hydraulische Gefälle zu erkennen.

Vor allem an den Wassergewinnungsanlagen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden zeigen „Verbiegungen“ der Isolinien und eine entsprechende Veränderung der Grundwasserfließrichtungen den Einfluss der Grundwasserentnahmen.

# 4 Aktualisierung des hydrogeologischen Strukturmodells

Wie in Kapitel 3.5 ausführlich beschrieben, konnte durch die Errichtung der neuen Grundwassermessstelle Steinbergen-1 das hydrogeologische Systemverständnis nördlich der Fassung Engern wesentlich verbessert werden. Durch diese Messstelle konnte belegt werden, dass im Bereich der Gebirgshänge nördlich der WG Engern Kames-Ablagerungen vorkommen. Diese Tatsache erforderte eine Überarbeitung des hydrogeologischen Strukturmodells für den Bereich Steinbergen. Im Detail bedeutet dies, dass für die Kames eine neue Schicht im Strukturmodell eingeführt wurde, die stratigraphisch zum Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit gehört und damit zwischen den bisherigen Modellschichten "Festgestein" und "Weserkiese" anzusiedeln ist. Neu zu modellieren ist damit lediglich die Unterkante der Kames, da die Oberkante bereits im bisherigen Strukturmodell durch die Basisfläche der Deckschichten gut abgebildet ist.

**Tabelle 9: Strukturmodelleinheiten und hydrostratigraphische Zuordnung**

| Bezeichnung | Stratigraphie |
|---|---|
| Deckschichten | Quartär Holozän (qh), Quartär Weichsel-Kaltzeit (qw) |
| Weserkiese | Quartär Niederterrasse (qN) |
| Kames | Quartär Drenthe-Stadium (qD) |
| Festgestein | Jura (j), Keuper (k) |

Auf Grundlage der Geologischen Karte (GK25 Blatt 3720) **[U5]** wurde die Verbreitung der Kames abgeschätzt (Abbildung 29). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich wie in der Bohrung Steinbergen-1 die Kames auch unterhalb einer > 2 m mächtigen Lösslehmüberdeckung befinden können und somit auf der Geologischen Karte nicht dargestellt sind.

Entlang der Kames-Verbreitungsgrenze können die Höhenwerte der Festgesteinsoberfläche übernommen werden (Kames-Mächtigkeiten = 0 m). Die Bohrung Steinbergen-1 bildet einen weiteren Stützpunkt für die Kames-Basis. Auffällig ist, dass die Kames-Basis dort bereits dem Niveau der Weserkiesbasis (ca. 60 m ü. NHN) entspricht, d.h. die Festgesteinsoberfläche beginnt erst nördlich der Bohrung Steinbergen-1 anzusteigen. Mit dieser Kenntnis kann davon ausgegangen werden, dass auch in vergleichbaren Bereichen des Wesertals mit auskartierten Kames-Ablagerungen die Festgesteinsoberfläche erst weiter nördlich beginnt anzusteigen, als bisher angenommen.

Um eine möglichst plausible Morphologie zu modellieren, wurde die Modellvorstellung des subaquatischen Fächer- und Deltasystems genutzt und ein Netzwerk von vermuteten Verzweigungen erstellt. Entlang dieser Linien wurden Höhenwerte für die Kames-Basis festgelegt, die auf den Erkenntnissen aus der Bohrung Steinbergen-1 basieren, d.h. steile Gradienten nahe des Bergkamms und eine nahezu ebene Festgesteinsoberfläche im unteren Bereich des Wesertals.

Die Höhenwerte wurden mittels Kriging-Algorithmus interpoliert und mit der bestehenden Festgesteinsoberfläche so verschnitten, dass sich die neue Fläche innerhalb der abgegrenzten Kames-Verbreitung aus der neu interpolierten Fläche bzw. außerhalb aus der bestehenden Festgesteinsoberfläche zusammensetzt.

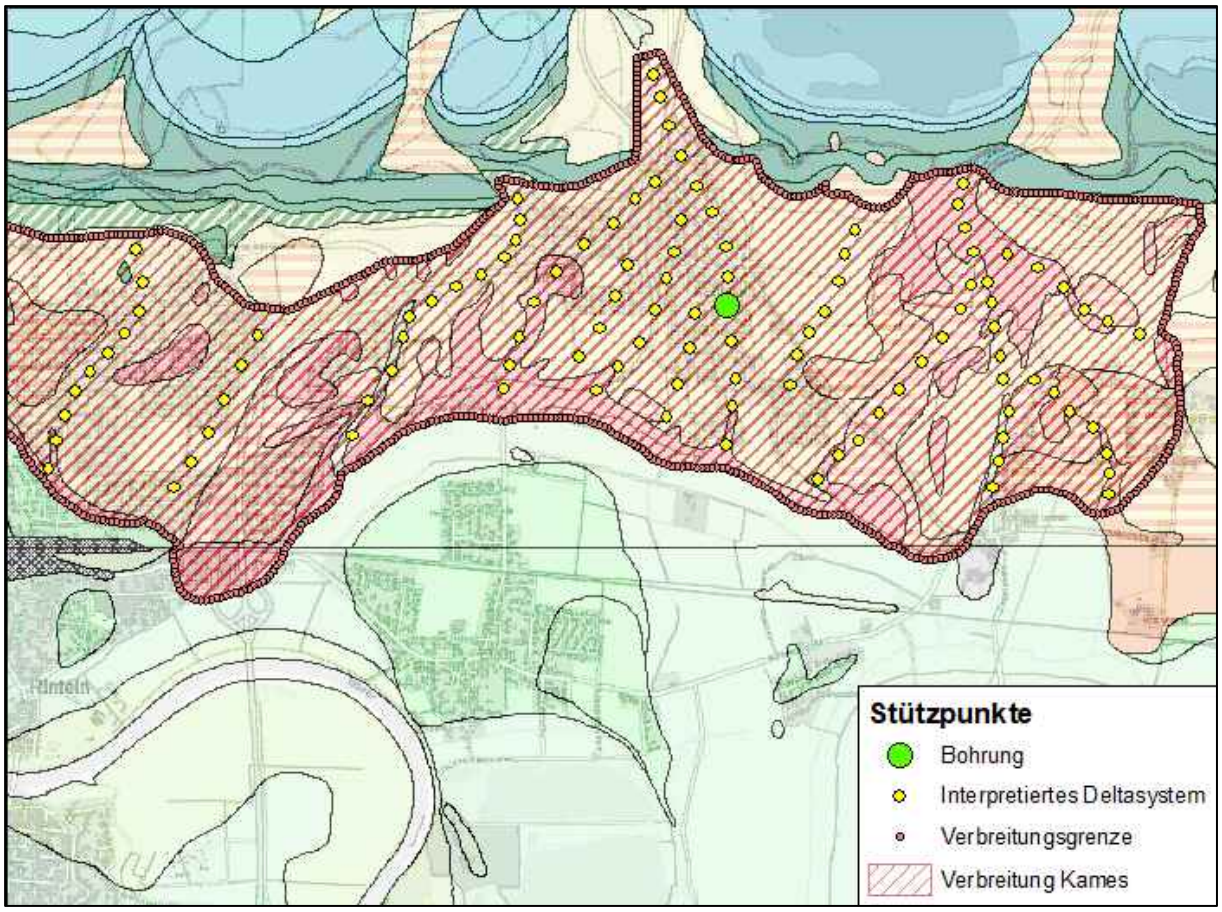



**Abbildung 29: Geologische Karte, Verbreitungsgrenze der Kames und verwendete Stützpunkte für die Interpolation**

Außerhalb der in Abbildung 29 dargestellten Kames-Verbreitung wurde das ursprünglich hydrogeologische Strukturmodell **[U6]** nicht verändert.

# 5 Numerisches Grundwasserströmungsmodell

Das Instrument zur Ermittlung der Einzugsgebiete der Wassergewinnungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden bildet das numerische Grundwassermodell, das bereits im Rahmen des hydrogeologischen Gutachtens **[U 6]** zu den Wasserrechtsverfahren dieser Wassergewinnungen erstellt und angewendet wurde (im Folgenden WR-Modell genannt). Hierzu wurde das WR-Modell gem. dem derzeitigen Kenntnisstand aktualisiert und kalibriert. Der generelle Modellaufbau wird in **[U6]** ausführlich beschrieben und dokumentiert. Daher wird im Folgenden hierauf nur bei Änderungen im Rahmen durchgeführten Aktualisierung, bzw. wenn es für das Verständnis der Modellberechnungen notwendig ist, eingegangen.

## 5.1 Abgrenzung des Modellgebiets

Die Abgrenzung des Modellgebiets wird in Abbildung 30 sowie u. a. in **Anlage 1** dargestellt. Sie verläuft im Westen entlang des Vorfluters Exter zwischen der Ortschaft Exten im Süden und der Mündung in die Weser. Von hier verläuft die westliche Modellgrenze über die Weser hinaus entlang eines kleineren Nebengewässers, des Schildgrabens, bis nördlich der Stadt Rinteln.

**Abbildung 30: Abgrenzung des Modellgebiets**

Von hieraus zweigt die Nordgrenze, die gleichzeitig auch die Grenze des Grundwasserkörpers Oberweser-Hameln bildet, ab und orientiert sich im Verlauf an den morphologischen Höhenzügen (Luhdener Klippe – Hirschkuppe / Arensberg – Messingsberg – Westendorfer Egge – Oberberg – Möncheberg) bis zur Ortschaft Rohdental, nördlich von Hessisch Oldendorf.

Sie geht hier in die Ostgrenze über und verläuft etwa parallel der erwarteten Grundwasserströmungsrichtung[4] sowie des Rohder Baches bis zur Ortschaft Rumbeck. Ab hier beginnt die Südgrenze, die sich bis zur Ortschaft Exten an der Grenze zwischen Festgestein (Keuper) und Quartär (Quartär-Aquifer) orientiert.

Die Wasserschutzgebiete (WSG) Engern und Ahe (beinhaltet teilweise die Wassergewinnung Kohlenstädt) sowie Großenwieden sind vollständig durch das Modellgebiet abgedeckt. Das WSG Herrenteich liegt am Ostrand des Modellgebiets und ist etwa zur Hälfte im Modellgebiet berücksichtigt.

Die Wassergewinnungen bzw. Schutzgebiete Rumbeck und Rote Born liegen außerhalb des Modellgebiets. Sie werden daher nicht weiter berücksichtigt.

Die Brunnenstandorte „RIHA“ (**riha**-Wesergold Getränke GmbH & Co. Handels-KG) und „HK“ (WG Heinekamp) werden nicht bzw. nur als Randbedingung im Modellgebiet berücksichtigt.

Das Modellgebiet umfasst insgesamt eine Fläche von ca. 47 km².

## 5.2 Aussagegebiet

Um die Beeinflussungen der Modellberechnungen durch die Modellränder bzw. die auf den Rändern definierten Randbedingungen möglichst gering zu halten, wurde ein Gebiet festgelegt, in dem das Modell hinreichend genaue Aussagen ermöglicht. Es wird in Abbildung 31 schraffiert dargestellt.

Im Süden grenzt das Aussagegebiet an die Weser. Das Gebiet südlich der Weser ist nur in das Modell einbezogen worden, um modelltechnisch eine Ausdehnung der Einzugsgebiete der Gewinnungsanlagen über die Weser hinaus und, sofern es hydraulisch notwendig und realistisch ist, ein Unterströmen der Weser zu ermöglichen.

Im Norden sind die Verbreitungsgrenze der fluviatilen Ablagerungen (vgl. Abbildung 3) und die Grenze des Aussagegebiets identisch. Im nördlich angrenzenden Festgesteinsbereich sind Aussagen zu den Grundwasserverhältnissen, nicht zuletzt wegen fehlender Grundwassermessstellen, nur im begrenzten Maße möglich. Dennoch wurde er in das Grundwassermodell mit einbezogen, da das hier neu gebildete Grundwasser für den Grundwasserhaushalt der Wassergewinnungen wesentlich ist.

Im Westen und Osten wurde ein Saum von einigen hundert Metern zwischen Modell- und Aussagegebietsgrenze definiert, in dem die Berechnungsergebnisse zunehmend durch die Modellrandbedingungen beeinflusst werden können und damit unsicherer werden. Bei einer Bewertung der Ergebnisse ist dieser Saum zu berücksichtigen.

[4] Hydrogeologische Übersichtskarte HÜK 200, NIBIS-Kartenserver des LBEG

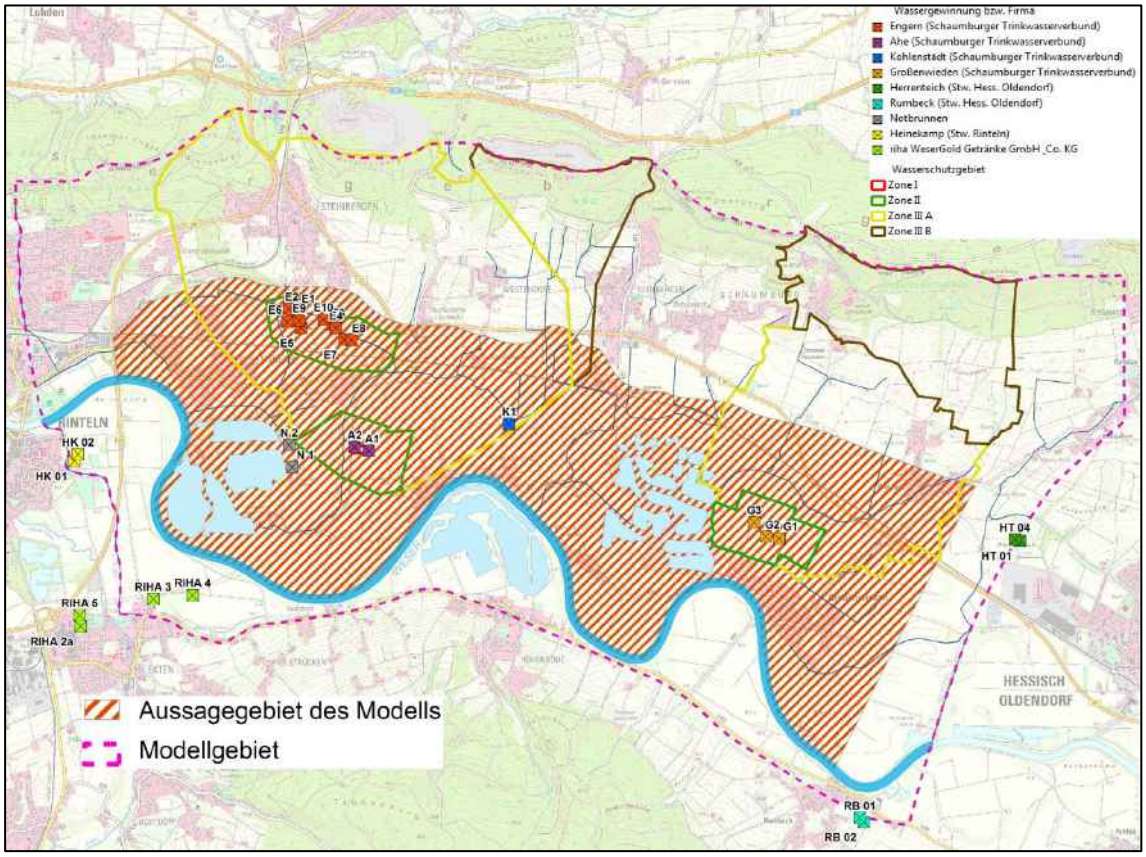



**Abbildung 31: Aussagegebiet des Modells**

## 5.3 Modellierungskonzept und Bearbeitungsschritte

Ziel der Modellierung ist es, unter Ansatz der wasserrechtlich bewilligten Fördermengen (2017) unterirdische Grundwassereinzugsgebiete und 50-Tag-Fließzeitzonen für die Wassergewinnungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden auf Basis einer aktuellen Grundwasserströmugssituation, die nicht wesentlich von einer mittleren abweicht, zu berechnen. Hierzu wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Das bestehende WR-Modell **[6]** wurde in seiner vertikalen Diskretisierung entsprechend den aktuellen Erkenntnissen zum (hydro-)geologischen Aufbau des Untersuchungsgebiets angepasst (vgl. Kap. 5.4.2).
- Als möglichst aktueller und repräsentativer Zeitraum für eine mittlere Grundwasserströmungssituation für die Berechnung der Einzugsgebiete wurde der Zeitraum 2016 – 2018 gewählt. In diesem Zeitraum unterscheiden sich die Fördermengenverteilungen zwischen den Wassergewinnungen einerseits deutlich von denen der Vorjahre, anderseits sind sie schon in etwa an die durch das neue Wasserrecht (2017) vorgegebenen Mengenverhältnisse angepasst. Die meteorologischen Verhältnisse schwanken in diesem Zeitraum zwischen „trocken“ in den Jahren 2016 und 2018 und „feucht“ im Jahr 2017 (vgl. Abbildung 9). Die Standrohrspiegelhöhen schwanken entsprechend stark. Die mittleren Standrohrspiegelhöhen des Zeitraums 2016 – 2018 liegen etwas unter den langjährigen Standrohrspiegelhöhen (siehe Anlage 4). Dies führt tendenziell zu

geringfügig größeren Einzugsgebieten als bei mittleren Verhältnissen, was aber fachlich kein Nachteil ist, da hierdurch ein „Puffer“ entsteht, der ggf. vorhandene Unsicherheiten in der Berechnung, sowie ggf. zukünftige trockenere Verhältnisse mit abdeckt.

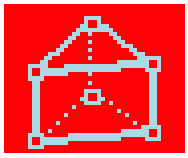
- Das Modell wurde anschließend anhand der mittleren Standrohrspiegelhöhen des Zeitraums 2016 – 2018 kalibriert. Durch das Modell werden dadurch die tatsächlichen Grundwasserströmungsverhältnisse repräsentiert (Ist-Situation).
- Auf der Basis der Ist-Situation wird eine „Prognose-Situation“ berechnet, die die maximalen Fördermengen aus den Gewinnungsanlagen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden beinhaltet sowie von einer Ausdehnung der Kiesabbaus Fa. AHE Schaumburger Weserkies GmbH (D. Eggersmann Nachf. e. K.) ausgeht.
- Für die Fassung der Quelle Deckbergen erfolgt eine modellgestützte Plausibilitätsprüfung des für das Wasserrechtsverfahren 2013 **[U18]** kartierten Einzugsgebiets.
- Auf Grundlage der „Prognose-Situation“ werden die Einzugsgebiete der vier Wassergewinnungen sowie 50-Tage-Fließzeitzonen der Einzelbrunnen berechnet.
- Sämtliche Modellberechnungen erfolgen im „stationären Modus“. Das Grundwassermodell bildet „freie“ („phreatische“) Grundwasserverhältnisse an der Grundwasseroberfläche ab, sofern entsprechende hydrogeologische Verhältnisse vorliegen (keine Überdeckung durch Grundwasserhemmer / Deckschichten bzw. die Standrohrspiegelhöhen liegen unterhalb der Basis der Deckschichten). Im Bereich der Überdeckung durch einen Grundwasserhemmer / Deckschichten an der Oberfläche geht das Modell bei Standrohrspiegelhöhen oberhalb deren Basis automatisch in einen Berechnungsmodus für „gespannte“ Grundwasserverhältnisse über.

## 5.4 Aktualisierte Parametrierung des Modells

Die Modellberechnungen wurden mit der Software: FEFLOW® 7.1, DHI-WASY GmbH, Berlin 2018 durchgeführt.

### 5.4.1 Horizontale Diskretisierung

Das numerische Finite-Elemente Netzgitter wurde mit dem in FEFLOW integrierten Mesh-Generator nach dem Verfahren „Triangle“, entwickelt von J. R. SHEWCHUK (© 2005) an der University of California in Berkeley, erstellt. In horizontaler Ebene entstehen Dreieckselemente. Da bei der vorliegenden Dreidimensionalität die einzelnen horizontalen Netzebenen (s.u.) vertikal miteinander verbunden sind, entstehen zwischen den Netzebenen Prismen mit sechs Knotenpunkten (siehe nebenstehende Skizze).



Die Modellränder, die Vorfluter, sowie die Nahbereiche der Wassergewinnungen wurden als „Superelemente“ eingegeben, wodurch erreicht wird, dass Netzknotenpunkte einerseits genau auf diesen Elementen liegen und andererseits eine gezielte Netzverdichtung möglich wird. Auf dieser Grundlage wurde das Netz generiert und im Bereich der Grundwasserentnahmen und

der Vorfluter weiter verdichtet. Insgesamt wurde das Netz zur detaillierteren Abbildung der Einzugsgebiete gegenüber **[U6]** verfeinert.

Das so generierte Netzgitter weist nunmehr pro horizontaler Netzebene folgende Eigenschaften auf:

- Gesamtgröße des Modellgebiets 47,2 km²
- Anzahl der Knoten 126 676
- Anzahl der Elemente 252 672
- mittlere Elementgröße 186,9 m²

größtes / kleinstes Element 1 889,2 m² / >0,01 m²

### 5.4.2 Vertikale Diskretisierung

Die hydrogeologische Struktur des Modellgebiets wird durch 9 sog. „Modell-Layer“ beschrieben. Die Modell-Layer werden im Top bzw. an der Basis jeweils durch Netzebenen (Slices) begrenzt, die miteinander gekoppelt sind. Hieraus ergeben sich insgesamt 10 Slices.

Zur Vermeidung von numerischen Instabilitäten im Übergang zwischen Kames und Festgestein wurde ausschließlich aus modelltechnischen Gründen zusätzlich ein „Dummy“-Layer mit einer Mächtigkeit von 0,1 m eingeführt.

Die nachfolgende Prinzipskizze in Abbildung 32 zeigt die vertikale Diskretisierung der hydrogeologischen Einheiten.

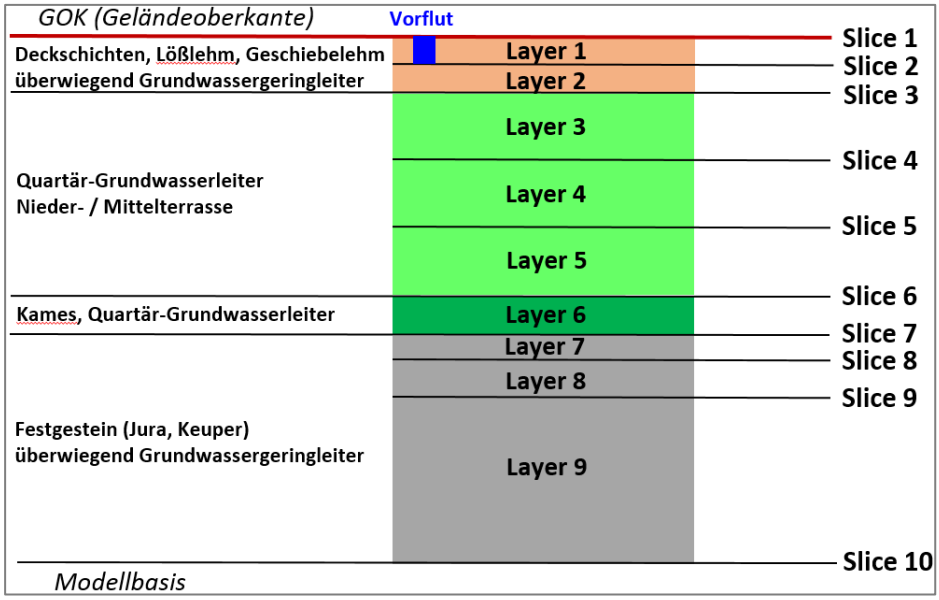



**Abbildung 32: Vertikale Diskretisierung des Modells**

Das gesamte Netzgitter besteht entsprechend dieser vertikalen Diskretisierung aus:

- Gesamtzahl der Knoten 1 266 760
- Gesamtzahl der Elemente 2 274 048

Die Layer 1 und 2 repräsentieren innerhalb des Wesertals die Deckschichten, bzw., wo sie nicht vorhanden sind, die oberen Bereiche des Quartär-Grundwasserleiters, an den Bergflanken Lößlehm, Geschiebelehm, entsprechend der digitalen geologischen Karte **[U5]** bzw. dem Strukturmodell.

