

Emsland Frischgeflügel GmbH

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells im Rahmen der Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für die Wasserfassung Emmeln (Landkreis Emsland)

Modellbericht

September 2023

Impressum

Auftraggeber	Emsland Frischgeflügel GmbH	Im Industriepark 1 49733 Haren (Ems)
Auftragnehmer	GeoFIRM Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	Parkstraße 5 31542 Bad Nenndorf
Projektnummer	107191	
Datei	B107191.docx	
Seiten	38	
Abbildungen	18	
Tabellen	3	
Anhang	-	
Anlagen	7 (18 Blatt)	
CD / DVD	-	
Ausfertigung	PDF	

Datum 29.09.2023

Unterschriften



Ralf Ronschke, Dipl.-Geol.



Axel Voss, Dipl.-Ing.

Inhalt

Impressum	2
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Anlagenverzeichnis	5
1 EINLEITUNG	6
1.1 Veranlassung	6
1.2 Vorgehensweise und Ziele	6
2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	7
2.1 Räumliche Ausdehnung	7
2.2 Landschaftliche Gliederung, Morphologie	7
2.3 Hydrographie	8
2.4 Klimatische Verhältnisse, Grundwasserneubildung	9
2.5 Geologisch/hydrogeologischer Aufbau	10
2.6 Grundwasserdynamik und Grundwasserbewegung	12
2.7 Grundwasserentnahmen	13
3 AUFBAU DES GRUNDWASSERMODELLS	15
3.1 Verwendete Software	15
3.2 Lage und Diskretisierung des Modellgebietes	16
3.3 Randbedingungen	17
3.4 Geohydraulische Eingangsparameter	19
3.4.1 Beschaffenheit von Aquifer und Trennschicht	19
3.4.2 Durchflusswirksame Porosität	19
3.4.3 Grundwasserneubildung	20
3.4.4 Grundwasserentnahmen	20
4 MODELLEICHUNG	21
4.1 Modellkalibration	21
4.2 Bilanzierung des Grundwasserhaushaltes	26
4.3 Modelltest	28
4.3.1 Stichtagsmessung Mai 2006	28
4.3.2 Sensitivitätsanalyse	29
5 MODELLANWENDUNGEN - PROGNOSEBERECHNUNGEN	30
5.1 Entnahmebedingte Grundwasserabsenkung	30
5.2 Grundwasserflurabstand	32
5.3 Auswirkungen auf oberirdische Fließgewässer	33
5.4 Grundwassereinzugsgebiet	35
6 ZUSAMMENFASSUNG	36
7 LITERATUR/VERWENDETE UNTERLAGEN	37

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wasserstand (oben) und Abfluss (unten) am Ems Pegel Versen (Daten: WSA Meppen 2019/2023)	8
Abb. 2: Geologisches „Standardprofil“ für den Bereich der Förderbrunnen	11
Abb. 3: Lage der Grundwasseroberfläche nach HK50 (NIBIS Kartenserver)	12
Abb. 4: Entwicklung der Grundwasserentnahme der Emsland Frischgeflügel GmbH	14
Abb. 5: Diskretisierung eines Aquifers in drei räumliche Dimensionen.....	15
Abb. 6: Modellaufbau und Randbedingungen	18
Abb. 7: Durchlässigkeitsverteilung Layer 1 (Oberer Grundwasserleiter).....	22
Abb. 8: Durchlässigkeitsverteilung Layer 2 (Zwischenschicht).....	22
Abb. 9: Durchlässigkeitsverteilung Layer 3 (Unterer Hauptgrundwasserleiter)	23
Abb. 10: Gegenüberstellung berechneter und gemessener Standrohrspiegelhöhen (rote Symbole = Messstellen oberer Grundwasserleiter, blaue Symbole = Messstellen unterer Hauptgrundwasserleiter).....	24
Abb. 11: Räumliche Darstellung der Potenzialdifferenzen Layer 1 (Oberer Grundwasserleiter)	25
Abb. 12: Räumliche Darstellung der Potenzialdifferenzen Layer 3 (Unterer Hauptgrundwasserleiter)	26
Abb. 13: Grundwasserbilanz für den Kalibrationszustand	26
Abb. 14: Streudiagramm für die Validierung.....	28
Abb. 15: Grundwasserbilanz für das Szenarium 4.....	33
Abb. 16: Grundwasserbürtiger Abfluss der Gräfte.....	34
Abb. 17: Grundwasserbürtiger Abfluss des Emmelner Bachs	34
Abb. 18: Potenzielle Einzugsgebiete der Förderbrunnen Emsland Frischgeflügel GmbH und WTD 91 bei Ausschöpfung maximal beantragter bzw. genehmigter Grundwasserentnahmen.....	35