Die Layer 3 bis 5 repräsentieren im Wesentlichen den Quartär-Grundwasserleiter im Bereich der Nieder- und Mittelterrasse der Weser.

Der Layer 6 repräsentiert die Kames-Ablagerungen.

Die Layer 7 bis 9 repräsentieren das Festgestein.

Dabei sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- Dem Layer 1 wird eine generelle Mächtigkeit von zwei Metern zugewiesen. Der Grund hierfür ist eine modelltechnisch einheitliche Einbindung der Fließgewässer in das Modellnetz.
- Die Mächtigkeiten der Layer 3 bis 5 entsprechen jeweils einem Drittel der Gesamtmächtigkeit des Quartär-Grundwasserleiters (entsprechend Strukturmodell).
- Gegenüber dem ursprünglichen Modell **[U6]** werden die Kames bzw. deren Eigenschaften entsprechend ihrer stratigraphischen Einstufung durch einen eigenen Modell-Layer 6 abgebildet.
- Der Layer 7 weist eine einheitliche Mächtigkeit von 0,1 m, der Layer 8 von 3 m auf. Beide Layer sind ausschließlich aus modelltechnischen Gründen eingeführt worden, um den starken $k_f$-Wert-Kontrast zwischen dem Grundwasserleiter und dem Festgestein abzupuffern (sog. „Bufferlayer“) und so numerische Instabilitäten zu vermeiden.
- Die Modellbasis (Slice 10) ist einheitlich in eine Höhenlage von 0 m NHN definiert worden. Entsprechend weist der Layer 9 eine Mächtigkeit zwischen 22 und 130 m auf.

Die Abbildung 33 zeigt eine räumliche Darstellung des Netzgitters (Blickrichtung von Süden nach Norden.

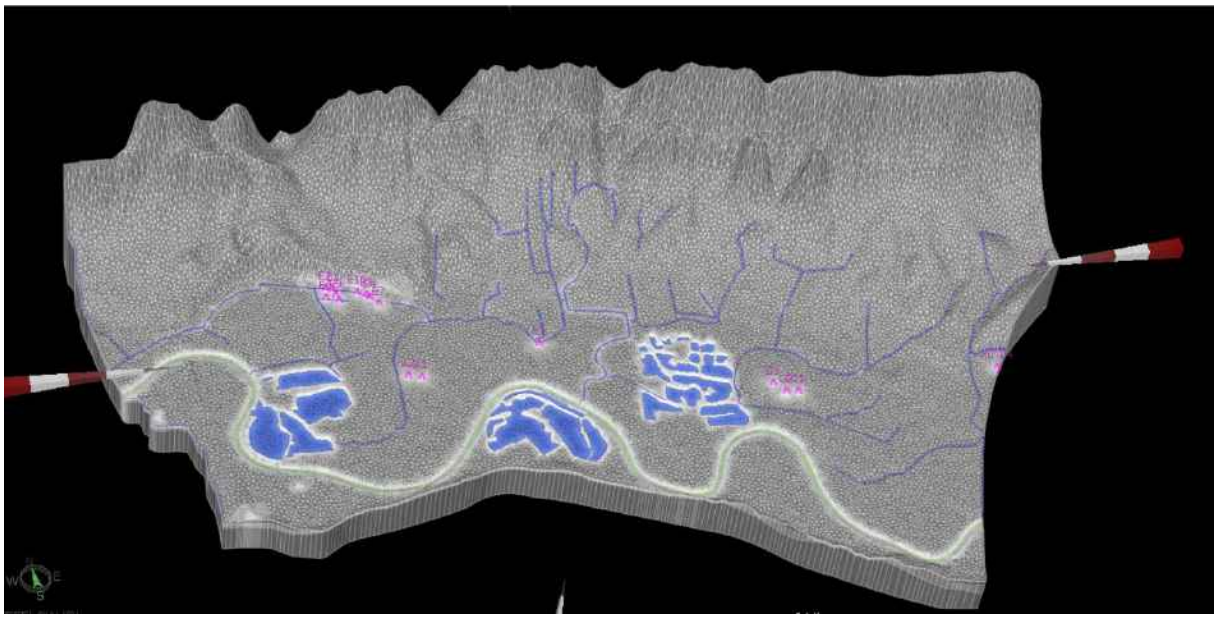


**Abbildung 33: Räumliche Darstellung des Netzgitters**

### 5.4.3 Randbedingungen

Für die Modellgrenzen und innerhalb des Modells wurden die im Folgenden beschriebenen und in der Abbildung 32 dargestellten Randbedingungen definiert:

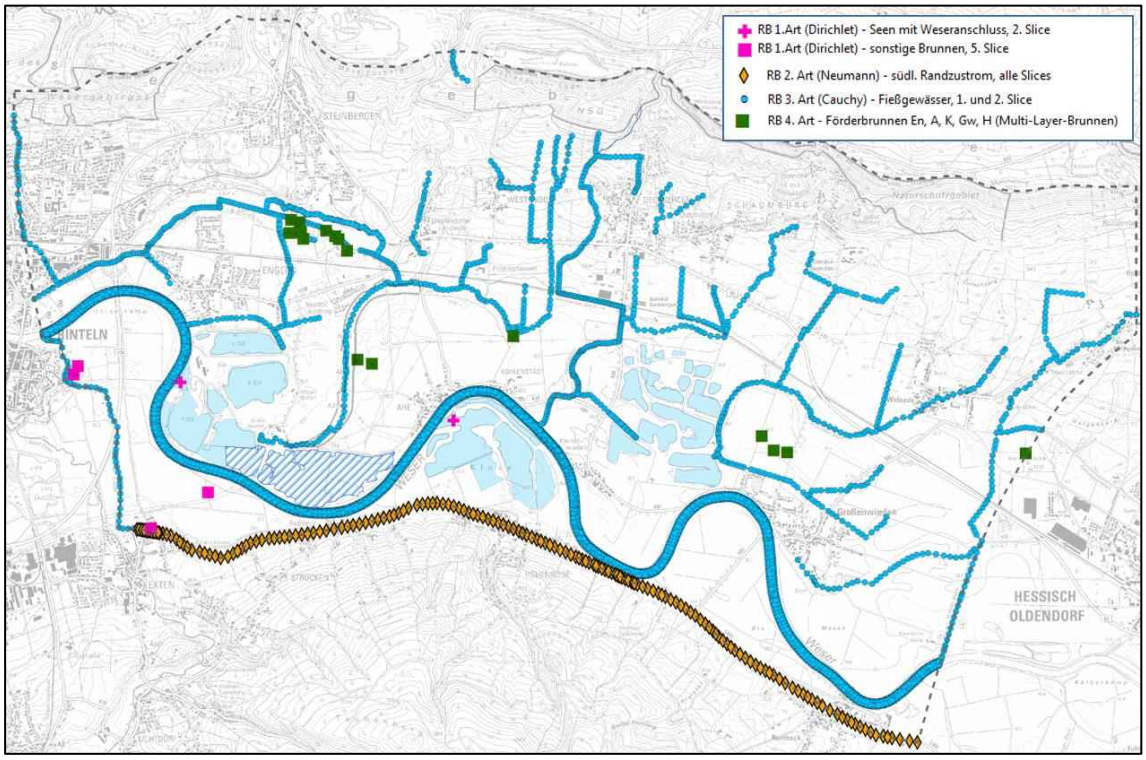



**Abbildung 34: Randbedingungen des numerischen Modells**

#### 5.4.3.1 Definierte Standrohrspiegelhöhen (RB 1. Art „Fixed Head“)

Die unmittelbar an der Weser gelegenen Kiesabbauteiche der AHE Schaumburger Weserkies GmbH haben einen direkten Anschluss zur Weser (siehe Abbildung 16). Daher entspricht der Wasserstand in den Seen dem der Weser an der Stelle dieser Verbindung, und es wurde im Slice 2 eine entsprechende Randbedingung (Fixed Head) definiert.

Die Wasserstände in den übrigen Seen bzw. Kiesabbauteichen sind grundwasserabhängig, d. h., hier steht das Grundwasser „blank“ an. Für diese Seen wurden keine Randbedingungen festgelegt, sie werden über entsprechend große $k_f$-Werte im Modell berücksichtigt.

Die Brunnen RIHA 3 und RIHA 4 (riha WeserGold Getränke GmbH & Co. KG) sowie HK01 und HK 02 (Wassergewinnung Heinekamp, Stadtwerke Rinteln) befinden sich unmittelbar am Süd- bzw. Ostrand des Modells. Da sie außerhalb des Aussagegebiets liegen und es nicht Aufgabe dieses Modells ist, Berechnungen für diese Brunnen durchzuführen, wurden sie nur der Vollständigkeit halber in das Modell integriert und jeweils mit definierten Standrohrspiegelhöhen (Slice 4) belegt, die eine Grundwasserströmung zu den Brunnen entsprechend den Messwerten ermöglichen.

Die Brunnen der Wassergewinnung Rumbeck (Hessisch Oldendorf) liegen außerhalb des Modellgebiets und werden nicht berücksichtigt.

#### 5.3.3.2 Randbedingung für Gewässer

Der Westrand des Modells fällt mit der von Süden nach Norden fließenden, in die Weser mündenden Exter sowie den von Norden nach Süden durch Rinteln fließenden, in den Schildgraben mündenden Gewässern zusammen (Gewässer auf den Modellrändern).

Für diese Randabschnitte wurde eine Randbedingung 3. Art ("Cauchy-Randbedingung") definiert. Sie gilt für die Slices 1 und 2.

Weiterhin sind alle in das Modell integrierten Gewässer (inkl. Weser) mit einer Randbedingung 3. Art belegt. Sie sind auf den Slices 1 und 2 definiert.

Die Wechselwirkung der Vorfluter mit dem Grundwasser, insbesondere der Wasseraustausch zwischen Grundwasserleiter und Vorfluter wird auf der Grundlage des Darcy-Gesetzes durch folgende Parameter beschrieben bzw. berechnet (= **Transferparameter**):

$Q = A * \Phi * (h_2 - h)$

*mit:*

*Q = Menge des Wasseraustauschs zwischen Gewässer und Grundwasser*

*A = Wasserbenetzte Fläche auf der ein Austausch zwischen Grundwasser und Gewässer stattfindet (Gewässerbreite / -tiefe)*

*$h_2$ = Wasserstände in den Gewässern*

*h = Standrohrspiegelhöhen (Grundwasser) am Gewässer*

*Φ = „**Transferrate**“ (Leakage), Φ = K/d; Quotient aus $k_f$-Wert der Kolmationsschicht (K) und Mächtigkeit der Kolmationsschicht (d). Es wird unterschieden zwischen infiltrierenden und drainierenden Verhältnissen (siehe Abbildung 35)*

**Transferraten**

Die Transferrate spiegelt die hydraulischen Eigenschaften der Gewässersohle, die sog. "Kolmationsschicht" wider. Die hydraulischen Eigenschaften der Kolmationsschicht können jedoch im natürlichen System nur mit großem Aufwand und nicht flächendeckend gemessen werden. Daher sind sie Gegenstand der Kalibrierung. Die Sensitivität dieses Parameters hinsichtlich der berechneten Standrohrspiegelhöhen (h) im Vergleich zu den Messwerten wurde in einer entsprechenden Analyse näher untersucht.

Da die Wasserstände und die Geometrien der Gewässer innerhalb der einzelnen Kalibrierschritte nicht verändert werden, erfolgt die Kalibrierung des Wasseraustausches zwischen Gewässern und Grundwasser über eine Bestimmung bzw. Anpassung der Transferraten anhand des Vergleiches zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen der Grundwassermessstellen sowie einer Prüfung im Rahmen einer Empfindlichkeitsanalyse und der Gesamtbilanz.

Für den Haupt-Vorfluter Weser wurde für den „Transfer-Out“ 0,3 [1/d] ermittelt, was bei einer angenommenen Mächtigkeit der Kolmationsschicht von 0,2 Meter rechnerisch einem $k_f$-Wert von ca. $2 * 10^{-5}$ [m/s] entspricht.

Die kleineren Gewässer wurden mit 0,005 bis 0,08 [1/d] belegt.

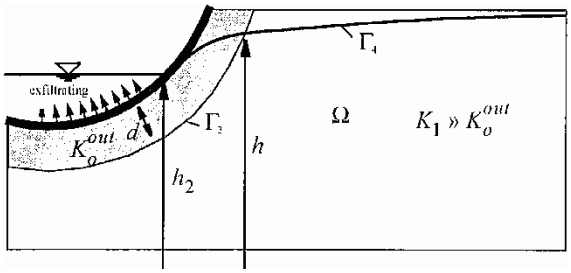
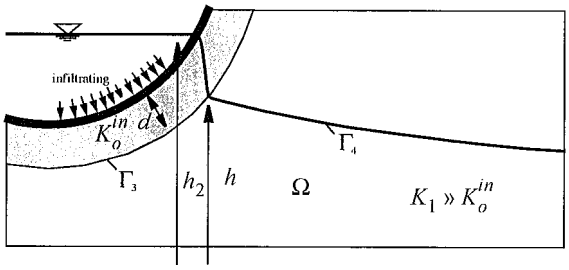
| | |
|---|---|
|  <br>Das Gewässer **drainiert** (Exfiltration): Der Wasserstand im Gewässer ist niedriger als die Standrohrspiegelhöhe im Aquifer. | Die hydraulische Wirkung (Durchsickerung) der Kolmationsschicht im Fall der Drainage lässt sich durch die '**Transferrate (Out)**' $\Phi_h^{out} \approx \frac{K_o^{out}}{d}$ $[s^{-1}]$<br>mit<br>$k_o$ = $k_f$-Wert der Kolmationsschicht<br>d = Mächtigkeit der Kolmationsschicht beschreiben |
|  <br>Das Gewässer **infiltriert**: Der Wasserstand im Gewässer ist höher als die Standrohrspiegelhöhe im Aquifer. | Die hydraulische Wirkung (Durchsickerung) der Kolmationsschicht im Fall der Infiltration lässt sich durch die '**Transferrate (In)**' $\Phi_h^{in} \approx \frac{K_o^{in}}{d}$ $[s^{-1}]$<br>mit<br>$k_o$ = $k_f$-Wert der Kolmationsschicht<br>d = Mächtigkeit der Kolmationsschicht beschreiben |

**Abbildung 35: Randbedingungen der Gewässer**

Die Transferraten für die Infiltration sind entsprechend den Erfahrungen deutlich kleiner angesetzt worden, da sich die Gewässer bei längerer Infiltration durch feine Schwebteile zusätzlich kolmatieren. Für die Weser wurden 0,15 [1/d] und für die übrigen Gewässer innerhalb der fluviatilen Sedimente 0,01 [1/d] angesetzt. Die Oberläufe der Gewässer (im Bereich des Festgesteins) fallen bei infiltrierenden Verhältnissen zumeist trocken. Daher wurde ihnen eine Transferrate nahe 0 [1/d] zugeordnet.

Diese Werte lassen sich aber nicht anpassen bzw. prüfen, da bei den modellierten mittleren Verhältnissen die Gewässer zumeist drainieren oder die infiltrierten Mengen insgesamt so gering sind, dass sie in der Grundwassermengenbilanz kaum eine Rolle spielen. Damit weist die Infiltration nahezu keine Empfindlichkeit hinsichtlich der Standrohrspiegelhöhen auf.

Für kleinere Gewässer wird keine Infiltration zugelassen, da die Gewässer, sobald die Gewässersohlen höher als die umgebenden Standrohrspiegelhöhen liegen, ihren Kontakt zum Grundwasser verlieren und unmittelbar trocken fallen oder zumindest kein grundwasserbürtiges Wasser mehr führen.

## Mittlere Wasserstände der Gewässer

Die Wasserstände der Weser werden an den Pegeln Rinteln und Wehrbergen kontinuierlich gemessen (siehe Kapitel 0). Die zwischen diesen Pegeln linear interpolierten Wasserstände (mittleres Gefälle ca. 0,33 m/Fluss-Kilometer) wurden entsprechend der Position in das Modell übernommen und zwar als mittlere Wasserstände des Zeitraums 2016-2018.

Die mittleren Wasserstände der übrigen Gewässer (Vorfluter) sind nur an sehr wenigen Stellen bekannt. Daher wurden die Wasserstände aus dem verwendeten Digitalen Geländemodell (DGM) abgeleitet (mittlerer Wasserstand = GOK minus 2 m). Anschließend erfolgte eine Korrektur der Wasserstände, so dass in Fließrichtung ein kontinuierliches Gefälle gewährleistet ist.

Die Wasserstände der Gewässer (außer der Weser) wurden bei allen Modellberechnungen (Kalibrierung, Verifikation, Sensitivitätsanalysen, Szenarien) unverändert beibehalten.

#### 5.4.3.2 Zuflussränder

Der Verlauf des Südrandes orientiert sich an der Grenze zwischen Festgestein (Keuper) und Quartär (fluviatile Ablagerungen). Von Süden ist, dem Gefälle folgend, eine Grundwasserströmung im Festgestein in Richtung Wesertal anzunehmen. Dieses Festgesteinswasser tritt an der Modellgrenze in den Quartär-Aquifer über.

Um diesen Zufluss in das Modell zu integrieren, wurde für alle Slices eine **Randbedingung 2. Art** („Neumann-Randbedingung“), bei der der Zufluss in Form einer Geschwindigkeit angegeben wird, belegt (siehe Abbildung 34).

Aus der angegebenen Zuflussgeschwindigkeit, der Länge des Zuflussrandes, der Mächtigkeit der einzelnen Schichten sowie den $k_f$-Werten am Modellrand errechnet sich die Grundwassermenge, die über den Rand zuströmt (siehe Bilanz Kap. 0). Die Geschwindigkeiten wurden im Rahmen der Kalibrierung auf 0,01 m/d (3,65 m/a) festgelegt und konstant beibehalten. Dieser Wert hat im Wesentlichen nur Auswirkungen auf Bereiche südlich der Weser, außerhalb des Aussagegebiets. Er ist daher für die Modellergebnisse nahezu ohne Belang und wurde deswegen im Rahmen der Modellberechnungen nicht variiert.

Der Nordrand folgt einer Wasserscheide. Hier findet kein Wasseraustausch über die Modellgrenzen statt. Der Rand ist entsprechend mit einer Randbedingung 2. Art mit einer Zuflussgeschwindigkeit „Null“ [m/d] für alle Slices belegt. Dadurch ergibt sich eine Wasseraustauschmenge über die Modellgrenze von „Null“ m³/d im Modell (= „No-Flow-Grenze“). Diese Art der Randbedingung entspricht der Default-Einstellung im Grundwassermodell. Sie wird daher in Abbildung 34 nicht gesondert dargestellt.

Mit der gleichen Randbedingung ist auch der Ostrand belegt. Dieser Rand folgt dem Grundwassergefälle und damit einer Grundwasserströmungslinie. Dadurch kann kein Wasseraustausch über die Modellgrenze stattfinden.

Der Westrand ist in wesentlichen Abschnitten in den beiden oberen Slices mit einer Gewässerrandbedingung belegt. Für die tiefen Layer wird angesetzt, dass kein Grundwasseraustauch über die Modellränder stattfindet. Daher wird für Slices 3 bis 10 und für die Slices 1 und 2 ohne Gewässerrandbedingung ebenfalls eine „No-Flow-Grenze“ angesetzt.

#### 5.4.3.3 Grundwasserentnahmen

Die Grundwasserentnahmen der öffentlichen Wassergewinnungen wurden als **Randbedingung 4. Art** in Form von „Multi-Layer-Brunnen“ lagetreu, je nach vertikaler Lage der Filterstrecken, in das Modell mit den mittleren Förderraten des Zeitraums 2016 bis 2018 in das Modell integriert. Die entsprechenden Fördermengen werden in Kapitel 3.11.1 aufgeführt.

Da die Wassergewinnung Herrenteich auf dem östlichen Modellrand liegt und die Modellgrenze das Einzugsgebiet nahezu halbiert, wurde ihre mittlere Gesamtentnahme zu 50% berücksichtigt.

## 5.5 Kalibrierung

**Kalibrierung des Modells:** Die Anpassung (Kalibrierung) des Modells erfolgte auf Basis der Parametersätze des WR-Modells **[6]** an den Mittelwerten der Standrohrspiegelhöhen (Messwerte) der Jahre 2016 – 2018 durch Vergleich zwischen gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen. Hierfür standen insgesamt 137 Messstellen zur Verfügung, von denen 115 verwendet wurden[5].

Als Haupt-Kalibrierparameter wurde hauptsächlich die Grundwasserneubildung verwendet. Sie wurde für den Kalibrierzeitraum auf Basis der im Rahmen der Modellierung für das Wasserrechts-verfahren ermittelten Neubildungsverteilung **[U6]** angepasst. Die Anwendung vorhandener Wasserhaushalts- bzw. Grundwasserneubildungsmodelle (GROWA06V2, mGROWA, mGROWA18, Neubildung nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT) führten, wie schon in **[U6]** beschrieben, zu keinen plausiblen Ergebnissen des Wasserhaushalts.

Die horizontalen und vertikalen $k_f$-Werte wurden auf Grund des aktualisierten hydrogeologischen Strukturmodells im Wesenlichen im Bereich der Kames-Verbreitung angepasst.

Die Transferraten der Gewässer wurden im Rahmen der Modellaktualisierung nicht variiert.

### 5.5.1 kf-Wert-Verteilungen

Die in den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen beschriebenen Korngrößenverteilungen variieren auch innerhalb der zugewiesenen Schichteinheiten sehr stark, so dass sich eine Bestimmung der $k_f$-Werte aus den Korngrößenverteilungen nicht in die „Fläche“ übertragen lässt.

Daher wurden im Laufe der Bearbeitung für jeden Layer „Cluster“ gleicher $K_f$-Wert-Verteilungen angelegt, die sich in erster Linie an den gemessenen Grundwasserströmungsgradienten und an der verfügbaren Datendichte sowie z. T. am geologischen Aufbau und an den Mächtigkeitsverteilungen orientieren.

Das Cluster-Schema ist für die „Deckschichten“, „Quartär-Aquifer“ und „Festgestein“ repräsentierenden Layer unterschiedlich. Innerhalb eines Clusters ist der $k_f$-Wert je Richtung konstant.

---

[5] 22 Messstellen wurden zumeist wegen zu geringer Messdatendichte nicht berücksichtigt.

Im Quartär-Aquifer (Layer 3 bis 5) wird richtungsabhängig zwischen horizontalen (x-y-Richtung) und vertikalen (z-Richtung) $k_f$-Werten unterschieden, da üblicherweise, entsprechend der Genese des Aquifers, mit bindigen Zwischenlagen (z. B. Messstelle P 213a/b) und Korngerüst-Ausrichtungen zu rechnen ist, die insgesamt zu kleineren vertikalen als horizontalen $k_f$-Werten führen. Bezogen auf die laterale Dimension des Modellgebiets ist die horizontale Fließkomponente im Grundwasserhemmer aber nahezu vernachlässigbar, so dass die vertikale Strömung stark dominiert.