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Stammdaten der Förderbrunnen	14
Tab. 2: Relevante Förderraten für die Modellanwendungen	20
Tab. 3: Lithologie ausgewählter Bohrungen und k_f -Wert im Modell	23

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtskarte
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 1.2 Lageplan
(Maßstab 1:10 000, DIN A3 quer)
- 2 Grundwasserneubildung nach mGROWA
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 3.1 Geologische Karte (Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
Legende zur Geologischen Karte (DIN A4)
- 3.2 Hydrostratigrafischer Schnitt „Mittlere Ems Lockergestein rechts 2“ (LBEG)
(Maßstab 1:50 000/1:1 000, DIN A3 quer)
- 3.3 Geologischer Schnitt West – Ost (halbschematisch)
(Maßstab 1:35 000/1:700, DIN A3 quer)
- 4.1 Grundwasserganglinien und Grundwasserentnahme (Oberer Grundwasserleiter)
(DIN A3 quer)
- 4.2 Grundwasserganglinien und Grundwasserentnahme (Unterer Hauptgrundwasserleiter)
(DIN A3 quer)
- 5.1 Grundwassergleichenplan (GWL 1) Stichtagsmessung Mai 2014
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 5.2 Grundwassergleichenplan (GWL 2) Stichtagsmessung Mai 2014
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 6.1 Grundwasserdifferenzenplan Prognose 1 ($Q_{\max} = 1,5 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 6.2 Grundwasserdifferenzenplan Prognose 2 ($Q_{\max} = 1,4 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 6.3 Grundwasserdifferenzenplan Prognose 3 ($Q_{\max} = 1,3 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 6.4 Grundwasserdifferenzenplan Prognose 4 ($Q_{\max} = 1,23 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 6.5 Grundwasserdifferenzenplan (GWL 2) Prognose 4 ($Q_{\max} = 1,23 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 7.1 Grundwasserflurabstand Ist-Zustand ($Q = 1,1 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 7.2 Flurabstand Prognose 4 ($Q_{\max} = 1,23 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$)
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)
- 7.3 Flurabstand Null-Zustand
(Maßstab 1:70 000, DIN A3 quer)

1 EINLEITUNG

1.1 Veranlassung

Die Emsland Frischgeflügel GmbH betreibt in 49733 Haren (Ems), Im Industriepark 1 einen Geflügel-schlachthof. Der seit 2003 ansässige Betrieb als Unternehmen im Bereich der Lebensmittelproduk-tion benötigt für die Sicherstellung ihrer betrieblichen Abläufe aus dem Untergrund entnommenes Grundwasser zur Verwendung in der Produktion. Die aktuelle wasserrechtliche Genehmigung erlaubt eine jährliche Grundwasserentnahme in Höhe von 1,1 Mio. m³ aus insgesamt 3 Vertikalfilterbrunnen.

Mit Blick auf die Bewirtschaftung der Grundwasserressource betreibt die Emsland Frischgeflügel GmbH seit 2007 ein numerisches dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell. Mithilfe des Grundwassermodells konnten die lokalen Kenntnisse über das Grundwasserfließregime erweitert werden. Dabei wurden auch Auswirkungen eines geänderten Förderregimes auf die Grundwas-serströmung untersucht. Für eine anvisierte Erweiterung der wasserrechtlichen Erlaubnis wurde das Grundwassermodell zuletzt 2016 aktualisiert und dem Landkreis Emsland mit der Bitte um Stellung-nahme vorgelegt.