Um die Möglichkeiten der $k_f$-Wert-Belegung einzuschränken, wurden im Grundwasserleiter die vertikalen $k_f$-Werte an die horizontalen gekoppelt. Es wurde postuliert, dass die horizontalen $k_f$-Werte in x- und y-Richtung innerhalb der Cluster isotrop sind und dass die vertikalen $k_f$-Werte jeweils eine halbe 10er-Potenz kleiner sind.

Die folgende Tabelle 10 zeigt eine zusammenfassende Übersicht der $k_f$-Wert-Verteilung als Ergebnis der aktualisierten Kalibrierung. Bei den angegebenen Mittelwerten handelt sich um ein nach Flächenanteilen gewichtetes logarithmisches Mittel.

| **Nomenklatur des LBEG** | | **Layerstruktur numerisches Modell** | **kf-Werte lt. num. Modell (Kalibrierergebnis)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hydrostrat. Gliederung Niedersachsens", GeoFakten 21* | | | Richtung | **Mittelwert [m/s]** | Minimum [m/s] | Maximum [m/s] |
| Kürzel | Stratigrafie | Layer | | | | |
| H1<br>H2<br>H3 | Lf, hg<br>Lo, Lol<br>Lg | Layer 1 + 2 * | isotrop | **5,1 E-6** | 6,0 E-7 | 1,0 E-6 |
| L1.3, L3 | qN, qM, f, kam | Layer 1 + 2 ** | isotrop | **3,8 E-6** | 1,0 E-6 | 2,0 E-4 |
| L1.3, L3 | qN, qM, f | Layer 3 - 5 | horizontal | **8,0 E-4** | 5,0 E-6 | 5,0 E-3 |
| | | | vertikal | **1,6 E-4** | 1,0 E-6 | 1,0 E-3 |
| L3 | kam | Layer 6 *** | isotrop | **4,5 E-5** | 0,3 E-5 | 1,0 E-4 |
| L16, H17<br>H18, L17 | jo<br>jm | Layer 7 - 9 | isotrop | **1,2 E-6** | 1,0 E-8 | 1,0 E-4 |
| H19, L18 | ju | Layer 7 - 9 | isotrop | **1,0 E-7** | 1,0 E-7 | 1,0 E-7 |
| L18, H20 | ko | Layer 7 - 9 | isotrop | **1,0 E-5** | 1,0 E-5 | 1,0 E-5 |

* *nur Deckschichten (Grundwasserhemmer)*

** *Oberflächennaher Grundwasserleiter (in Layer 1 + 2)*

*** *nur Kames*

**Tabelle 10: $k_f$-Wert-Verteilung als Ergebnis der aktualisierten Kalibrierung**

### Modell-Layer 1 und 2

Die Layer 1 und 2 umfassen die „Deckschichten" (Auelehm, Lösslehm, Geschiebelehm), die als Grundwasser-Geringleiter anzusehen sind, sowie oberflächennahe Kames_Ablagerungen (Schmelzwasserablagerungen) als Grundwasserleiter und Mittel- bzw. Niederterrassenablagerungen, sofern sie an der Oberfläche anstehen.

Zur Bestimmung der $k_f$-Werte wurde die Digitale Geologische Karte GK 25 **[U5]** herangezogen und den einzelnen Schichteinheiten gem. ihrer petrographischen Ausbildung Werte zugewiesen. Hieraus ergibt sich für die Modell-Layer 1 und 2 die in Abbildung 36 dargestellte räumliche $k_f$-Wert-Verteilung. Sie wurde im Rahmen des Kalibrierungsprozesses und Validierungsprozesses geprüft und gegenüber **[U6]** unverändert beibehalten.

Für die Seen wurde ein $k_f$-Wert von 1 * $10^{-2}$ m/s angesetzt.

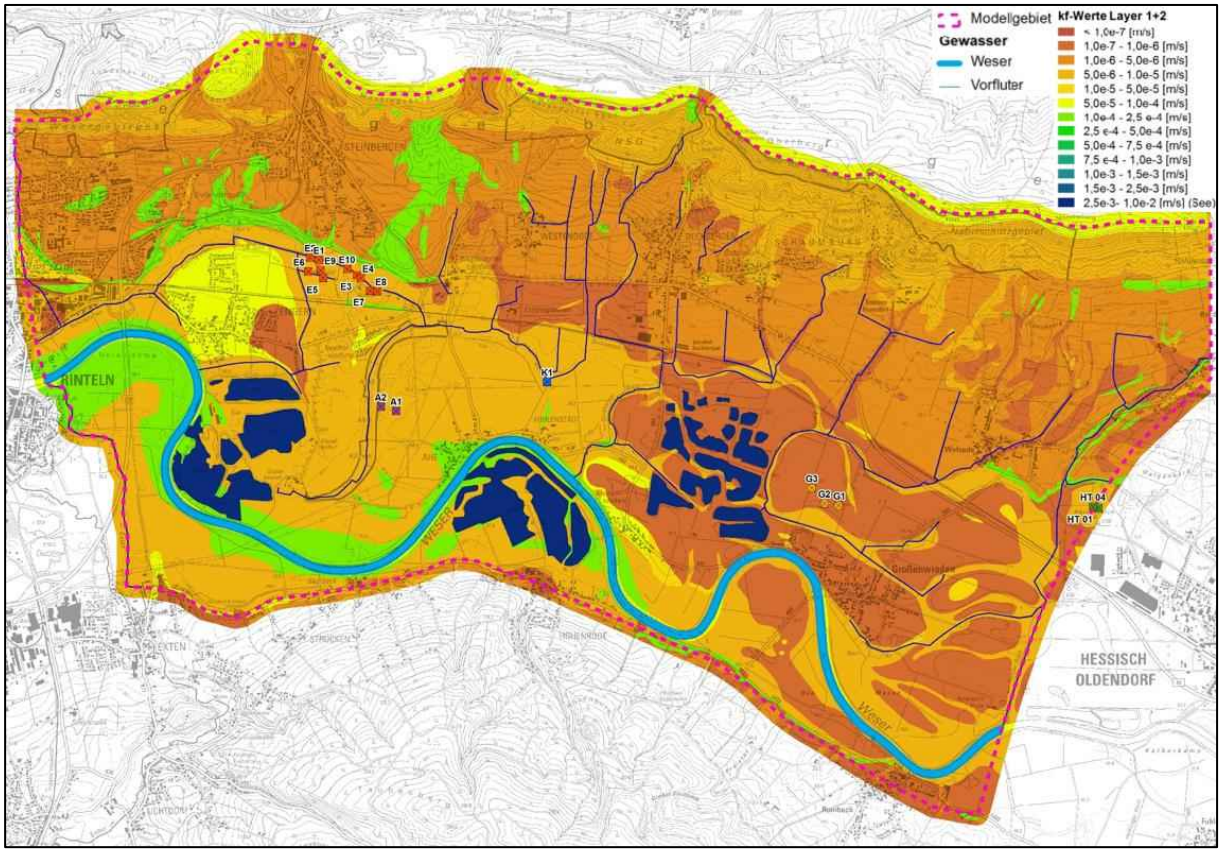



**Abbildung 36: $k_f$-Werte in den Layern 1 + 2**

## Modell-Layer 3 bis 5

Gegenstand der Kalibrierung ist der Quartär-Grundwasserleiter innerhalb des Verbreitungsbereichs der Nieder- und Mittelterrassensedimente. Aus modelltechnischen Gründen sind die Layer 3 – 5 auch außerhalb der Verbreitung der Terrassensedimente vorhanden. Hier wurde ein einheitlicher $k_f$-Wert von 5 * $10^{-6}$ m/s zugewiesen. Auf Grund der hier geringen Layermächtigkeiten hat die Größenordnung dieses Wertes keine Auswirkungen auf das Kalibrierergebnis. Daher wurde der Wert im Laufe der Bearbeitung nicht verändert.

Für die Seen wurde ein $k_f$-Wert von 1 * $10^{-2}$ m/s angesetzt.

Eine detaillierte Festlegung der $k_f$-Werte entsprechend der Korngrößenverteilungen aus den vorliegenden Schichtenverzeichnissen der Bohrungen erwies sich als nicht zielführend. Die Verteilungen wechseln kleinräumig, sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung innerhalb eines zu erwartenden $k_f$-Wertbereichs zwischen 5 * $10^{-4}$ und 5 * $10^{-3}$ m/s , so dass sich keine verwendbare Regionalisierung erzielen ließ, die für eine Zonierung von $k_f$-Werten verwendet werden könnte. Daher erfolgt die Kalibrierung ausschließlich durch eine Cluster- und Werteanpassung mit der sich eine optimale Anpassung der berechneten Standrohrspiegelhöhen an die Messwerte erreichen ließ.

Für die Wassergewinnung Ahe wird vom NLFB 1966 [**U4]** als Ergebnis eines Pumpversuchs in den Brunnen Ahe 1 und 2 ein $k_f$-Wert von 2,5 * $10^{-3}$ m/s angesetzt. Bei der Kalibrierung wurde im für die Fassung Ahe repräsentativen $k_f$-Wert-Cluster ein nahezu deckungsgleicher Wert ermittelt (3 * $10^{-3}$ m/s).

Für die Wassergewinnung Großenwieden liegen Ergebnisse eines 1973 durchgeführten Pumpversuchs vor ($k_f$-Wert 5,5 * $10^{-3}$ m/s; NLFB 1974, [**U4]**). Bei der Kalibrierung wurde im für die Fassung Großenwieden repräsentativen $k_f$-Wert-Cluster ein Wert in der gleichen Größenordnung ermittelt (5 * $10^{-3}$ m/s).

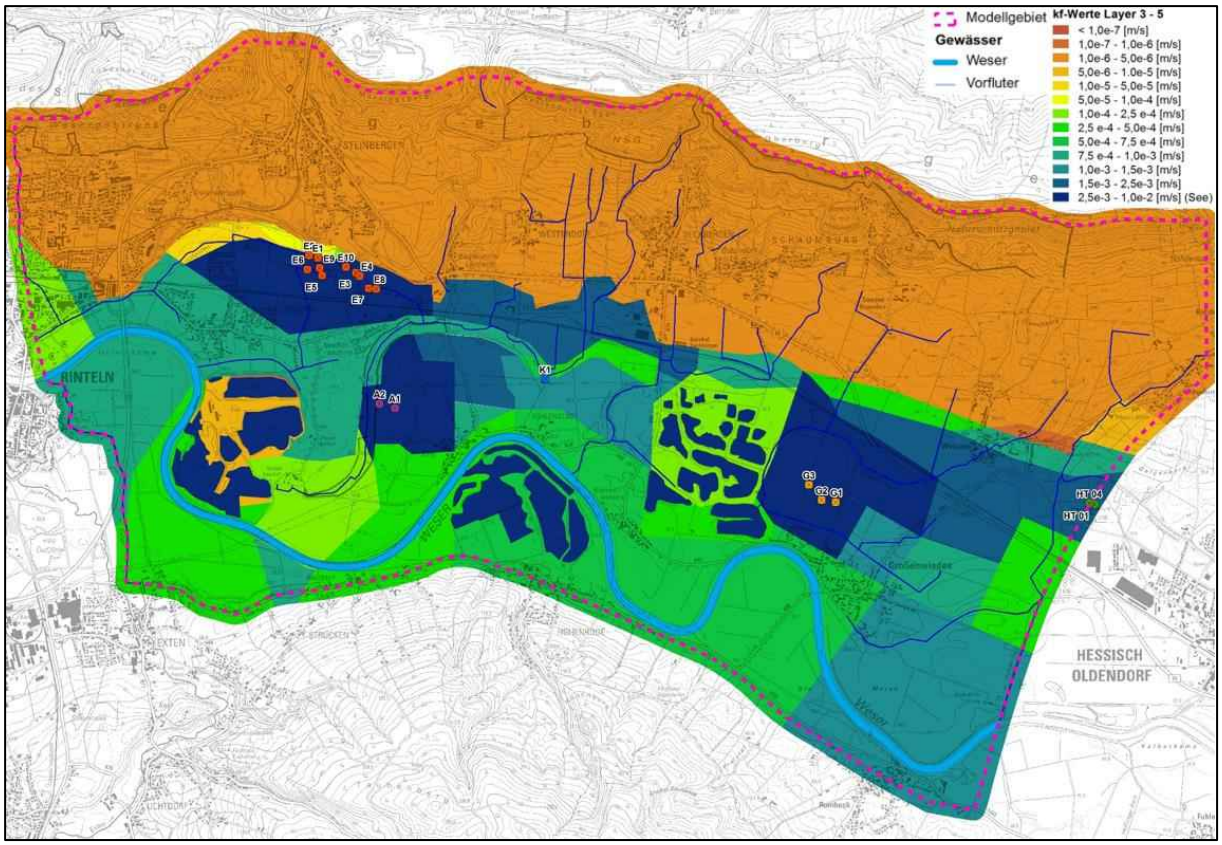



**Abbildung 37: Horizontale $k_f$-Werte in den Layern 3 - 5**

Im Bereich der Kies-Seen der AHE Schaumburger Weserkies GmbH lassen sich die in den Pegeln 1 bis 3 (siehe **Anlage 1.1**) festgestellten Wasserstände im Modell nur realisieren, wenn eine Kolmation des Seegrundes in Richtung Grundwasserabstrom angesetzt wird, was sich mit den Erkenntnissen früherer Untersuchungen (**[U12]**, LÜBKE) deckt[6]. Im Modell wurde dies durch einen kleineren $k_f$-Wert (1*$10^{-5}$ m/s) im entsprechenden Cluster realisiert. Die räumliche Verteilung der horizontalen $k_f$-Werte in den Layern 3 – 5 ist Gegenstand der Abbildung 36.

[6] Evtl. kann die Kolmation auch die Folge einer Ablagerung von Abraum am Seeufer sein

### Modell-Layer 6

Dieser Layer repräsentiert die Kames-Ablagerungen, die nach den aktuellen Auswertungen insbesondere nördlich der WG Engern verbreitet und hydraulisch wirksam sind (vgl. Kap. 3.5). Die Existenz dieser Ablagerungen ist essentiell für die Wassergewinnung Engern. Erst hierdurch ist es möglich, dass den Brunnen ein Großteil des Förderwassers aus dem nördlichen Hangbereich zuströmen kann. Die Durchlässigkeiten des liegenden Festgesteins (Dogger) reichen hierfür in der Regel nicht aus. Daher wurde, ohne Kenntnis der Kames-Ablagerungen eine Störungszone im Festgestein angenommen, die aber im Rahmen der Bohrung Steinbergen-1 nicht nachgewiesen werden konnte. Vielmehr haben sich Kames-Ablagerungen in mehreren Zehner-Metern Mächtigkeit ergeben, die hinsichtlich eines Grundwasserzustroms zu WG Engern aus Norden die Annahme einer wasserwegsamen Störungszone im Festgestein obsolet machen.

Kames-Ablagerungen sind sicherlich auch im östlichen Modellgebiet, vermutlich aber mit einer deutlich geringeren Ausbreitung und Mächtigkeit vorhanden. Für den Grundwasserhaushalt spielen sie dort im Gegensatz von Engern offensichtlich keine wesentliche Rolle, so dass sie im östlichen Hangbereich (Großenwieden) nicht explizit in das Modell integriert wurden. Insofern zeigt die Abbildung 38 nur für die Kames-Verbreitung nördlich Engen eine $k_f$-Wert-Verteilung von 0,3 bis 1,0 $*10^{-4}$ m/s auf. Für das übrige Modellgebiet weist Layer 6 nur eine modelltechnisch notwendige Mindestmächtigkeit (0,1 m) auf und wird einheitlich mit einem $k_f$-Wert von 1 * $10^{-6}$ m/s belegt.

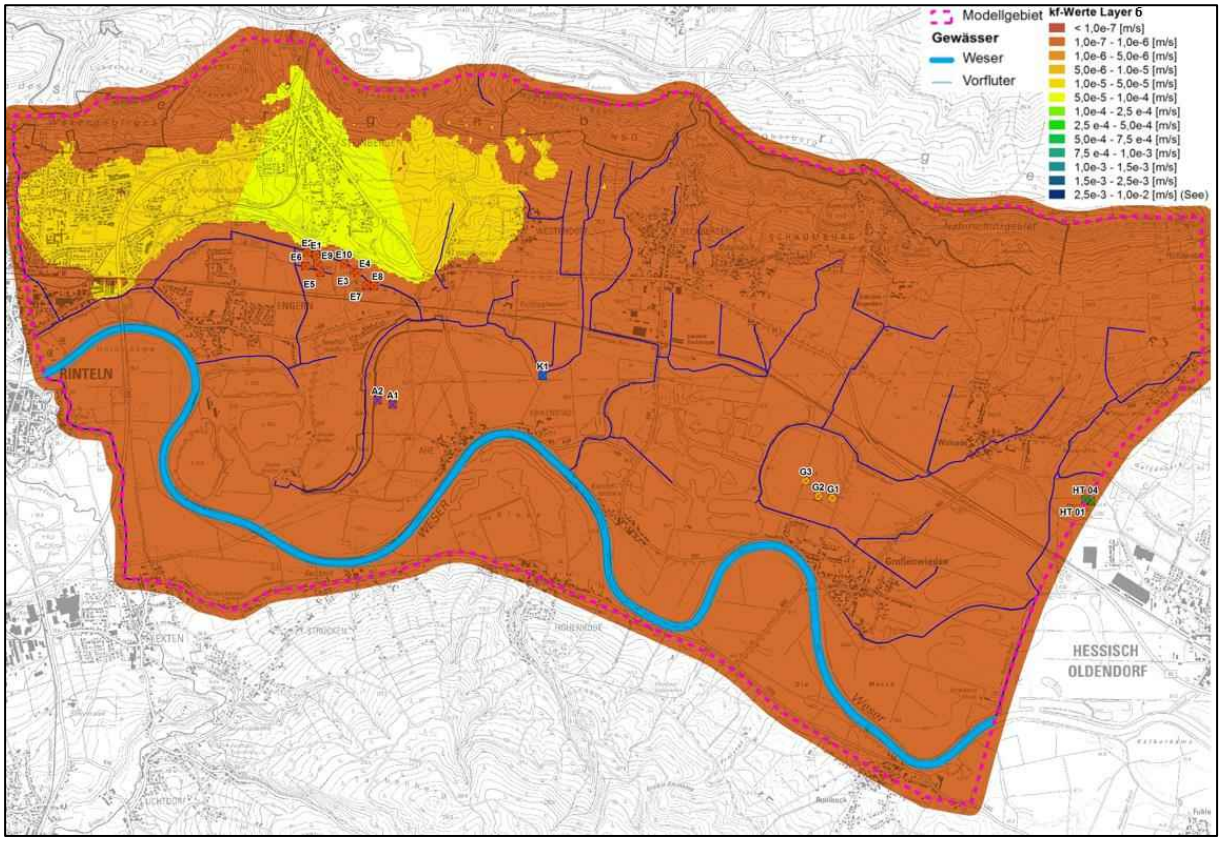



**Abbildung 38: $k_f$-Werte im Layer 6**

**Modell-Layer 7 bis 9**

Im Festgestein stehen keine Grundwassermessstellen zur Verfügung. Die $k_f$-Werte des Dogger und Malm im Norden des Modellgebiets haben aber durchaus einen Einfluss auf die Standrohrspiegelhöhen innerhalb des Quartär-Aquifers im Bereich des Übergangs zwischen Fest- und Lockergestein. Die $k_f$-Werte des Festgesteins wurden daher im Rahmen der Kalibrierung ebenfalls angepasst, allerdings überwiegend nur nach stratigraphischer Position variiert (Abbildung 39). Wie beschrieben, ist die Annahme von Störungszonen aus Gründen der Grundwasserströmung und des Wasserhaushalts nicht (mehr) notwendig, daher wurde darauf verzichtet.

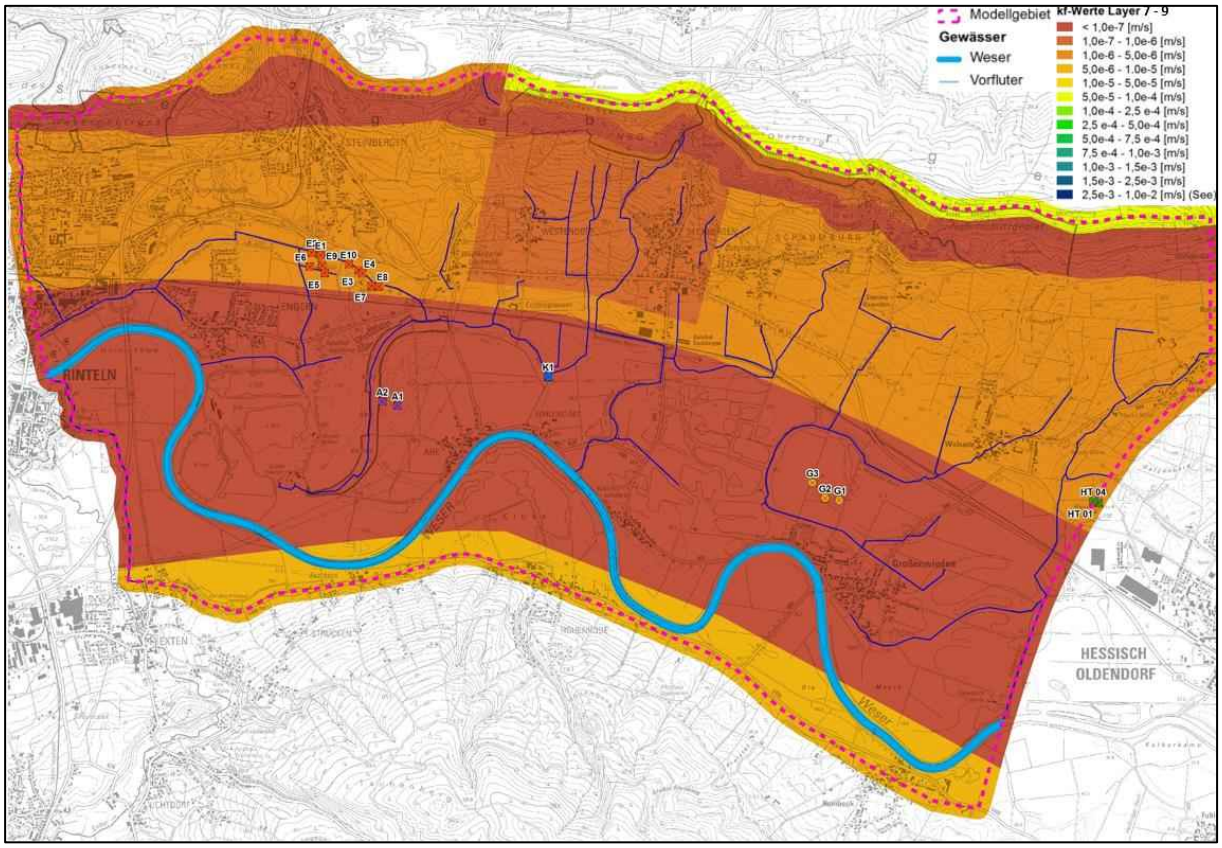



**Abbildung 39 $k_f$-Werte in den Festgesteins-Layern 7 - 9**

### 5.5.2 Grundwasserneubildung

Zunächst wurde geprüft, ob sich mit den vorhandenen Wasserhaushaltsmodellen GROWA06V2, mGROWA, mGROWA18 sowie auf die Grundwasserneubildungsberechnung nach DÖRHÖFER & JOSOPAIT die tatsächlichen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse abbilden lassen.

Aus diesen Modellen bzw. Berechnungsansätzen lassen sich für das Modellgebiet folgende mittlere Grundwasserneubildungsmengen / -höhen ermitteln:

- GROWA06V2 4,71 Mio. $m^3$/a => ca. 100 mm/a
- mGROWA 5,46 Mio. $m^3$/a => ca. 115 mm/a

- **mGROWA18 6,24 Mio. m³/a => ca. 132 mm/a**
- DÖRHÖFER & JOSOPAIT 7,20 Mio. m³/a => ca. 152 mm/a

Keines der aufgeführten Modelle führt auch nur näherungsweise zu befriedigenden Ergebnissen bei der Abbildung der wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten (Standrohrspiegelhöhen, Grundwasserfließrichtungen) bzw. Grundwasserbilanzen und widersprechen den jahrzehntelangen Fördererfahrungen.

Da für das Modellgebiet kein plausibles Modell für den Wasserhaushalt bzw. die Grundwasserneubildung vorliegt, wurde der pragmatische Ansatz zur Kalkulation der Grundwasserneubildung aus dem WR-Modell **[U6]** fortgesetzt. Hierbei wurde die Grundwasserneubildungshöhe entsprechend der Petrographie (nach digitaler Geologische Karte **[U5]**) anhand von plausiblen Erfahrungswerten schichtspezifisch abgeschätzt und anschließend im Rahmen der Kalibrierung für den Zeitraum 2016 bis 2018 angepasst.

Es ergibt sich im Modellgebiet eine Grundwasserneubildung von insgesamt **8,23 Mio. m³/a**, was einer mittleren Grundwasserneubildungshöhe von **174 mm/a** entspricht. Die flächenspezifische Verteilung der Grundwasserneubildungshöhen wird in **Anlage 6** in 25-mm/a-Abstufungen dargestellt. Im Bereich des Quartärgrundwasserleiters mit Auelehm-Überdeckung liegt sie zwischen 110 und 220 mm/a. Die größten Grundwasserneubildungshöhen sind im nicht überdeckten Malm an den Bergkämmen mit bis 400 mm/a Neubildung zu erwarten. Dieses Gebiet liegt aber nur zu einem sehr kleinen Teil im Modellgebiet. Von hier, aber auch aus dem Verbreitungsgebiet des Ornatentons ist aufgrund der hohen Niederschläge im Kammbereich und der Morphologie zu erwarten, dass das Niederschlagswasser an der Südflanke des Gebirgskamms zunächst als oberflächennahes „Hangwasser“, wie in Abbildung 5 angedeutet, in Richtung Süden abströmt und dort versickert.

Auch die Kames (Schmelzwasserablagerungen) weisen mit bis zu 260 mm/a relativ hohe Werte auf. Die niedrigsten Neubildungshöhen sind im Verbreitungsbereich des Geschiebelehms mit nur 40 mm/a zu verzeichnen.

## 5.6 Prüfung des numerischen Grundwassermodells

### 5.6.1 Abweichungen zwischen gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen

Abweichungen zwischen modellberechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen können u. a. aus folgenden, während der Kalibrierung nicht beeinflussbaren Gründen auftreten:

- Fehler in den Stammdaten der Messstellen und Brunnen (Lage, Höhe, Teufe, Filterstrecke, etc.)
- lücken-/fehlerhafte Informationen über Ort und Raten von Grundwasserentnahmen, insbesondere zu Beregnungszwecken
- starke Variation der Entnahmemengen
- unterschiedliche Anzahl der Messdaten pro Messstelle innerhalb des modellierten Zeitraums

- mangelnde Funktionsfähigkeit der Messstelle und dadurch nicht repräsentative Standrohrspiegelhöhen
- starke Dynamik im Aquifer innerhalb des modellierten Zeitraums bei Modellierungen im stationären Modus, verursacht z. B. durch die Weser
- falsche Layer-Zuordnung der Messstellen bzw. Brunnen
- nicht vollständige oder fehlerhafte Erfassung der geologischen Verhältnisse = Informationslücken

*„Skalenprobleme“:*

- zu grobe horizontale und vertikale Diskretisierung (z. B. unterschiedliche Höhenlage der Filterstrecken der Messstellen innerhalb eines Layers)

**Kriterien für eine ausreichende Abbildungstreue**

Für die Prüfung der ausreichenden Abbildungstreue der Kalibrierung wurden die Standrohrspiegelhöhen von insgesamt 115 Grundwassermessstellen verwendet:

- 79 Messstellen (76 Grundwassermessstellen, und 3 Pegel im Bereich des Kiesabbaus) befinden sich im Bereich der Wassergewinnungen Engern / Ahe / Kohlenstädt („Bereich En/Ah/Ko“ in Tabelle 11).
- 36 Grundwassermessstellen befinden sich im Bereich der Wassergewinnung Großenwieden („Bereich Gro“ in Tabelle 11).

**Als Kriterien für eine ausreichende Abbildungstreue wurden folgende Kriterien nach Erfahrungswerten festgelegt:**

1. Die mittleren Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen (alle 115 verwendeten Messstellen) sollen im Bereich ± 0,0 m liegen.

   *Ergebnis: **0,03 m** (siehe Statistik Tabelle 11)*

2. Der Mittelwert der Beträge der Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen (alle 115 verwendeten Messstellen) soll im Wertebereich um 0,25 m sein.

   *Ergebnis: **0,18 m** (siehe Statistik, Tabelle 11)*

3. Die Abweichungen von ca. ⅔ aller Messstellen sollen im Cluster von -0,25 m bis + 0,25 m liegen

   *Ergebnis: 75 **%** liegen innerhalb dieses Clusters (siehe Cluster-Diagramm, Abbildung 41)*

4. Der NRMSD-Wert (Normalized Root-Mean-Square Deviation, siehe folgende Erläuterungen), angegeben als Prozentwert, soll kleiner sein als 5 %[7].

   *Ergebnis: 0,08 / 5,24 * 100 = **1,5 %** (siehe folgende Erläuterungen und Statistik Tabelle 11)*

***Gesamtergebnis: Alle Kriterien sind erfüllt.***

### *Statistik der Abweichungen der Standrohrspiegelhöhen (berechnet / gemessen)*

| Statistik - Abweichungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gebiet** | **Anzahl** | **Abw. [m]** | **\|Abw.\| [m]** | **RMSD [m]** | **min. Abw. [m]** | **max. Abw. [m]** |
| Bereich En/Ah/Ko | 79 | 0.07 | 0.20 | 0.07 | -0.70 | 1.08 |
| Bereich Gro | 36 | -0.05 | 0.13 | 0.05 | -1.05 | 0.36 |
| **ges. Modelgebiet** | **115** | **0.03** | **0.18** | **0.08** | **-1.05** | **1.08** |

**Tabelle 11: Statistik der Abweichungen, stationäre Kalibrierung (Zeitraum 2016 – 2018)**

***Erläuterungen:***

*Vorz.* *Die Abweichungen bekommen ein positives Vorzeichen, wenn die jeweilige modellberechnete Standrohrspiegelhöhe höher ist als der Messwert, im umgekehrten Fall wird sie negativ.*

*Abw.* *Mittelwert aller Abweichungen unter Berücksichtigung des Vorzeichens, d.h., die Abweichungen an den Messstellen werden inklusive ihres Vorzeichens addiert und durch die Messstellenanzahl dividiert (Beispiel: Messstelle 1 weist eine Abweichung von -0,2 m auf, Messstelle 2 von +0,1 m. Die mittlere Abweichung beträgt dann -0,05 m).*

*|Abw.|* *Mittelwert aller Abweichungen unter Negierung des Vorzeichens (Beträge der Abweichungen), hier: die Abweichungen an den Messstellen werden ohne ihr Vorzeichen addiert und durch die Messstellenanzahl dividiert (nach obigem Beispiel ergibt sich eine Abweichung von 0,15 m).*

*RMSD* *Root-Mean-Square Deviation ist hier definiert als:*

$$\mathrm{RMSD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}}$$

*mit $x_1$ = berechnete Standrohrspiegelhöhen, $x_2$ = gemessene Standrohrspiegelhöhen, n = Anzahl der Differenzenwerte (Abweichungen),.*

*Beispiel: die Abweichungen an den Messstellen werden quadriert, addiert, durch die Messstellenanzahl dividiert, und aus dem Ergebnis wird die Quadratwurzel gezogen (nach obigem Beispiel ergibt sich eine RMSD von 0,158 m).*

---

[7] ANDERSON, M. P., WOESSNER, W. W. (1992); Applied Groundwater Modeling – Simulation of Flow and Advective Transport; Academic Press Inc. San Diego

*NRMSD* *Normalized Root-Mean-Square Deviation ist hier definiert als:*

$$\mathrm{NRMSD} = \frac{\mathrm{RMSD}}{x_{\max} - x_{\min}} * 100$$

*mit $x_{max}$ = höchste gemessene Standrohrspiegelhöhe (57,68 m NHN, die Messstelle Steinbergen-1 (62,34 m NHN) als einzige Messstelle im Hangbereich wird ausgenommen);*
*$x_{min}$ = niedrigste gemessene Standrohrspielhöhe (52,44 m NHN);*
*$x_{max} - x_{min}$ = hydraulisches Gefälle innerhalb des Untersuchungsgebiets = 5,24 m (bezogen auf die verwendeten Messstellen).*

*max. Abw. und min. Abw.* *Weiterhin werden die maximalen positiven und negativen Abweichungen aufgeführt. Diese Werte stellen einzelne lokale Ausreißer dar, die mit der vorhandenen Modellgeometrie nicht weiter zu minimieren waren. Auf die Modellergebnisse haben sie keinen nennenswerten Einfluss. Sie wurden der Vollständigkeit halber in der Statistik belassen.*

### Scattergramme der Abweichungen

Das folgende Diagramm (Abbildung 40) zeigt für alle 115 Grundwassermessstellen ein so genanntes Scattergramm. Hierfür werden die gemessenen Standrohrspiegelhöhen jeder Messstelle (x-Achse) gegen die modellberechneten Standrohrspiegelhöhen (y-Achse) dargestellt. Es ergibt sich für jede Messstelle ein Punkt. Idealerweise liegen diese Punkte auf einer Geraden, die durch den Ursprung des Koordinatensystems verläuft und die Steigung 1 aufweist. Ein Scattergramm zeigt die Streuung (Abweichung) der Datenpunkte um die Ideallinie.

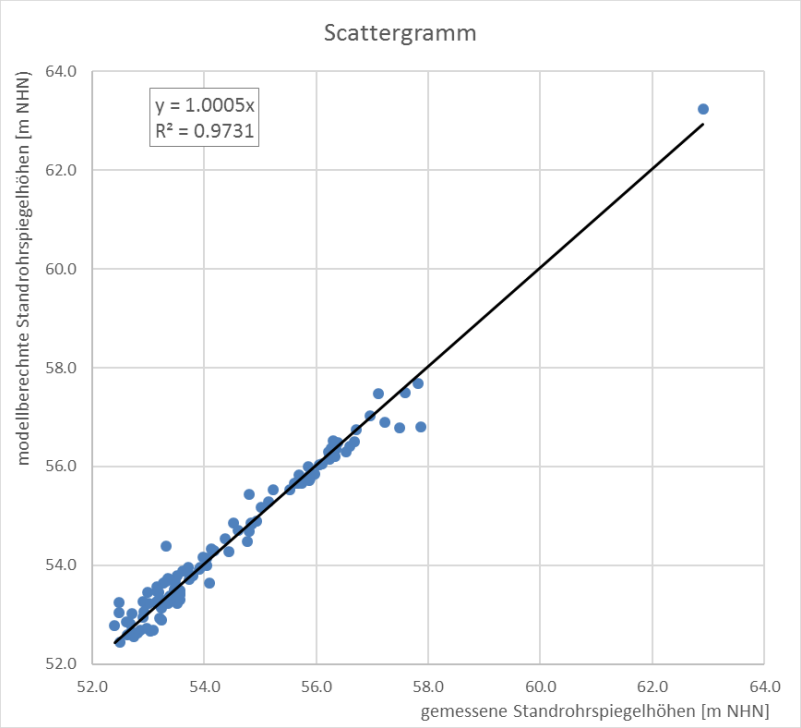



**Abbildung 40: Scattergramm für alle Grundwassermessstellen (Mittelwerte 2016 - 2018)**

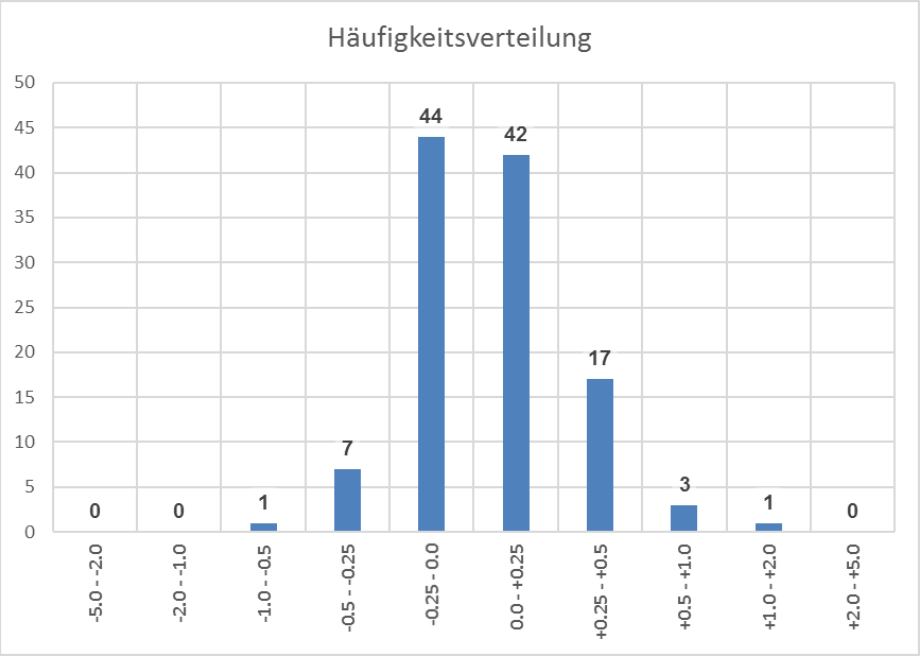
Aus dem Scattergramm ist ersichtlich, dass die Datenpunkte auf oder nahe der Ideallinie liegen. Die Steigung der Geraden beträgt überall nahezu 1, sie läuft durch den Ursprung des Koordinatensystems.

### Cluster-Diagramm der Abweichungen

In der folgenden Abbildung 41 wird ein so genanntes Cluster-Diagramm (Häufigkeitsverteilung) dargestellt.

Bei diesem Diagramm werden die Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen in Cluster aufgeteilt (hier in 0,0 bis 0,25 m, 0,25 – 0,5 m, 0,5 bis 1,0 m, 1 bis 2 m und 2 bis 5 m, jeweils mit positivem und negativem Vorzeichen). Wie viele Daten den einzelnen Clustern zugeteilt werden können, wird in einem Balkendiagramm dargestellt. Idealerweise treten die größten Häufigkeiten bei den Clustern mit den geringsten Abweichungen auf und die Balkenenden beschreiben in etwa den Verlauf einer Glockenkurve (Gaußsche Normalverteilung). Als weiteres Kriterium wurde angestrebt, dass etwa ⅔ aller Abweichungen innerhalb der Spanne von -0,25 m bis +0,25 m liegen.

Die dargestellte Häufigkeitsverteilung kommt einer Gaußschen Normalverteilung sehr nahe, und auch das zweite Kriterium ist erfüllt.




| | |
|---|---|
| Messstellenanzahl (gesamt) | 115 |
| davon im Intervall -0,5 m - +0,5 m | 110 |
| Prozentanteil [%] | 95.7 |
| davon im Intervall -0,25 m - +0,25 m | 86 |
| Prozentanteil [%] | 74.8 |

**Abbildung 41: Cluster Diagramm für alle 115 Grundwassermessstellen (Mittelwerte 2016 - 2018)**

**Räumliche Verteilung der Abweichungen an den Grundwassermessstellen**

Die **Anlage 5** zeigt die räumliche Verteilung der Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen der stationären Kalibrierung für den Zeitraum 2016 - 2018. Die Abweichungen werden in den gleichen Clustern wie in Abbildung 41 farbig dargestellt.

Kriterium für die Bewertung der dargestellten Abweichungen: Es sollen keine zusammenhängenden Gebiete mit größeren Abweichungen (mehr als 0,5 m) gleichen Vorzeichens entstehen.

Aus der Anlage wird ersichtlich, dass solche größeren Abweichung nur sehr vereinzelt unmittelbar an der Wassergewinnung auftreten. Somit handelt es sich um lokale „Ausreißer“, die in Verbindung mit den wechselnen Entnahmemengen der einzelen Brunnen stehen. Unter Berücksichtigung des Modellmaßstabs sind die „Auffälligkeiten“ mit vertretbarem Aufwand nicht aufzulösen. Da es sich um lokale Phänomene handelt, ist es für die Aufgabenstellung nicht wesentlich.

Ansonsten ergibt sich ein sehr einheiltiches Bild mit nur geringen Abweichungen.

**Das Kriterium ist als erfüllt zu bewerten.**

### 5.6.2 Wasserbilanzen / Numerische Fehler

Nach Abschluss der Kalibrierung wurde mit dem Grundwassermodell für die **mittlere Grundwasserströmungssituation 2016 – 2018** eine Grundwasserbilanz aufgestellt, die in der folgenden Tabelle 12 dargestellt ist.

| Grundwasser-Gesamtbilanz des Modellgebiets (Mittel 2016 - 2018) | | | |
|---|---|---|---|
| **Bilanzelemente** | | **mittl. Tageswerte [m³/d]** | **Jahressumme [m³/a]** |
| Grundwasserneubildung | | 22 570 | 8 238 050 |
| Zu- /Abstrom über den Modellrand (Süd) (Randbedingung 2. Art) | *Zustrom* | *5 144* | *1 877 487* |
| | *Abstrom* | *0* | *0* |
| | Gesamt | 5 144 | 1 877 487 |
| Zu- /Abstrom über die Gewässer (Randbedingung 3. Art) und Kiesseen mit Weseranschluss (Randbedingung 1. Art) | *Zustrom* | *2 157* | *787 123* |
| | *Abstrom* | *- 15 478* | *-5 649 525* |
| | Gesant | - 13 322 | -4 862 402 |
| Grundwasserentnahmen | *WG Engern* | *- 4 428* | *-1 616 158* |
| | *WG Ahe* | *- 2 145* | *- 782 753* |
| | *WG Kohlenstädt* | *- 1 235* | *- 450 720* |
| | *WG Großenwieden* | *- 3 811* | *-1 390 836* |
| | *WG Herrenteich (ant.)* | *- 617* | *- 225 205* |
| | *sonst. Entnahmen (ant.)* | *- 2 175* | *- 793 729* |
| | Gesamt | - 14 409 | -5 259 402 |
| numerischer Bilanzfehler | | - 17.2 | - 6 267 |
| numerischer Bilanzfehler [%] | | -0.06 | |

*positive Werte: Wasser fließt in das Aquifersystem*

*negative Werte: Wasser fließt aus dem Aquifersystem*

**Tabelle 12: Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Modellgebiet (Mittelwerte 2016 – 2018)**

Die Bilanzberechnungen lassen sich für den Zeitraum 2016 – 2018 folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Bilanzsumme (Addierung aller positiven und negativen Bilanzglieder) muss „Null“ betragen (Massenerhaltungsgesetz). Dieser Wert wird nahezu vollständig erreicht. Die Abweichung von nur 17,2 m³/d entspricht dem numerischen Berechnungsfehler des Modells. Bezogen auf den Grundwasserumsatz im Modell beträgt er nur 0,06 % und ist damit vernachlässigbar klein. Die Bilanzberechnungen sind damit als ausgeglichen zu bezeichnen.
- Die Grundwasserneubildung beträgt ca. 8,2 Mio. m³/a (ca. 174 mm/a).
- Über den Südrand fließen etwa 1,9 Mio. m³/a in das Modellgebiet, sie werden allerdings im Wesentlichen von der Weser aufgenommen.
- Über die Gewässer werden ca. 4,9 Mio. m³/a Grundwasser abgeführt. Hierin enthalten sind auch die Wassermengen, die über die Kiesseen mit Weserverbindung abfließen.

- Werden die positiven Bilanzglieder (Grundwasserneubildung, Randzustrom im Süden und Infiltration der Vorfluter) zusammengerechnet, stehen im gesamten Modellgebiet (=Bilanzgebiet) ca. 10,9 Mio. m³/a Grundwasser zur Verfügung.
- Die Grundwasserentnahmen betragen insgesamt ca. 5,3 Mio. m³/a. Bilanztechnisch sind hierin auch die anteilig über eine Randbedingung 1. Art berücksichtigten Grundwasserentnahmen der RIHA Rinteln und der Stadtwerke Rinteln (sonstige Entnahmen) enthalten. Insgesamt werden somit ca. 49 % des im Modellgebiet zur Verfügung stehenden Grundwassers entnommen.

## 5.7 Zusammenfassende Bewertung des numerischen Grundwassermodells

Das Grundwassermodell „Wesertal – Schaumburger Trinkwasser Verbund“ (WR-Modell) ist anhand einer geeigneten mittleren Grundwasserströmungssituation (2005 – 2009) kalibriert und an einer zweiten Grundwasserströmungssituation (WWJ 2014, inkl. Pumpversuch Ahe) getestet (validiert) worden. Weiterhin wurden die einzelnen Kalibrierparameter einer Sensitivitätsanalyse unterzogen.

Auf Grund neuer, nicht zuletzt durch die Messstellenbohrung Steinbergen-1 gewonnenen Erkenntnisse wurde in Teilbereichen das Modell aktualisiert und anschließend anhand einer neuen Grundwasserströmungssituation (2016 – 2018) erneut kalibriert.

Da wesentliche Teile des Modells auf den Ergebnissen bzw. auf der Parametrisierung des WR-Modells beruhen, stellt die erneute erfolgreiche Kalibrierung des Modells einerseits eine Prüfung der Zuverlässigkeit und andererseits eine Weiterentwicklung / Fortschreibung des Grundwassermodells dar.

Sämtliche statistischen Prüfungen der Modellergebnisse mit den vorhandenen Messdaten zeigen, dass das Modell die natürlichen Verhältnisse mit hoher Wiedergabetreue abbildet. Nach DVGW-Arbeitsblatt W 107 **[U19]** ist die Kategorie „Planungsmodell“ erfüllt. Es ist in der Lage, Reaktionen auf Veränderungen des geohydraulischen Systems zuverlässig zu prognostizieren.

Das numerische Grundwassersmodell steht somit für Anwendungen im Rahmen der Aufgabenstellung zur Verfügung.

# 6 Prognosen mit dem numerischen Grundwasserströmungsmodell

## 6.1 Rahmenbedingungen

### 6.1.1 Fördermengen und Fördermengenverteilung

Die Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH verfügt seit Juni 2017 über wasserrechtliche bewilligte Entnahmemengen von summarisch 4,6 Mio. m³/a (siehe Tabelle 13). Die bewilligte Gesamt-Entnahmemenge ist auf insgesamt 4,4 Mio. m³/a begrenzt. Da eine entsprechende Reduzierung der Einzelentnahmen variabel ist und u. a. aus betriebstechnischen Gründen erfolgt, werden in der Prognosevariante[8] zur Berechnung der Grundwassereinzugsgebiete alle vier Fassungen mit ihren maximalen Fördermengen berücksichtigt, so dass sich alle Prognose-Ergebnisse im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung auf die Entnahmemenge von 4,6 Mio. m³/a beziehen.

| Fassung | Entnahmemenge [m³/a] |
|---|---|
| Engern | 1.800.000 |
| Ahe | 800.000 |
| Kohlenstädt | 500.000 |
| Großenwieden | 1.500.000 |

**Tabelle 13: Fördermengen je Einzelgewinnung gem. Wasserrecht**

Die prozentualen Fördermengenanteile der einzelnen Brunnen innerhalb der Gewinnungsanlagen wurden für die Berechnung der Prognose anhand der tatsächlichen Anteile im Zeitraum 2016 - 2018 abgeleitet. Sie werden in der folgenden Abbildung 42 dargestellt.

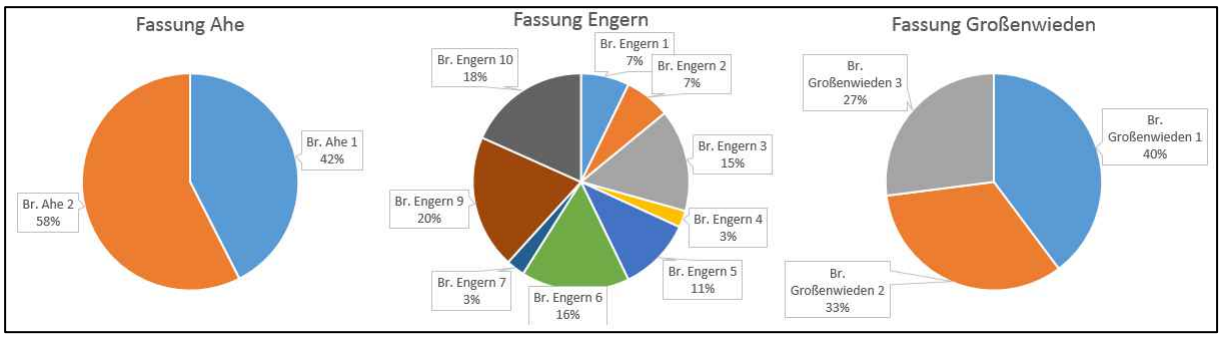



**Abbildung 42: Prozentuale Fördermengenanteile der Einzelbrunnen**

[8] Es handelt sich um eine „Prognose“, da im Zeitraum 2016 – 2018 tatsächlich zwar sehr ähnlich aber in der Summe etwas geringere Grundwassermengen gefördert wurden

### 6.1.2 Erweiterung des Kiesabbaus

Die Fa. AHE Schaumburger Weserkies GmbH (D. Eggersmann Nachf. e. K.) plant die Erweiterung des Kiesabbaus südliche der Fassung Ahe. Diese Erweiterung wurde entsprechend der vorliegenden Genehmigung in die Berechnungen der Grundwassereinzugsgebiete mit einbezogen (siehe Abbildung 43, schraffierte Flächen).

Im Südwesten der Weserschleife entsteht aus den beiden vorhandenen Seen und den Erweiterungsflächen ein zusammenhängender See, der, wie bereits in der jetzigen Situation, westlich des Kieswerks einen direkten schiffbaren Weserzugang aufweist.

Diese künftige Seefläche wird durch einen Damm von einem östlichen Gebiet getrennt, das nach Abbau ebenfalls als Seefläche verbleibt. Dieser See erhält einen schiffbaren Weserzugang gegenüber der Ortschaft Saarbeck. Beide Seenflächen sind somit unmittelbar an die Schwankungen der Weserwasserstände gekoppelt.

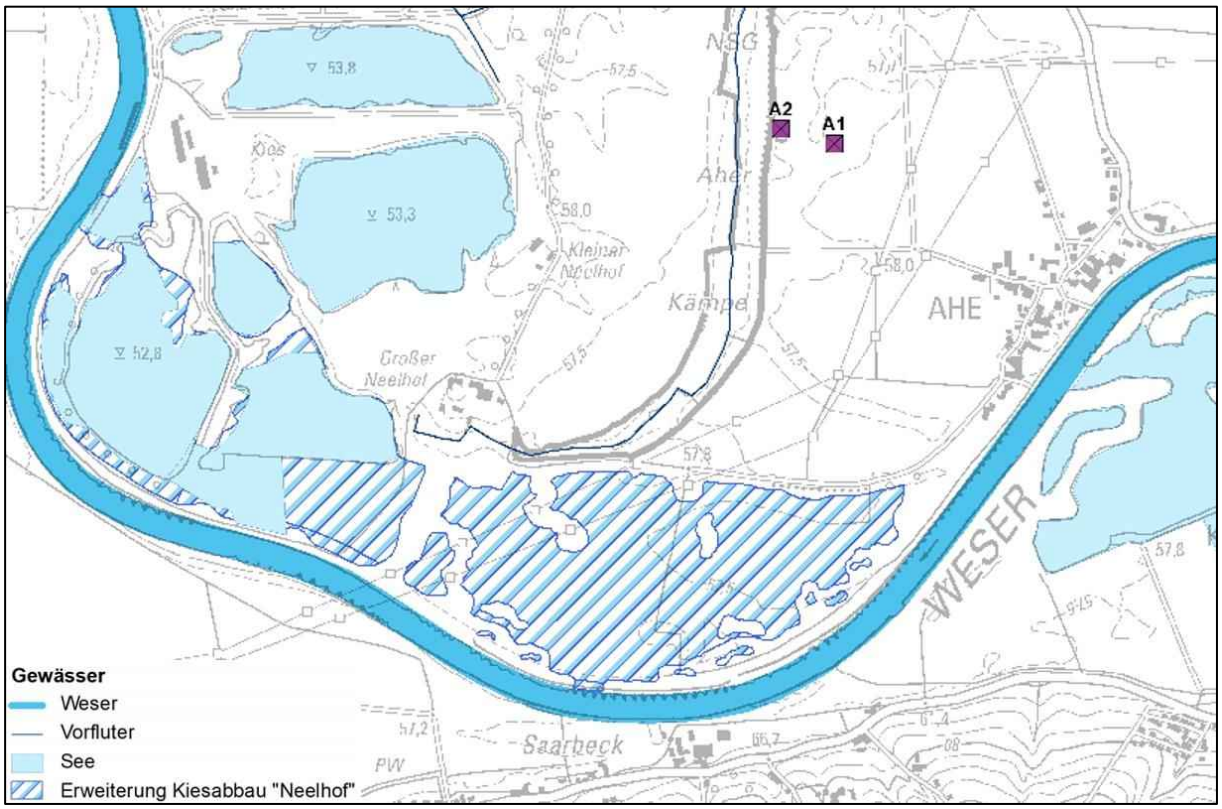



**Abbildung 43: Geplante Erweiterung des Kiesabbaus (schraffierte Flächen)**

### 6.1.3 Weitere Rahmenbedingungen

Für die Berechnungen der Einzugsgebiete wurden die folgenden Rahmenbedingungen festgesetzt:

- Das Modellgebiet, die äußeren Randbedingungen, das Strukturmodell und der Berechnungsmodus bleiben unverändert.

- Grundlage sind die Grundwasserströmungs-, Grundwasserneubildungs- und Wasserstandsverhältnisse der Gewässer, wie sie im Mittel des Zeitraums 2016 – 2018 geherrscht haben. Der Zeitraum der Kalibrierung ist somit auch Grundlage für die Prognoseberechnungen für die Berechnung der Einzugsgebiete.
- Die anteiligen Entnahmen der Fassung Herrenteich entsprechen ebenfalls denen des Zeitraums 2016 - 2018.

Das in diesem und den vorstehenden Kapiteln beschriebene Szenario wird im Folgenden **„Prognose-Variante“** genannt.

## 6.2 Berechnungsergebnisse

### 6.2.1 Grundwasserbilanzen

Die folgende Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die Grundwasser-Gesamtbilanz

| Grundwasser-Gesamtbilanz des Modellgebiets (Prognose-Variante) | | | |
|---|---|---|---|
| **Bilanzelemente** | | **mittl. Tageswerte [m³/d]** | **Jahressumme [m³/a]** |
| Grundwasserneubildung | | 22 221 | 8 110 665 |
| Zu- /Abstrom über den Modellrand (Süd) (Randbedingung 2. Art) | *Zustrom* | *5 144* | *1 877 487* |
| | *Abstrom* | *0* | *0* |
| | Gesamt | 5 144 | 1 877 487 |
| Zu- /Abstrom über die Gewässer (Randbedingung 3. Art) und Kiesseen mit Weseranschluss (Randbedingung 1. Art) | *Zustrom* | *2 817* | *1 028 121* |
| | *Abstrom* | *- 14 391* | *-5 252 627* |
| | Gesamt | - 11 574 | -4 224 506 |
| Quelle Deckbergen | | - 416 | - 151 840 |
| Grundwasserentnahmen | *WG Engern* | *- 4 932* | *-1 800 000* |
| | *WG Ahe* | *- 2 192* | *- 800 000* |
| | *WG Kohlenstädt* | *- 1 370* | *- 500 000* |
| | *WG Großenwieden* | *- 4 110* | *-1 500 000* |
| | *WG Herrenteich (ant.)* | *- 617* | *- 225 205* |
| | *sonst. Entnahmen (ant.)* | *- 2 175* | *- 793 729* |
| | Gesamt | - 15 394 | -5 618 933 |
| numerischer Bilanzfehler | | - 19.5 | - 7 128 |
| numerischer Bilanzfehler [%] | | -0.06 | |

*positive Werte: Wasser fließt in das Aquifersystem*
*negative Werte: Wasser fließt aus dem Aquifersystem*

**Tabelle 14: Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Modellgebiet (Prognosevariante)**

Die Bilanzberechnungen lassen sich für die Prognosevariante folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Bilanzsumme (Addierung aller positiven und negativen Bilanzglieder) muss „Null“ betragen (Massenerhaltungsgesetz). Dieser Wert wird nahezu vollständig erreicht. Die Abweichung von nur 19,5 m³/d entspricht dem numerischen Berechnungsfehler des Modells. Bezogen auf den Grundwasserumsatz im Modell beträgt er nur 0,06 % und ist damit vernachlässigbar klein. Die Bilanzberechnungen sind damit als ausgeglichen zu bezeichnen.
- Die Grundwasserneubildung beträgt ca. 8,1 Mio. m³/a (ca. 172 mm/a). Die Neubildung ist damit im Gebietsmittel etwas kleiner als im Zeitraum 2016-2018. Ursache hierfür ist die fehlende Grundwasserneubildung in den Bereichen für die Erweiterung des Kiesabbaus.
- Über den Südrand fließen etwa 1,9 Mio. m³/a in das Modellgebiet, sie werden allerdings im Wesentlichen von der Weser aufgenommen.
- Die Quelle Deckbergen schüttet mit ca. 150 000 m³/a.
- Über die Gewässer werden ca. 4,2 Mio. m³/a Grundwasser abgeführt. Hierin enthalten sind auch die Wassermengen, die über die Kiesseen mit Weserverbindung abfließen.
- Werden die positiven Bilanzglieder (Grundwasserneubildung, Randzustrom im Süden und Infiltration der Vorfluter) zusammengerechnet, stehen im gesamten Modellgebiet (=Bilanzgebiet) ca. 11,0 Mio. m³/a Grundwasser zur Verfügung.
- Die Grundwasserentnahmen betragen insgesamt ca. 5,6 Mio. m³/a. Bilanztechnisch sind hierin auch die anteilig über eine Randbedingung 1. Art berücksichtigten Grundwasserentnahmen der RIHA Rinteln und der Stadtwerke Rinteln (sonstige Entnahmen) enthalten. Insgesamt werden durch die Förderung Schaumburger Trinkwasser Verbund- und Aufbereitungsgesellschaft mbH (hier: 4,6 Mio. m³/a) ca. 42 % des im Modellgebiet zur Verfügung stehenden Grundwassers entnommen (Gesamtförderung aller Brunnen 51 %).

### 6.2.2 Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserfließrichtungen

Die mit dem Modell berechneten mittleren Standrohrspiegelhöhen der Prognose werden in der **Anlage 7.2** als Linien gleicher Standrohrspiegelhöhen (Grundwassergleichen, Isohypsen) dargestellt[9]

- Der Höhenabstand der Isohypsen beträgt im Wesertal einheitlich 0,25 m und nimmt an den Flanken sukzessive auf 20 m zu.
- Im Bereich der Höhenzüge des Weser- und Lipper Berglandes sind bis auf die Messstelle Steinbergen-1 keine Grundwassermessstellen vorhanden. Daher ist der Verlauf der Isolinien hier mit einer mit einer Schraffur überdeckt (vgl. Kapitel 5.2).

[9] Der Verlauf dieser modellberechneten Isohypsen ist den aus Messwerten konstruierten (siehe Anlage 7.1) sehr ähnlich. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die konstruieren Isohypsen auf den gemittelten Messwerten des Zeitraums 2016 – 2018 basieren, während die modellberechneten Isohypsen das Ergebnis der Prognose sind (maximale Fördermengen nach Wasserrecht, Erweiterung des Kiesabbaus „Nellhof“).

- Entsprechend der generellen Geländemorphologie betragen die höchsten Standrohrspiegelhöhen im Norden (Westendoller Egge / Overber) mehr als 140 m NN. Die niedrigsten Standrohrspiegelhöhen werden im Westen des Modellgebiets (Rinteln) an der der Weser (unter 52 m NHN) verzeichnet.
- Somit erfolgt im Wesertal ein genereller Grundwasserabstrom von Nordnordosten / Nordosten in Richtung Westen / Westsüdwesten auf die Weser zu.
- Durch die dominante Wirkung der Weser, den Einfluss der Kiesabbaue, die Grundwasserentnahmen und durch die stark wechselnden Mächtigkeiten des Quartär-Aquifers ergeben sich deutlich strukturierte, lokale Grundwasserfließverhältnisse, deren Richtungen durch in den Plan eingetragene Strömungspfeile verdeutlicht werden.
- Das hydraulische Gefälle (i) ist im Wesertal relativ flach ausgebildet und liegt überwiegend zwischen 0,0005 und 0,002. Deutlich steilere Gradienten treten am nördlichen Rand der Niederung am Übergang zum Bergland auf, wie es u. a. nördlich der Wasserfassungen Engern angedeutet ist (i etwa 0,04). Im Bereich der Wassergewinnungen sind im Zusammenhang mit den Entnahmen ebenfalls höhere hydraulische Gefälle zu erkennen.
- Vor allem an den Wassergewinnungsanlagen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden zeigen „Verbiegungen“ der Isolinien und eine entsprechende Veränderung der Grundwasserfließrichtungen den Einfluss der Grundwasserentnahmen.
- Die beiden östlichen Seen des Kiesabbaus „Engern“ weisen, bezogen auf ihre Nähe zur Weser, relativ hohe Wasserstände auf, wodurch es an Ihrer Ostflanke zu einem geringfügigen Grundwasseraufstau und einer lokalen Fließrichtungsumkehr kommt.
- Dem gegenüber tritt an der Westflanke ein steiler Grundwassergradient Richtung Weser auf. Sofern die Pegelhöhen korrekt sind, ist dies nur durch eine Kolmation[10] der Seeufer durch feinere Partikel (ggf. Abraum oder organisches Material) am Boden sowie an der Abstrom-Seite der Seen erklärbar.
- Die Weser bildet im gesamten Verlauf innerhalb des Untersuchungsgebiets die Vorflut.

### 6.2.3 Grundwasserflurabstände

Die modellberechneten Grundwasserflurabstände (Prognose-Variante) werden in **Anlage 7.3** ausschließlich für das Aussagegebiet (siehe Kap. 5.2) dargestellt. Im Festgestein und an den Modellrändern sind die genauen Beträge der berechneten Standrohrspiegelhöhen unsicher, so dass eine Darstellung der Grundwasserflurabstände in diesen Bereichen nicht sinnvoll ist.

[10] Die Ablagerung von Feststoffen (Feinkorn) führt zu einer lokalen Verringerung der Durchlässigkeit und der Hohlraumanteils des Aquifers.

In weiten Bereichen des Wesertals betragen die Grundwasserflurabstände über 4 m, z. T. auch deutlich mehr. Lediglich im Bereich der Vorfluter bzw. ihrer lokalen „Täler“ und im Bereich des Naturschutzgebiets Aher Kämpe sowie in einigen Bereichen unmittelbar am Nordrand des Wesertals im Übergang zum Festgestein sind kleinere Flurabstände unterhalb von 3 m zu erkennen.

## 6.3 Grundwassereinzugsgebiete

### 6.3.1 Begriffserläuterungen

Im Rahmen von Wasserrechts- und Wasserschutzgebietsverfahren kommt es bei der Erörterung der Festlegungen oft zu Unklarheiten der verwendeten Begriffe und Bezeichnungen. Daher werden im Folgenden die wesentlichen Begriffe zur Festlegung der Grundwassereinzugsgebiete unter Verwendung der Abbildung 44 und in Anlehnung an die DIN 4049-3 **[U22]** erläutert.

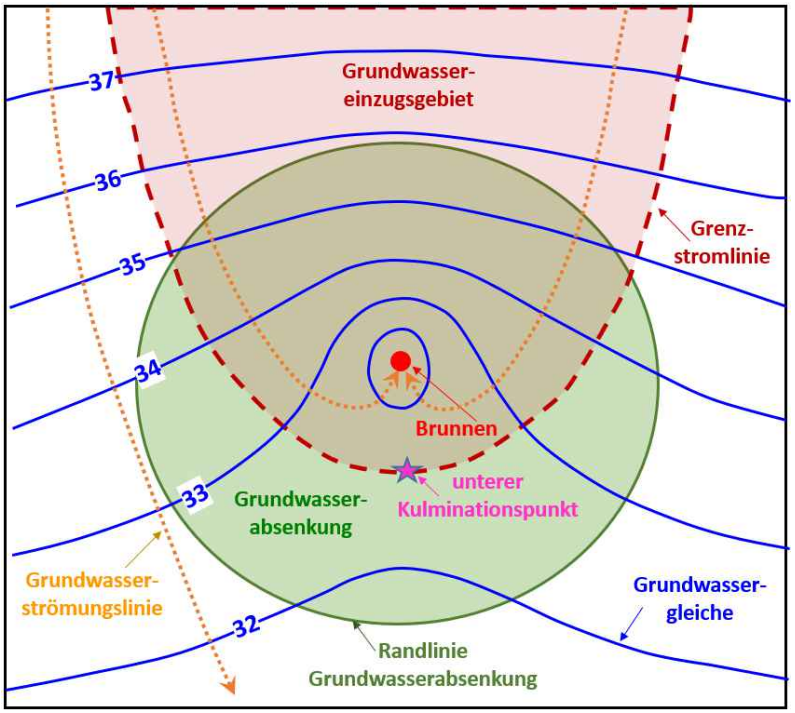



**Abbildung 44 Prinzipskizze zur Begriffserläuterung**

a) Grundwassergleichen (Isohypsen): Linie gleicher Höhe der Grundwasserdruckfläche, hier vereinfacht: Linien gleicher Grundwasserhöhen

b) Grundwasserströmungslinie (vereinfacht): idealisierte Darstellung der Grundwasserströmungsrichtung (dem Grundwassergefälle folgend, senkrecht zu den Isohypsen). Die Grundwasserströmungsrichtungen werden in Grundwassergleichenplänen oftmals durch Pfeile gekennzeichnet

c) Grundwassereinzugsgebiet: Gebiet, aus dem alles Grundwasser einem Ort (Brunnen) zufließt.

Die Grundwassereinzugsgebiete die Wassergewinnungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden sowie der Quelle Deckbergen werden in der **Ablage 8.1** detailliert dargestellt.

d) Grenzstromlinie: hydraulische Begrenzungslinie („Rand“) des Grundwassereinzugsgebiets. Auf der einen Seite dieser Linie fließt das Grundwasser zum Brunnen, auf der anderen zu einem anderen Ort (z. B. Vorfluter)

e) Unterer Kulminationspunkt einer Grundwasserentnahme: tiefster Punkt der Grenzstromlinie des Grundwassereinzugsgebiets einer Grundwasserentnahme

f) Gebiet der Grundwasserabsenkung: In diesem Gebiet werden die Grundwasserhöhen als Folge der betrachteten Grundwasserförderung abgesenkt. Das Absenkgebiet markiert den „Auswirkungsbereich“ der Grundwasserentnahme auf das Grundwasser. Die Grundwasserabsenkung und das Einzugsgebiet bedingen sich zwar hydraulisch gegenseitig, weisen aber grundsätzlich unterschiedliche Flächenausdehnungen auf und dürfen daher nicht miteinander verwechselt werden. Fragen zur Ausdehnung und Stärke der Grundwasserabsenkungen und deren Folgen auf Schutzgüter werden grundsätzlich im Wasserrechtsverfahren abgehandelt (die Darstellung der Absenkgebiete befindet sich in **[U6, Anlage 10.2]**), während sich die Ausweisung der Trinkwasserschutzgebiete, insbesondere der Zone III, im Wasserschutzgebietsverfahren auf die detaillierte Ermittlung der Grundwassereinzugsgebiete stützt.

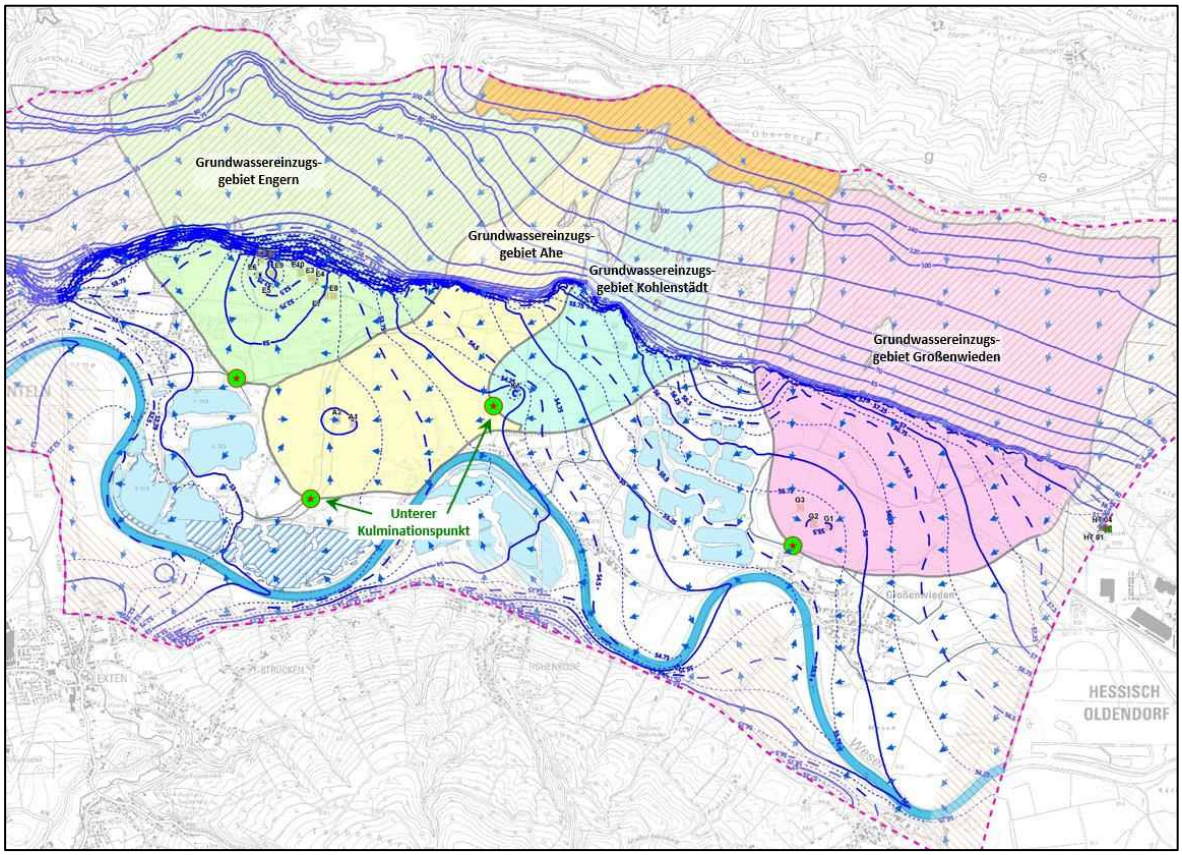



**Abbildung 45 Gemeinsame Darstellung von Grundwassergleichen, Einzugsgebieten und unteren Kulminationspunkten**

Die Abbildung 45 zeigt die Zusammenhänge der o. g. Begrifflichkeiten (a bis e) für die Prognosesituation. Detaillierte Darstellungen von Grundwassergleichen, Einzugsgebieten und unteren Kulminationspunkten befinden sich in den **Anlagen 7.1, 7.2 und 8.1**

### 6.3.2 Methodik zur Ermittlung der Grundwassereinzugsgebiete für die Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden

Die im Folgenden beschriebene Berechnung der unterirdischen Einzugsgebiete soll der Festlegung der Trinkwasserschutzzone III dienen. Nach dem DVGW Arbeitsblatt W 101 **[U19]** reicht die Zone III „in der Regel bis an die Grenze des unterirdischen Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlagen“. Für die Abgrenzung des Einzugsgebiets sind in der Regel die wasserrechtlich genehmigten Jahresfördermengen und langfristig mittlere hydrogeologische Verhältnisse zu Grund zu legen. Die Schutzzone III (ggf. mit Unterteilung in die Zonen IIIA und IIIB) dient dem Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, vor allem von schwer abbaubaren chemischen und radioaktiven Verunreinigungen.

Die Grundwassereinzugsgebiete[11] der einzelnen Gewinnungsanlagen wurden für die Prognosesituation mit dem Grundwassermodell nach zwei unterschiedlichen Methoden berechnet, die im Programmsystem von FeFlow 7.1 integriert sind[12]:

A) „Particle Tracking“: Von jedem Netzgitter-Knotenpunkt des gesamten Modells wurden von der Geländeoberfläche „Teilchen“ gestartet und ihr Verlauf mit der Grundwasserströmung verfolgt. Diejenigen, die die Förderbrunnen erreichen, wurden herausgefiltert. Ihre Fließwege innerhalb des Grundwassersystems werden als Grundwasserströmungslinien auf eine Karte projiziert. Sie zeichnen das Strömungsfeld zum Brunnen und damit das Einzugsgebiet nach.

B) „Exit Probability“: Von jedem Element des Modells ausgehend wird berechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Wassertropfen den Brunnen erreicht. Bereiche, aus denen die Wassertropfen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit den Brunnen erreichen (>40%), liegen im Einzugsgebiet und werden entsprechend farbig dargestellt.

   Für diese Berechnungsmethode musste das Modell in den „Transportmodus“ überführt werden und um „Transport-Parameter“ erweitert werden. Die Werte dieser Parameter wurden für das gesamte Modellgebiet einheitlich auf 50 m für die Longitudinale Dispersivität und 5 m für die Transversale Dispersivität festgelegt.

Aus der Darstellung der Grundwassereinzugsgebiete in **Anlage 8.1** ist zu erkennen, dass sich beide Methoden ergänzen. Methode A führt zu linienförmigen, Methode B zu flächenhaften Darstellungen, die die Grundwasserströmungslinien „umhüllen“.

---

[11] DIN 4049-3: „Gebiet, aus dem unterirdisches Wasser einem bestimmten Ort zufließt“

[12] Nähere Beschreibungen der Berechnungsmethodik und der mathematischen Prozesse befinden sich in den Handbüchern und im „White Paper“ des Programmsystems FeFlow®

Die Grundwassereinzugsgebiete sind auch im Festgestein dargestellt. Für eine exakte Abgrenzung der Einzugsgebiete im Festgesteinsbereich gibt es zwar keine gesicherte Datengrundlage, es ist aber mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass das hydraulische Gefälle in der Realität wie in Modellberechnungen dem morphologischen Gefälle mit steilem Gradienten entspricht.

Die Lage und Größe ergibt sich aus den berechneten Grundwasserströmungsrichtungen sowie aus der jeweiligen Ausdehnung, die abhängig von der Grundwasserneubildung und der Förderung, für eine ausgeglichene Grundwasserbilanz notwendig ist.

### 6.3.3 Methodik für die Quelle Deckbergen

Die Stadtwerke Rinteln nutzen nur einen Teil der Gesamtschüttung der Quelle Deckbergen. Da aber nicht näher spezifiziert werden kann, in welchem Teil des Gesamteinzugsgebiets der Quelle das entnommene Wasser neu gebildet wird, muss das gesamte Einzugsgebiet der Quelle geschützt werden.

Der Quelle fließt Grundwasser, wie beschrieben, aus dem Cornbrash, einem klüftigen Festgestein, zu. Die Quelle ist über entsprechende Randbedingungen in das Grundwassermodell integriert. Dennoch ist eine Einzugsgebietsermittlung nach den im vorherigen Kapitel beschrieben Methoden sowohl modelltechnisch, als auch von der Datenlage her (fehlende Grundwassermessstellen) nicht sinnvoll.

Daher wurde ein anderer Weg zur Festlegung des Einzugsgebiets gewählt. Die Abgrenzung erfolgt in **[U18]** nach geologischen Gesichtspunkten. Diese wurde zunächst auf Plausibilität geprüft. Anschließend wurde mit Grundwassermodell unter den im Rahmen der Modellkalibrierung ermittelten Grundwasserneubildungsraten bilanziert, ob das nach geologischen Methoden abgegrenzte Einzugsgebiet ausreichend groß bemessen ist, um die ermittelte bzw. abgeschätzte Schüttungsmenge für eine ausgeglichene Grundwasserbilanz zu produzieren.

### 6.3.4 Lage, Größe und Bilanzen der Grundwassereinzugsgebiete

In der **Anlage 8.1** werden die Einzugsgebiete der fünf Wassergewinnungen als Zusammenschau dargestellt. Zu Vergleichszwecken werden die derzeit bestehenden Trinkwasserschutzgebietsgrenzen mit abgebildet (gemeinsames Wasserschutzgebiet Engern/Ahe und Wasserschutzgebiet Großenwieden.

Das Einzugsgebiet **Engern** weist eine Fläche von ca. **7,2 km²** auf und dehnt sich, von der Wassergewinnungsanlage aus gesehen, entsprechend den Grundwasserfließrichtungen überwiegend nach Norden aus und reicht auf fast gesamter Breite bis an den Kamm des Wesergebirges. Insgesamt liegt das Einzugsgebiet nahezu komplett innerhalb des derzeit bestehenden Schutzgebiets. Die Westgrenze des Einzugsgebiets reicht bis nahe an den nördlichen, nicht mehr im Abbau befindlichen Kiesteich der AHE Schaumburger Weserkies GmbH heran. Im Osten grenzt es unmittelbar an das Einzugsgebiet Ahe an.

Das Einzugsgebiet **Ahe** weist eine Fläche von ca. **3,8 km²** auf und dehnt sich, von der Wassergewinnungsanlage aus gesehen, entsprechend den Grundwasserfließrichtungen überwiegend nach Nordosten aus. Es erreicht den Kammbereich des Wesergebirges nicht, da hier

das in der Quelle Deckbergen zu Tage tretende Wasser neu gebildet wird, bzw. an der Nordostgrenze der Oberlauf des Deckberger Bachs sein Zustromgebiet hat. Im Wesentlichen deckt das bestehende Wasserschutzgebiet das Einzugsgebiet ab. Lediglich nach Süden dehnt es sich über die aktuelle Schutzgebietsgrenze aus. Im Bereich der Ortschaft Ahe reicht das Einzugsgebiet bis an die Weser heran. Allerdings strömt unter den berücksichtigten Bedingungen kein Wasser aus der Weser in das Einzugsgebiet bzw. in die Brunnen. Unter anderen Bedingungen, z. B. bei Hochwasser der Weser bei gleichzeitig niedrigen Standrohrspiegelhöhen, ist es möglich, dass Weserwasser in einem Abschnitt zwischen Ahe und Kohlenstädt in das Einzugsgebiet infiltriert. Dass das auch schon unter den heutigen Bedingungen (ohne die Erweiterung der Kies-Abbaufläche zumindest zeitweise geschieht, zeigen die Ergebnisse des laufenden Monitoringprogramms zur Überwachung der Wasserqualität (vgl. Kap. 7.1). Durch eine Erweiterung der Kiesabbaufläche in Richtung Ahe wird sich dieser Effekt noch weiter verstärken. Auf der Ostseite bildet das Einzugsgebiet Ahe eine gemeinsame Grenze mit dem Einzugsgebiet Kohlenstädt.

Das Einzugsgebiet **Kohlenstädt** weist eine Fläche von ca. **2,5 km²** auf und dehnt sich, von der Wassergewinnungsanlage aus gesehen, entsprechend den Grundwasserfließrichtungen überwiegend nach Nordosten in Richtung der Ortschaft Deckbergen aus. Es erreicht den Kammbereich des Wesergebirges nicht, da hier das in der Quelle Deckbergen zu Tage tretende Wasser neu gebildet wird, bzw. an der Nordwestgrenze der Oberlauf des Deckberger Bachs sein Zustromgebiet hat. Wesentliche Bereiche des Einzugsgebiets werden derzeit nicht durch ein Schutzgebiet abgedeckt.

Das Einzugsgebiet **Großenwieden** weist eine Fläche von ca. **8,4 km²** auf und dehnt sich, von der Wassergewinnungsanlage aus gesehen, entsprechend den Grundwasserfließrichtungen überwiegend nach Norden aus. Es erreicht den Kammbereich des Wesergebirges nicht, was ebenfalls mit dem Grundwasserzustrom der Quelle Deckbergen in Verbindung steht. Deckt das bestehende Trinkwasserschutzgebiet das Einzugsgebiet im Süden noch überwiegend gut ab, so werden im Nordwesten die aktuellen Schutzgebietsgrenzen überschritten. Auch die im Nordosten verlaufende gemeinsame Grenze des WSG Großenwieden und des WSG Herrenteich wird überschritten, so dass das Einzugsgebiet Großenwieden in Teilbereichen in das WSG Herrenteich hineinreicht. Die Weser erreicht das Einzugsgebiet nicht. Es besteht im Bereich der Ortschaft Großenwieden noch ein Mindestabstand von 250 m. Somit kann unter den prognostizierten Bedingungen kein Weserinfiltratwasser in die Brunnen gelangen.

Die Einzugsgebiete der vier untersuchten Wassergewinnungen grenzen, abgesehen von einem schmalen Korridor zwischen den Einzugsgebieten Kohlenstädt und Großenwieden, direkt aneinander. Das bedeutet, das von der Flanke des Wesergebirges in Richtung Weser strömende Grundwasser wird fast vollständig durch die Wassergewinnungen abgefangen. Zusätzliche Entnahmen oder wesentliche Eingriffe in den Wasserhaushalt der Weserterrasse werden zu einer Verlagerung der Einzugsgebiete führen. Da aus den gegebenen geologischen und morphologischen Bedingungen eine Verlagerung / Ausdehnung nach Norden und zu den Seiten nicht oder kaum möglich ist, wird diese in Richtung Weser geschehen, was zumindest für die Wassergewinnungen Ahe und Großenwieden die Gefahr eines zunehmenden Weserwassereinflusses birgt.

Der **Quelle Deckbergen** fließt innerhalb des Cornbrash (klüftiger Kalksandstein, in Abbildung 46 rot umrandet) von östlichen bzw. westlichen Richtungen Grundwasser zu (blaue Pfeile). Die südliche Grenze des Zustroms und damit die des Einzugsgebiets wird durch den Übergang des Cornbrash zu den liegenden Tonsteinen der Württembergica-Schichten gebildet. Die nördliche Grenze bildet die Kammlinie des Wesergebirges, der durch klüftige Kalksteine und Kalksandsteine (Korallenoolith und Hersumer Schichten) gebildet wird. Die zwischen den Hersumer Schichten und dem Cormbrash zu Tage tretenden Tonsteine (Geringleiter) des Ornatenton sind ebenfalls zum Einzugsgebiet zu zählen, denn hier fließt das Niederschlagswasser überwiegend oberflächennah hangabwärts ab und wird von den Cornbrash-Schichten aufgenommen (vgl. Abbildung 24). Die laterale Ausdehnung des Einzugsgebiets wird sowohl im Westen als auch im Osten gem. **[U18]** durch entsprechende Einzugsgebiete von Quellaustritten bei Steinbergen bzw. von Schaumburg begrenzt. Die tatsächliche Lage dieser Grenzen ist allerdings nur sehr grob abschätzbar.

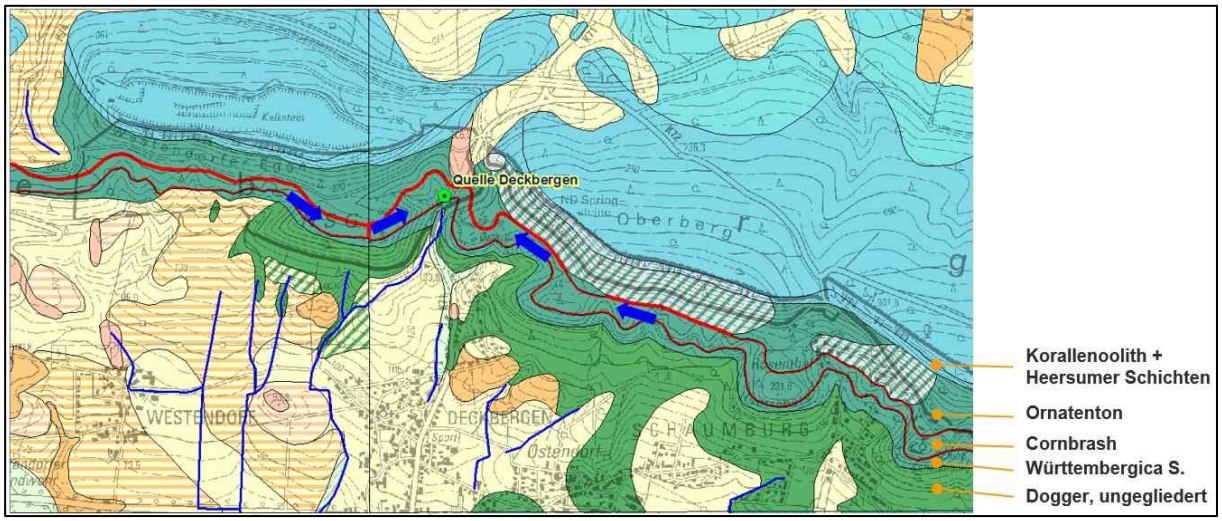



**Abbildung 46 Geologische Verhältnisse im Bereich der Quelle Deckbergen auf Grundlage der digitalen geologischen Karte GK 25 [U 5]**

Die Beschreibung der Lage des Einzugsgebiets der Quelle in **[U18]** ist plausibel. Ihr wird im Wesentlichen gefolgt. Das auf Grundlage der digitalen geologischen Karte GK 25 **[U5]** kartierte Einzugsgebiet wird in **Anlage 8.1** sowie in Abbildung 47 (gelb schraffierte Fläche) dargestellt. Es umfasst eine Fläche von ca. **1 km²**.

Die Prüfung mit dem Grundwassermodell hat ergeben, dass unter den beschriebenen Modellvoraussetzungen auf dieser Fläche ca. 330 000 m³/a Grundwasser neu gebildet werden. Für eine abgeschätzte Schüttungsmenge, die gem. **[U18]** zwischen 150 000 und 250 000 m³/a (Mittelwerte 200 000m³/a) schwankt, ist das ausgewiesene Einzugsgebiet ausreichend groß bemessen und bietet angesichts der z. T. nur groben Abschätzungen und Unsicherheit ausreichend „Sicherheits-Reseven“.

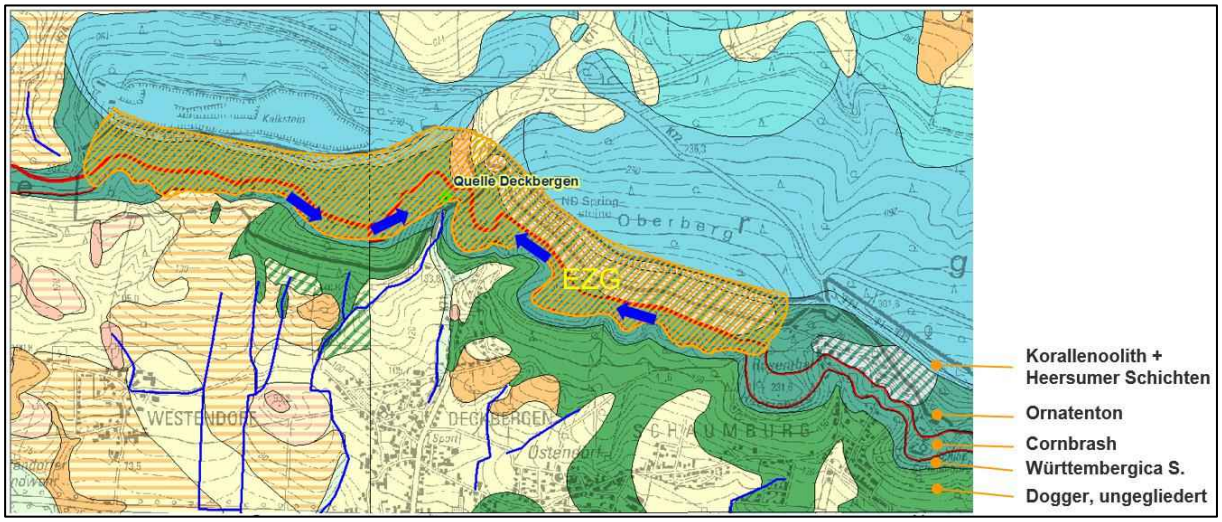



**Abbildung 47 Lage des Einzugsgebiets der Quelle Deckbergen (gelb schraffiert)**

Im Folgenden werden die einzelnen Einzugsgebiete **bilanziert**.

Viele Gewässer / Vorfluter entspringen im Festgesteinsbereich und führen Wasser, das im Terrassenbereich zum Teil, je nach Wasserstand im Gewässer sowie Standrohrspiegelhöhe des Grundwassers, versickern kann und das Grundwasser anreichert. Liegen diese Versickerungsbereiche im Einzugsgebiet der Brunnen, ist das Infiltrat Bestandteil des Förderwassers. Im Folgenden wird der Anteil des Infiltrats aus Gewässern / Vorflutern am Förderwasser in Prozent angegeben.

Der Anteil des Infiltratwassers aus der Weser an den Fördermengen wird separat ausgewiesen. Allerdings fließt unter den Rahmenbedingungen der Prognose kein Weserfiltratwasser in die Wassergewinnungen.

Die mittlere Grundwasserneubildungshöhe im Einzugsgebiet errechnet sich aus Fördermenge abzüglich der Infiltration aus den Gewässern / Vorflutern / Weser dividiert durch die Gebietsgröße.

Zusätzlich wird angegeben, wieviel Prozent der Fördermenge aus dem Festgesteinsbereich bzw. aus dem Verbreitungsbereich der Terrassensedimente stammt.

Für die einzelnen Einzugsgebiete ergeben sich folgende Bilanzierungen:

**Wassergewinnung Engern**

- Fördermenge: ca. 1,8 Mio. m³/a
- **Größe des Grundwassereinzugsgebiets: ca. 7,2 km²**
- Mittlere Grundwasserneubildungshöhe: 239 mm/a
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat von Gewässern / Vorflutern: 4,6%
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat der Weser: 0%
- Anteil des Förderwassers aus dem Festgesteinsbereich: ca. 71%
- Anteil des Förderwassers aus dem Terrassenbereich: ca. 29%

**Wassergewinnung Ahe**

- Fördermenge: 0,8 Mio. m³/a
- **Größe des Grundwassereinzugsgebiets: ca. 3,8 km²**
- Mittlere Grundwasserneubildungshöhe: 200 mm/a
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat von Gewässern / Vorflutern: 5,7%
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat der Weser: 0%
- Anteil des Förderwassers aus dem Festgesteinsbereich: ca. 19%
- Anteil des Förderwassers aus dem Terrassenbereich: ca. 81%

**Wassergewinnung Kohlenstädt**

- Fördermenge: ca. 0,5 Mio. m³/a
- **Größe des Grundwassereinzugsgebiets: ca. 2,5 km²**
- Mittlere Grundwasserneubildungshöhe: 177 mm/a
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat von Gewässern / Vorflutern: 10,7%
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat der Weser: 0%
- Anteil des Förderwassers aus dem Festgesteinsbereich: ca. 44%
- Anteil des Förderwassers aus dem Terrassenbereich: ca. 56%

**Wassergewinnung Großenwieden**

- Fördermenge: ca. 1,5 Mio. m³/a
- **Größe des Grundwassereinzugsgebiets: ca. 8,4 km²**
- Mittlere Grundwasserneubildungshöhe: 152,4 mm/a
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat von Gewässern / Vorflutern: 14.7%
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat der Weser: 0%
- Anteil des Förderwassers aus dem Festgesteinsbereich: ca. 61%
- Anteil des Förderwassers aus dem Terrassenbereich: ca. 39%

**Quellfassung Deckbergen**

- Schüttungsmenge (im Modell): ca. 0,152 Mio. m³/a
- **Größe des abgegrenzten Grundwassereinzugsgebiets: ca. 1,0 km²** *(das reale Einzugsgebiet ist vermutlich kleiner, das bedeutet aber ausreichende Sicherheiten für die z. T. nur groben Abschätzungen)*
- Mittlere Grundwasserneubildungshöhe: 329,7 mm/a
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat von Gewässern / Vorflutern: 0%
- Anteil des Förderwassers aus Infiltrat der Weser: 0%
- Anteil des Förderwassers aus dem Festgesteinsbereich: 100%
- Anteil des Förderwassers aus dem Terrassenbereich: ca. 0%

## 6.4 50-Tage-Fließzeitzonen

### 6.4.1 Methodik

Die im Folgenden beschriebene Berechnung der 50-Tage-Fließzeitzonen[13] für die Einzelbrunnen der Wassergewinnungsanlagen soll der Festlegung der Trinkwasserschutzzone II dienen. Die Schutzzone II muss nach DVGW-Arbeitsblatt 101 **[U19]** „dem Schutz vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Viren Parasiten und Wurmeier) sowie von sonstigen Beeinträchtigungen gewährleisten, die bei geringer Fließdauer und -strecke zur Wassergewinnungsanlage gefährlich sind“. Hierbei ist davon auszugehen, dass viele Arten solcher pathogenen Mikroorganismen eine Überlebensdauer im reduzierten, also sauerstofffreien Milieu von bis zu max. 50 Tagen aufweisen. Aus dieser Herleitung resultiert das Kriterium der 50-Tage-Linie (= Äußere Begrenzung der 50-Tage-Fließzeitzone).

Grundlage für die Berechnung sind die aus den maximalen Jahresfördermengen der einzelnen Wassergewinnungsanlagen abgeleiteten Tagesfördermengen der Einzelbrunnen entsprechend der prozentualen Fördermengenanteile gem. Abbildung 42, sowie die hydrogeologischen Rahmenbedingungen der Prognose-Situation.

Für die Berechnung von Fleißzeiten ist die Definition der effektiven Porosität der einzelnen hydrogeologischen Schichteinheiten notwendig. Sie wurde mit 20% für die Grundwasserleiter und mit 5 % für die Geringleiter und das Festgestein festgelegt.

Von der Mitte der jeweiligen Filterstrecke der einzelnen Brunnen werden radial verteilt „Teilchen“ gestartet. Ihr Verlauf wird entgegen der Grundwasserströmung rechnerisch eine Fließzeit von 50 Tagen verfolgt. Der Endpunkt des Verlaufs entspricht somit der Stelle im Grundwasserleiter, vom dem ein Teilchen noch 50 Tage braucht, bis der Brunnen erreicht wird. Die Endpunkte der 100 je Brunnen berechneten Fließwege (Strömungslinien) werden miteinander verbunden. Die Verbindungslinie umschließt die sogenannte 50-Tage-Fließzeitzone. Diese wird an die Geländeoberfläche projiziert und in den Anlagen 8.2.1 bis 8.2.4 dargestellt.

### 6.4.2 50-Tage-Fließzeitzonen der WG Engern

Für die WG Engern ergeben sich zwei dicht nebeneinander liegenden 50-Tage-Fließzeitzonen (siehe **Anlage 8.2.1**):

- Die westliche Zone wird durch den Zustrom auf die Brunnen E1, E2, E5, E6 und E9 gebildet. Sie umfasst eine Fläche von ca. 20 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone beträgt ca. 85 m (nördlich vom Brunnen E2), der größte Abstand beträgt ca. 260 m (nordwestlich vom Brunnen E6).
- Die östliche Zone wird durch den Zustrom auf die Brunnen E3, E4, E7 und E10 (der ebenfalls eingetragene Brunnen E8 ist dauerhaft nicht in Betrieb). Sie umfasst eine Fläche von ca. 11 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone

[13] Zone, in der ein Grundwassertropfen noch 50 Tage oder weniger bis zum Erreichen des Förderbrunnens benötigt.

beträgt ca. 20 m (südlich vom Brunnen E7), der größte Abstand beträgt ca. 300 m (nordöstlich vom Brunnen E3).

Der Abstand zwischen den beiden Zonen beträgt im Minimum nur ca. 13 m, so dass schon eine geringfügige Änderung der Rahmenbedingungen in Richtung „trockenere“ Verhältnisse zu einem „Zusammenschmelzen“ der beiden Zonen führen wird.

### 6.4.3 50-Tage-Fließzeitzonen der WG Ahe

Für die WG Ahe ergeben sich zwei dicht nebeneinander liegenden 50-Tage-Fließzeitzonen (siehe **Anlage 8.2.2**):

- Die westliche Zone wird durch den Zustrom auf den Brunnen A2 gebildet. Sie umfasst eine Fläche von ca. 2,3 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone beträgt ca. 70 m (östlich vom Brunnen A2), der größte Abstand beträgt ca. 100 m (nördlich vom Brunnen A2).
- Die östliche Zone wird durch den Zustrom auf den Brunnen A1 gebildet. Sie umfasst eine Fläche von ca. 2 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone beträgt ca. 45 m (westlich vom Brunnen A1), der größte Abstand beträgt ca. 110 m (östlich vom Brunnen A1).

Der Abstand zwischen den beiden Zonen beträgt im Minimum nur ca. 28 m, so dass Änderungen der Rahmenbedingungen in Richtung „trockenere“ Verhältnisse zu einem „Zusammenschmelzen“ der beiden Zonen führen können.

### 6.4.4 50-Tage-Fließzeitzone der WG Kohlenstädt

Die 50-Tage-Fließzeitzone des Brunnens Kohlenstädt (siehe **Anlage 8.2.3**) umfasst eine Fläche von ca. 5,2 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone beträgt ca. 100 m (nordwestlich vom Brunnen), der größte Abstand beträgt ca. 170 m (östlich vom Brunnen).

### 6.4.5 50-Tage-Fließzeitzonen der WG Großenwieden

Für die WG Großenwieden ergeben sich zwei dicht nebeneinander liegenden 50-Tage-Fließzeitzonen (siehe **Anlage 8.2.4**):

- Die westliche Zone wird durch den Zustrom auf den Brunnen A3 gebildet. Sie umfasst eine Fläche von ca. 2,9 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone beträgt ca. 50 m (südöstlich vom Brunnen G3), der größte Abstand beträgt ca. 150 m (nördlich vom Brunnen G3).
- Die östliche Zone wird durch den Zustrom auf die Brunnen G1 und G2 gebildet. Sie umfasst eine Fläche von ca. 10 ha. Der geringste Abstand zwischen Brunnen und Rand der Zone beträgt ca. 72 m (südwestlich von Brunnen G1), der größte Abstand beträgt ca. 210 m (nordöstlich von Brunnen G1).

Der Abstand zwischen den beiden Zonen beträgt im Minimum nur ca. 28 m, so dass Änderungen der Rahmenbedingungen in Richtung „trockenere“ Verhältnisse zu einem „Zusammenschmelzen“ der beiden Zonen führen können.

### 6.4.6 50-Tage-Fließzeitzonen der Quelle Deckbergen

Für die Quelle Deckbergen ist die Berechnung einer 50-Tage-Linie mit dem Grundwassermodell nicht möglich, da sich die Quelle aus dem klüftigen Festgestein (Cornbrash) speist. Der Zustrom setzt sich demzufolge aus schnellen (Klüfte) und tendenziell langsameren (kleine Klüfte, Trennfugen, Gesteinsmatrix) Fließkomponenten zusammen, wofür das Modell derzeit keine sinnvollen Ergebnisse (Fleißzeiten) liefern kann. Möglicherweise könnten Tracer-(Färbe-)Versuche Ergebnisse für Fließzeiten liefern, die Versuche sind aber mit einem hohen Aufwand verbunden.

Daher wird als Ersatz für die Ermittlung eine 50-Tage-Zone eine pragmatische Herangehensweise vorgeschlagen. Lt. DVGW-Arbeitsblatt 101 **[U19]** sollte bei Kluftgrundwasserleitern die Ausdehnung zur Wassergewinnungsanlage im Grundwasserzustrom mindestens 300 m betragen, wobei u. a. Trockentäler, zur Fassung hin abfallende Hänge etc. mit zu berücksichtigen sind.

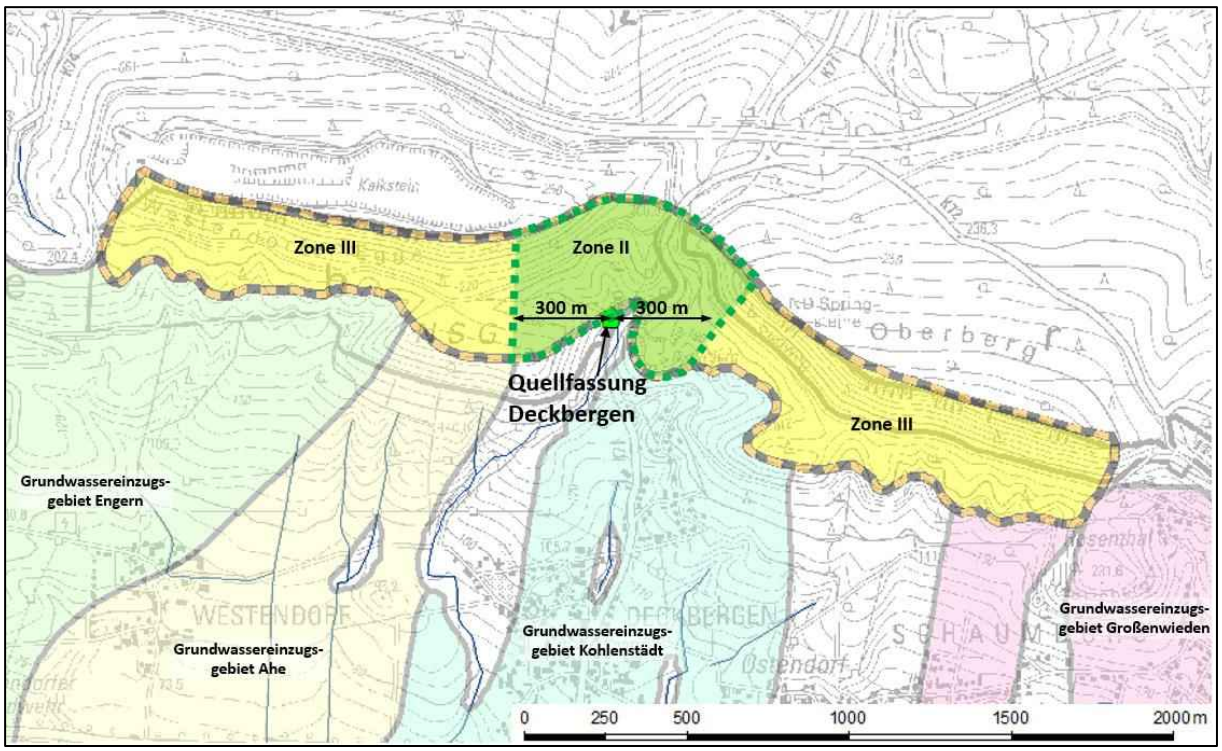



**Abbildung 48 Vorschlag für die Abgrenzung der Zone II im Einzugsgebiet Quelle Deckbergen**

Die in der Abbildung 48 dargestellte Gebietsabgrenzung hält nach Osten und nach Westen die 300-m-Abstandsvorgabe ein, umfasst den Einschnitt des Deckbergener Quertales und reicht nach Norden bis in den Kammbereich (GW-Scheide). Nach Süden bildet die Einzugsgebietsgrenze, die identisch mit dem Ausstrich der Grenze Cornbrash/Württembergica-Schichten ist, den Rand der vorgeschlagenen Schutzzone II.

# 7 Gefährdungsbeurteilung

## 7.1 Einfluss von Weserwasser-Infiltrat auf die Förderwasserqualität der Fassung Ahe

Die Fördermenge der Wassergewinnung Ahe wird durch die Infiltration von leicht versalztem Weserwasser begrenzt. Der im Zeitraum von 2013 - 2016 durchgeführte Pumpversuch hat gezeigt, dass bei Erhöhung der Fördermenge auf 1,2 Mio. m³/a die Chloridkonzentrationen von ursprünglich 25 - 50 mg/l bis auf rund 106 mg/l ansteigen (s. Abbildung 50) **[U16]**.

Ursache hierfür ist ein Verschwenken des Einzugsgebiets in Folge der höheren Entnahmemengen in Richtung Weser, wobei, zumindest zeitweise die Weser infiltriert und dadurch Grund- und Weserwasser mit einer erhöhten Chloridkonzentration[14] zu den Brunnen strömt. Die Differenzen der Werte zwischen den beiden Brunnen hängen mit der unterschiedlichen Fahrweise (variierende Anteile der Entnahmemengen) und den unterschiedlichen Einzugsgebieten der Einzelbrunnen zusammen. Eine tiefergehende Betrachtung der Veränderungen des Einzugsgebiets der Fassung Ahe unter verschiedenen Fördersituationen ist dem Hydrogeologischen Gutachten zum Wasserrechtsantrag zu entnehmen **[U6].**

Auf Grundlage der Erkenntnisse des Pumpversuches erfolgte eine umfangreiche Untersuchung der möglichen Infiltrationsmenge von Weserwasser in den Grundwasserleiter bei variierenden Entnahmemengen zwischen 0,6 Mio. m³/a und 1,0 Mio. m³/a unter Einsatz des numerischen Grundwassermodells **[U20]**. Diese Analyse ergab, dass eine Entnahme von 0,8 Mio. m³/a aus der Fassung Ahe einerseits den Anforderungen des Wasserbedarfs und andererseits dem Schutz des Grundwassers (Verminderung von Weserwasserinfiltrat) hinreichend gerecht wird.

Im Folgenden wird die Gefährdung der Förderwasserqualität der Fassung Ahe durch den Einfluss von Weserwasser-Infiltrat bewertet. In Abbildung 49 zeigen die modellberechneten Grundwasserströmungslinien den mittleren Grundwasserzustrom zu den Brunnen A1 und A2 bzw. deren Einzugsgebiet für den Zeitraum 2016 – 2018. Nach der in Kapitel 3.11.1 vorgestellten Fördersituation der Fassung Ahe entsprechen die Fördermengen der Jahre 2016 bis 2018 mit 800.674 m³, 768.827 m³/a bzw. 778.770 m³/a nahezu dem seit Juni 2017 bewilligten Wasserrecht in Höhe von 0,8 Mio. m³/a.

Zunächst zeigt sich der deutlich unterschiedliche Grundwasserzustrom zu den Brunnen. Während unter dieser Förderkonstellation dem Brunnen A1 das Grundwasser fast ausschließlich aus Nordost zuströmt, bezieht der Brunnen A2 sein Förderwasser nur zum Teil aus Nordosten. Ein nicht unerheblicher Teil strömt dem Brunnen radial verteilt zu, nicht zuletzt aus dem Ufer-Nahbereich der Weser. Allerdings reichen die Strömungslinien nicht unmittelbar bis an die

[14] Die Weser weist seit Ende der 90er-Jahre, abgesehen von einigen „Ausreißern“ relativ konstante Chloridwerte in einer Spannbreite von 200 – 600 mg/l auf.

Weser. Sie erreichen aber einen „Saum“ mit erhöhten Chloridkonzentrationen (in der Abbildung 49 schematisch als graue Fläche dargestellt), der durch zeitweise Hochwasserstände der Weser verursacht wird.

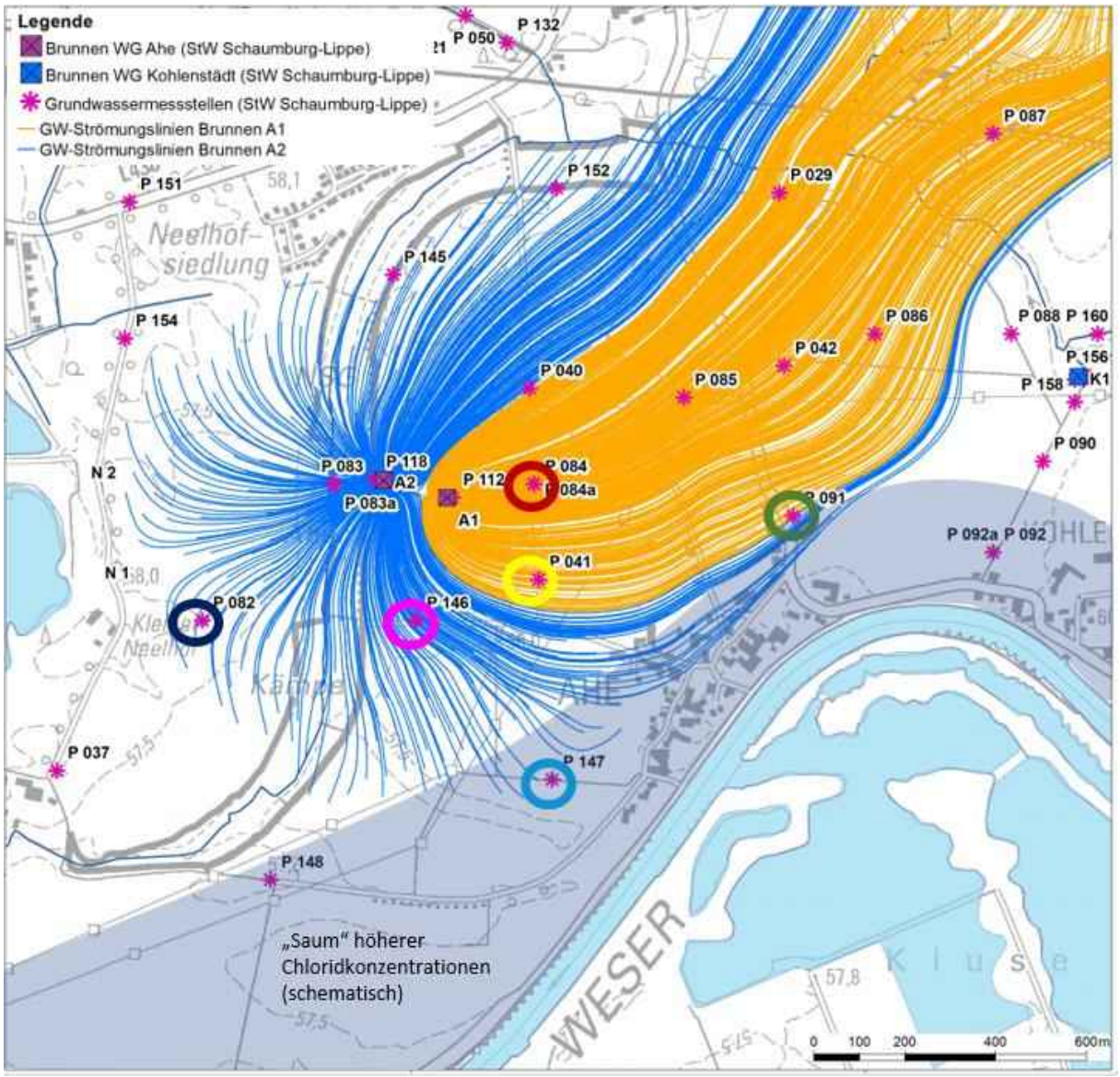



**Abbildung 49: Grundwasserzustrom zur Fassung Ahe, Mittelwerte Zeitraum 2016 - 2018**

Durch die unterschiedlichen Einzugsgebiete sind in den beiden Brunnen prinzipiell unterschiedliche Chloridkonzentrationen und -entwicklungen zu erwarten, mit tendenziell höheren Chloridwerten im Brunnen A2 bei einer Fördermengenverteilung wie im Zeitraum 2016 – 2018. Durch Veränderungen der Gesamtentnahmen und/oder durch Veränderungen der Fördermengenanteile der Brunnen kann dieses System aber „gestört“ werden, Nimmt z. B. der Fördermengenanteil aus Brunnen A1 zu, wird sich sein Einzugsgebiet in Richtung Weser ausdehnen und dadurch auch seine Chloridkonzentration zunehmen. Ein weiterer „Störfaktor“ sind länger anhaltende Hochwassersituationen der Weser. Entsprechend ist die Entwicklung der in Abbildung 50 dargestellten Chloridkonzentrationen zu interpretieren.

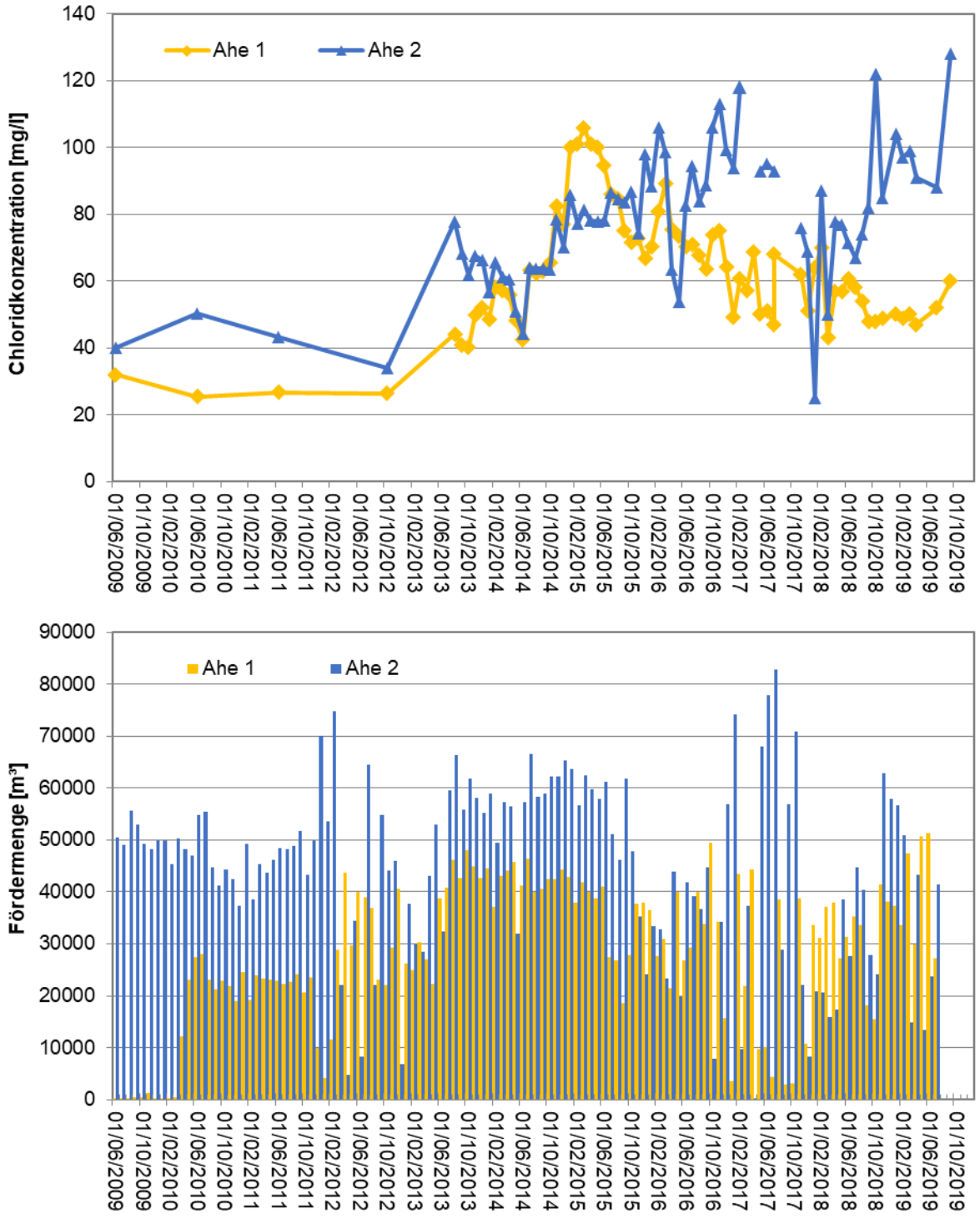



**Abbildung 50: Entwicklung der Chloridkonzentrationen der Förderbrunnen der WG Ahe und Gegenüberstellung der monatlichen Fördermenge der beiden Förderbrunnen**

Am Brunnen Ahe 1 sind seit März 2015 tendenziell sinkende Chloridkonzentrationen sowie eine geringere monatliche Fördermenge, welche ebenfalls in Abbildung 50 dargestellt ist, zu verzeichnen. Die hohen Chloridkonzentrationen zu Zeiten des Pumpversuches mit maximal 106 mg/l im März 2015 wurden seither nicht mehr festgestellt. Auch die Fördermengen liegen mit Ausnahme kurzzeitiger Anstiege auf einem niedrigeren Niveau. Im Jahr 2016 schwankten

die Chloridkonzentrationen zwischen 64 mg/l und 89 mg/l. Im Zeitraum von 2017 bis September 2019 ist mit Chloridkonzentrationen von 43 - 70 mg/l ein niedrigeres Niveau zu verzeichnen.

Die Entwicklung der Chloridkonzentrationen am Brunnen Ahe 2 weicht stark von der Entwicklung am Brunnen Ahe 1 ab. Generell treten am Brunnen Ahe 2 stärkere Schwankungen der Chloridkonzentration auf. Diese stärkeren Schwankungen beim Brunnen Ahe 2 resultieren aus den stärkeren Schwankungen der Fördermenge. Auffällig ist, dass nach Abschluss des Pumpversuches weiterhin hohe Chloridkonzentrationen ermittelt wurden. Im Februar 2017 wurde mit 118 mg/l eine relativ hohe Chloridkonzentration im Hinblick auf die vorherige Entwicklung der Chloridkonzentrationen festgestellt. Diese hohe Konzentration ist zurückzuführen auf die hohe Fördermenge des Brunnens zu dieser Zeit. Infolge einer geringen Entnahmemenge wurde analog dazu im Januar 2018 eine geringe Chloridkonzentration von 25 mg/l ermittelt. Mit dem Anstieg der Entnahmemenge im Jahresverlauf 2018 steigt auch die Chloridkonzentration bis auf 122 mg/l im November 2018 an. In 2019 verbleibt die Chloridkonzentration auf einem Niveau > 80 mg/l. Im September 2019 wurde mit 128 mg/l sogar die höchste Chloridkonzentration des Betrachtungszeitraumes (2009 - 2019) festgestellt.

Die Entwicklung der Chloridkonzentrationen der im Einzugsgebiet der Brunnen gelegenen Messstellen zeigt die Abbildung 51. Außerdem ist in die Darstellung der Verlauf der Weser-Wasserstände mit eingetragen. Die Lage der Messstellen ist in Abbildung 49 mit gleicher Farbgebung wie die Ganglinien der Chloridkonzentrationen gekennzeichnet.

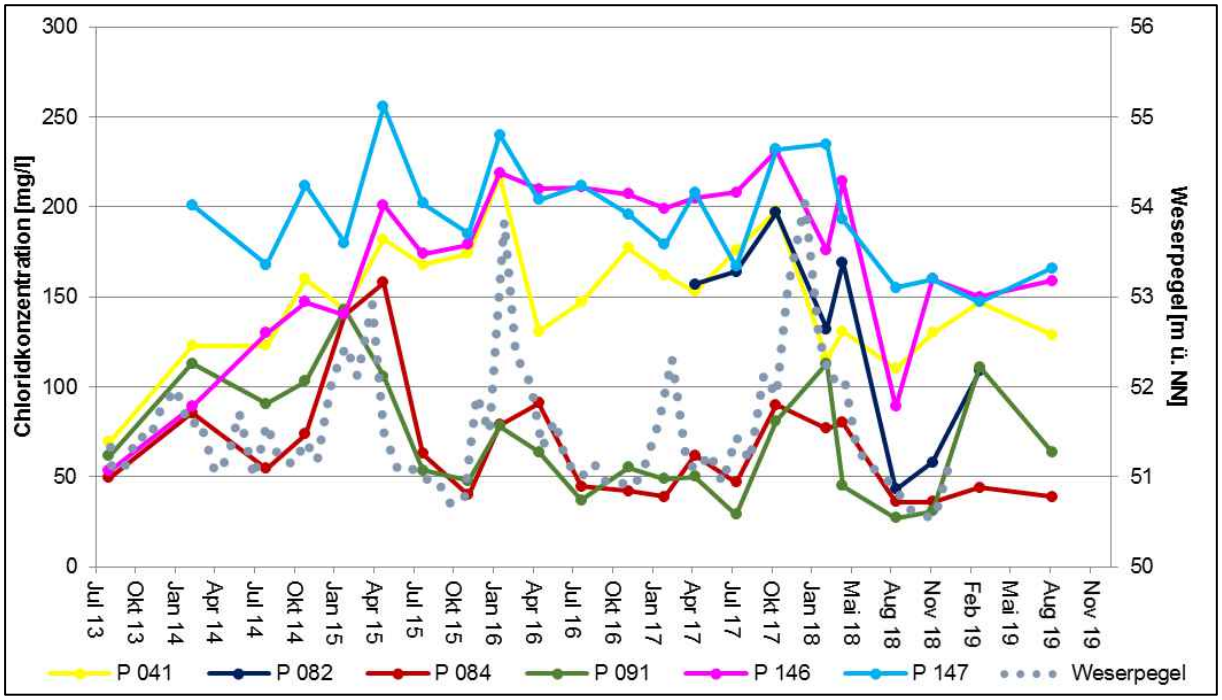



**Abbildung 51: Vergleich der Entwicklung der Chloridkonzentrationen ausgewählter wesernaher Messstellen mit der Entwicklung des Weserpegels**

Die Ganglinien der Chloridkonzentrationen lassen sich folgendermaßen interpretieren:

- Messstelle P 147: Diese Messstelle liegt in einem „Saumbereich“ mit erhöhten Chloridkonzentrationen entlang der Weser (schematisch graublau dargestellt), der durch

infiltrierendes Weserwasser zur Hochwasserzeiten entsteht und somit zeitlich veränderlich ist.

Die Chloridkonzentrationen liegen zwischen ca. 150 mg/l und 260 mg/l. Zur Zeit des Pumpversuches war eine leicht ansteigende Tendenz festzustellen, die sich als Reaktion einer Mobilisierung von Wasser aus dem Uferbereich der Weser (höhere Chloridkonzentration) in Richtung der Brunnen interpretieren lässt. Von Februar 2016 bis August 2017 sinkt die Chloridkonzentration von ursprünglich 240 mg/l auf rd. 170 mg/l. Nach einem zwischenzeitigen Anstieg der Chloridkonzentrationen im November 2017 und März 2018 auf rd. 230 mg/l ist bis Februar 2019 erneut ein Sinken der Chloridkonzentrationen auf rd. 150 mg/l zu verzeichnen. Die „Peaks“ im Mai 2015, Februar 2016 und November 2017 bzw. März 2018 stehen sicherlich in Zusammenhang mit den einhergehenden Weserhochwässern. Folglich besteht eine gute Korrelation zwischen der Entwicklung der Chloridkonzentrationen und der Entwicklung des Weser-Wasserstandes. Zu Zeiten der höchsten Weser-Wasserstände wurden auch die höchsten Chloridkonzentrationen ermittelt.

- Messstellen P 041 und P 146: Die Chloridkonzentrationen beider Messstellen steigen während des Pumpversuches von ca. 50 - 70 mg/l auf über 200 mg/l an. Nach Abschluss des Pumpversuches verbleiben die Chloridkonzentrationen der Messstelle P 146 mit > 200 mg/l zunächst auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Seit August 2018 werden niedrigere Konzentrationen von rd. 90 - 160 mg/l erfasst. Bei der Messstelle P 041 sinken die Chloridkonzentrationen im Mai 2016 vergleichsweise stark bis auf 131 mg/l ab. Anschließend ist erneut ein Anstieg der Konzentrationen bis auf rd. 200 mg/l im November 2017 zu verzeichnen. Seither bewegen sich die Chloridkonzentrationen dieser Messstelle zwischen rd. 120 mg/l und 150 mg/l.

  Der deutliche Anstieg der Chloridkonzentrationen beider Messstellen während des Pumpversuches ist auf den verstärkten Zustrom aus dem Uferbereich der Weser zurückzuführen. Durch das Weserhochwasser im Mai 2015 wird dieser Effekt noch verstärkt. Nach Abschluss des Pumpversuches ist bei der Messstelle P 041 ein leichtes Absinken der Chloridkonzentrationen zu verzeichnen. Zu dieser Messstelle strömt bei verringerter Entnahmemenge Grundwasser aus östlicher bzw. nordöstlicher Richtung zu, welches nicht aus dem Uferbereich der Weser stammt. Im Gegensatz dazu verbleibt die Chloridkonzentration der Messstelle P 146 bis August 2018 auf dem Niveau des Pumpversuches, da diese Messstelle anteilig stärker durch das infiltrierende Weserwasser beeinflusst wird.

- Messstelle P 091: Diese Messstelle wird aus östlicher bzw. nordöstlicher Richtung durch relativ chloridarmes Wasser angeströmt. Diese Messstelle liegt jedoch am Rand des uferbegleitenden „Saums“ höherer Chloridkonzentrationen. Während des Pumpversuches steigen die Chloridkonzentrationen dieser Messstelle von ursprünglich rd. 60 mg/l zunächst bis auf rd. 140 mg/l im Februar 2015 an und sinken anschließend bis auf rd. 50 mg/l im November 2015 ab. Nach dem Pumpversuch sinken die Chloridkonzentrationen bis auf 29 mg/l im August 2017 tendenziell weiter ab. Im März 2018 ist dann erneut ein starker Anstieg bis auf 113 mg/l zu verzeichnen.

Die Lage bzw. die nördliche Grenze des „Saums“ wird stark durch den Weserwasserstand beeinflusst. Bei Mittelwasser könnte sie ungefähr so liegen, wie in Abbildung 49 dargestellt. Bei Hochwasser verschiebt sich die Grenze des „Saums“ wegen des infiltrierenden Weserwassers weiter nach Norden, wodurch die Chloridkonzentration ansteigt (Februar 2015: 150 mg/l, März 2018: 113 mg/l). Bei Niedrigwasser (Sommer / Herbst 2015: 50 mg/l, August 2018: 27 mg/l) zieht sich die Grenze weiter nach Süden zurück, wodurch kein Grundwasser, das zuvor den Saumbereich durchflossen hat, die Messstelle erreicht. Die Werte fallen daher auf < 50 mg/l ab.

- Messstelle P 084: Die Chloridkonzentrationen betragen zu Zeiten niedriger Weserwasserstände < 50 mg/l. Bei Weserhochwasser steigen die Chloridkonzentrationen allerdings bis auf 90 - 150 mg/l an. Im Hochwasserfall der Weser verschiebt offensichtlich von der Weser infiltrierendes Wasser den uferbegleitenden „Saum“ höherer Chloridkonzentrationen soweit nach Norden, so dass auch dieser Messstelle Wasser aus dem Saumbereich zuströmt.
- Messstelle P 082: Bei der seit Mai 2017 hinsichtlich Chlorid untersuchten Messstelle P 082 schwanken die Chloridkonzentrationen zwischen rd. 40 mg/l und 200 mg/l. Auch bei dieser südwestlich der Brunnen gelegenen Messstelle machen sich damit die Auswirkungen der Hochwässer der Weser bemerkbar. Offensichtlich verschiebt sich damit der „Saum“ erhöhter Chloridkonzentrationen bei Hochwasser bis zu dieser Messstelle.

**Zusammenfassende Einschätzung der zukünftigen Entwicklung**

Durch die starken Schwankungen der Chloridkonzentrationen im Zeitraum von Juli 2013 bis September 2019 wird deutlich, dass diese in der Fassung Ahe sowohl von der fördermengenabhängigen Ausdehnung des Einzugsgebiets Richtung Süden als auch vom Wasserstand der Weser abhängig ist.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Förderwasserqualität ist eine möglichst konstante Fahrweise des Brunnens Ahe 2 anzustreben, um die kurzzeitigen „Peaks“ der Chloridkonzentration (bis zu 128 mg/l im September 2019) zu vermeiden.

Derzeit erfüllen die erfassten Chloridkonzentrationen im Rohwasser der beiden Brunnen die Anforderungen des zu Vergleichszwecken herangezogenen Grenzwertes der TrinkwV (250 mg/l). Im Zeitraum von 2016 bis 2018 schwankt die Chloridkonzentration des Brunnen Ahe 1 um rd. 60 mg/l und die Chloridkonzentration des Brunnen Ahe 2 um rd. 90 mg/l. Da die Fördermengen des Zeitraums 2016 – 2018 nahezu identisch mit den seit 2017 bewilligten Mengen sind, kann davon ausgegangen werden, dass sich auch in Zukunft die Chloridentwicklung in diesem in diesem Rahmen bewegen wird, sofern die generelle Grundwasserströmungssituation nicht verändert wird.

Allerdings wird sich die Grundwasserströmungssituation im Süden der Fassung Ahe durch die Ausweitung des Kiesabbaus durch die Fa. AHE Schaumburger Weserkies GmbH (siehe Kap. 6.1.2) verändern. Diese Erweiterung ist, neben einer geringfügigen Anpassung der Entnahmemengen der Fassung Ahe gem. Bewilligung im Rahmen der „Prognose-Variante“ berücksichtigt worden.

Die folgende Abbildung 52 zeigt im Vergleich zur Abbildung 49 die Veränderung der Zustromgebiete (Einzugsgebiete) der Fassung Ahe. Insbesondere der Zustrom zum Brunnen A2 hat sich verändert. Die Grundwasserströmungslinien reichen jetzt bis an die Weser, ohne das direkt aus der Weser Wasser infiltriert (siehe Kap. 6.3.4).

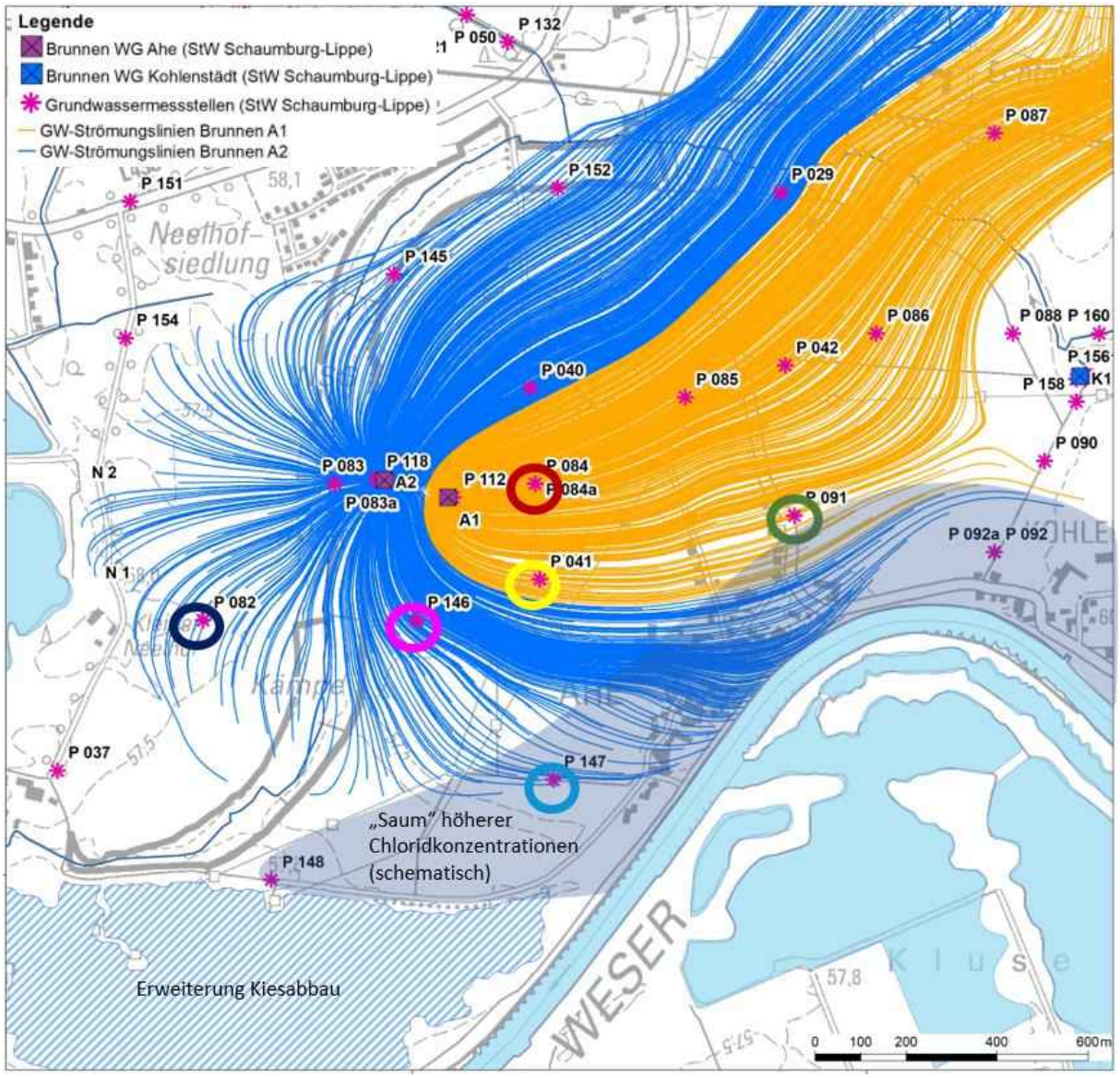



**Abbildung 52: Grundwasserzustrom zur Fassung Ahe, „Prognose-Variante"**

Da vermehrt Wasser aus dem „Saumbereich" der Fassung, insbesondere dem Brunnen A2 zuströmt, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Chloridkonzentrationen durch die Umsetzung der Erweiterung erhöhen werden. Die Größenordnung wird im langfristigen Mittel auf 10 bis 20 mg/l abgeschätzt. Damit wird das geförderte Rohwasser immer noch dem zu Vergleichszwecken herangezogenen Grenzwert der TrinkwV (250 mg/l) entsprechen.

## 7.2 Einfluss von Altlasten auf die Förderwasserqualität

Innerhalb der Einzugsgebiete der Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden befinden sich nach Angaben des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) **[U5]** insgesamt zehn Altlastverdachtsflächen, deren Standorte in Abbildung 53 eingetragen sind.

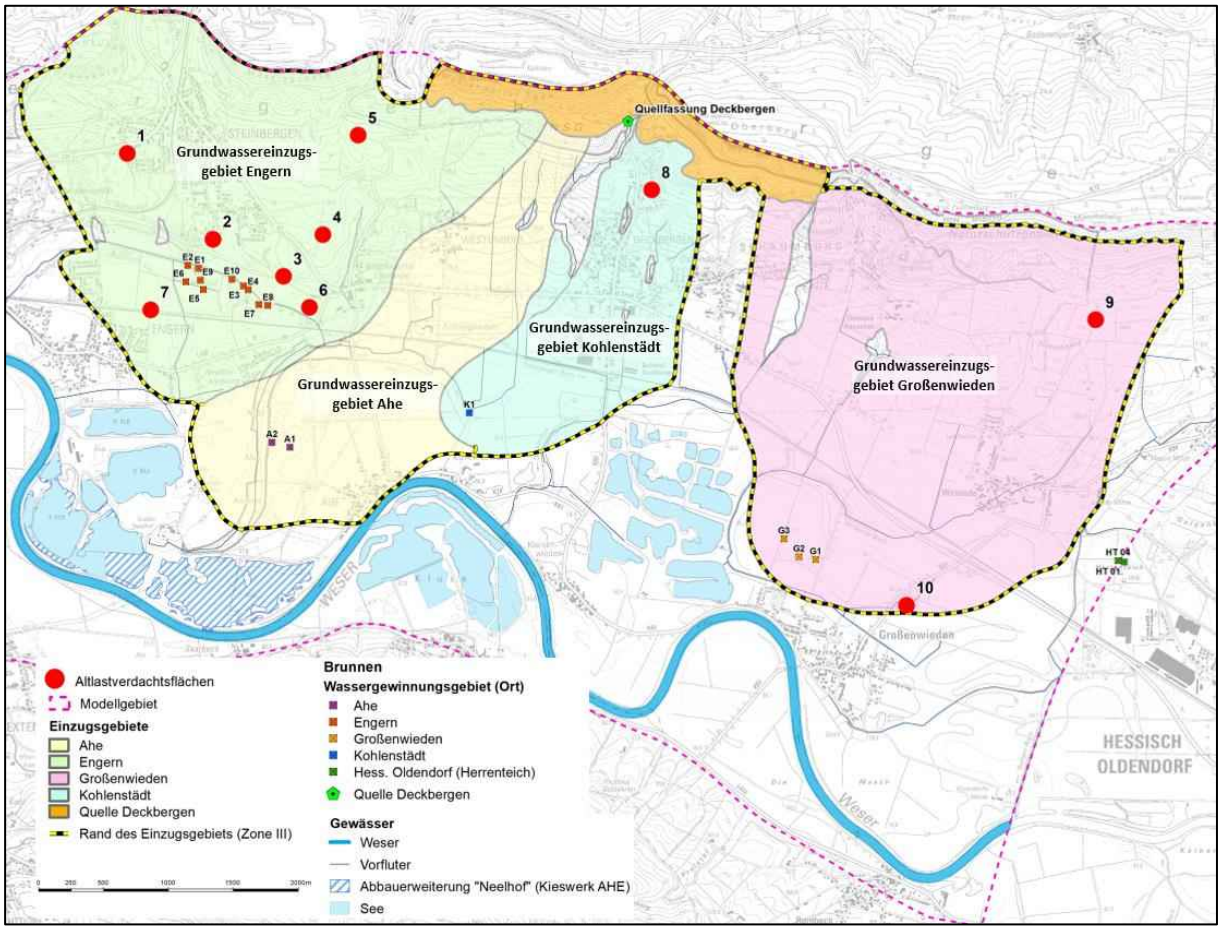



**Abbildung 53: Altlastverdachtsflächen innerhalb der Einzugsgebiete der Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden**

Folgende Informationen zu den einzelnen Altlastverdachtsflächen werden über den Kartenserver des LBEG **[U5]** zur Verfügung gestellt:

| Lfd. Nr. | Standort-nummer | Name | Erstbewertung | Zuständige Boden-schutzbehörde |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2570314034 | W DER STR. "AM FUCHSORT" | 78 | Landkreis Schaumburg |
| 2 | 2570314003 | WEG-AUFFUELLUNG, W ORTSRAND, E KLAERANL. | Erkundung ist erfolgt | |
| 3 | 2570314031 | ZWISCHEN WEIZENBRINK U. L 438 | Erkundung ist erfolgt | |
| 4 | 2570314035 | E Hamelner Str. | keine Bewertung erfolgt | |
| 5 | 2570314004 | MESSINGEGGE | Erkundung ist erfolgt | |

| Lfd. Nr. | Standort-nummer | Name | Erstbewertung | Zuständige Boden-schutzbehörde |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 2570314029 | EHEM.TONGRUBE, E DOEKEREI, N DB-STRECKE | Erkundung ist erfolgt | |
| 7 | 2570314007 | AN DER BAHN | Erkundung ist erfolgt | |
| 8 | 2570314032 | N/E-ECKGRUNDSTUECK, AUF DER BULTE | 50 | |
| 9 | 2520074002 | ROHDEN,1.5 KM W`ORTSL.,NE`AM TREISCHBERG | Erkundung ist erfolgt; OU konnte den Verdacht einer Altlast ausräumen, keine weiteren Handlungsschritte erforderlich | Landkreis Hameln-Pyrmont |
| 10 | 2520074013 | GROSSENWIEDEN,400M NW` ORTSL., A.D.K 81 | Erkundung ist erfolgt; keine Nutzungseinschränkungen auf der Fläche notwendig; GW-Monitoring | |

**Tabelle 15: Auflistung der Altlastverdachtsflächen innerhalb der Einzugsgebiete der Fassungen Engern, Ahe, Kohlenstädt und Großenwieden**

Die Altlastverdachtsflächen 1 - 7 liegen innerhalb des Einzugsgebietes der WG Engern, die Fläche 8 innerhalb des Einzugsgebietes der WG Kohlenstädt und die beiden Flächen 9 und 10 innerhalb des Einzugsgebietes der WG Großenwieden. Keine Altlastverdachtsflächen sind innerhalb des Einzugsgebietes der WG Ahe vorhanden.

Bei der Fläche 1 ist aufgrund der Erstbewertung (> 60 Punkte) die Erkundung als vorrangig einzustufen. Anhand der bisher vorhandenen Unterlagen ist bei den Altlastverdachtsflächen von keinem relevanten Gefährdungspotential auszugehen.

Hildesheim, den 31.07.2020

i. V. Dipl.-Geol. Michael Bruns

*Von der IHK Hannover öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für das Sachgebiet „Hydrogeologie“*

i. A. M. Sc. Geow. Bettina Meyer