Die Hinweise und Anmerkungen des Gewässerkundlichen Landesdienstes (GLD) liegen mit Schreiben des Landkreises Emsland vom 28.06.2016 (AZ 672-815-130/23) vor. Im Rahmen der nunmehr geplan-ten Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis soll das Modell zur Prognose der entnahmebe-dingten Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den Wasserhaushalt eingesetzt werden. Dazu wurden die Hinweise des GLD aufgenommen und das Modell einer diesbezüglich weiteren Aktualisie-rung 2019 unterzogen.

Die koordinierende Verfahrensbegleitung liegt bei der Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH Ems-land. Mit der Aktualisierung des Modells und Durchführung der erforderlichen Modellberechnungen im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens hat das Büro Lindschulte im Namen der Ems-land Frischgeflügel GmbH die GeoFIRM Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR mit Datum vom 29.03.2019 beauftragt.

Nach Einreichung des wasserrechtlichen Erlaubnis-antrages vom 30.01.2023 liegt mit Schreiben vom 22.05.2023 eine abschließende Stellungnahme des LBEG zum Modellbericht vom Oktober 2019 vor. In dem hiermit vorgelegten Modellbericht wurden die in der Stellungnahme formulierten Empfehlun-gen und Hinweise zum Thema Grundwasser berücksichtigt und umgesetzt. Insofern liegt nunmehr eine aktualisierte Version des Modellberichts vom Oktober 2019 vor.

1.2 Vorgehensweise und Ziele

Der Aufbau des bestehenden Grundwasserströmungsmodells wurde zunächst einer Plausibilitätskon-trolle unterzogen. Dazu wurden im Untersuchungsgebiet neue Bohrungen über den NIBIS-Kartenser-ver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) recherchiert und relevante Bohrun-gen in das Modell übernommen. Die im Rahmen der Beweissicherung erhobenen Grundwasser-standsdaten wurden für eine aktuelle Kalibration herangezogen. Insbesondere konnten die im obe-ren Grundwasserleiter verfilterten Grundwassermessstellen (GWM) herangezogen werden, um die

oberflächennahen hydraulischen Durchlässigkeiten näher bestimmen zu können.

Die Steigerung der Grundwasserentnahme durch die Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH führte zu Absenkungen im Grundwasser, die im Rahmen der Beweissicherung ebenfalls dokumentiert wurden. Die Daten konnten für die Modellvalidierung herangezogen werden.

Das kalibrierte Grundwassermodell wurde schließlich für die Grundwasserfassung der Emsland Frischgeflügel GmbH als Instrument zur Bestimmung der förderungsbedingten Grundwasserabsenkungen für die geplante Erhöhung der Grundwasserentnahme herangezogen. Die Pflege und Modellaktualisierung gewährleistet bzw. verbessert somit die Qualität des Modells und sichert dessen Verwendung als Planungsinstruments.

2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

2.1 Räumliche Ausdehnung

Das in Anlage 1.1 in der Übersicht dargestellte Untersuchungsgebiet befindet sich in der norddeutschen Tiefebene innerhalb der niedersächsischen Verwaltungsgrenzen im Landkreis Emsland. Das Modellgebiet erstreckt sich auf die Gemeinden Stadt Haren (Ems), Stadt Meppen und Stavern. Die Grundwasserentnahme über die Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH erfolgt dabei in der Gemeinde Stadt Haren (Ems). Anlage 1.2 zeigt den näheren Fassungsbereich mit den Brunnen und Grundwassermessstellen der Emsland Frischgeflügel GmbH.

Das Areal hat nach der kartographischen Gliederung Niedersachsens in Messtischblätter (Maßstab 1:25 000) Anteil an den Karten Lathen (Blatt 3109), Wahn (Blatt 3110), Haren (Blatt 3209) und Klein Bersen (Blatt 3210), wobei der überwiegende Anteil innerhalb des Kartenblattes Haren liegt. Die Kartendarstellung erfolgt unter Verwendung von Rasterdaten der Digitalen Topografischen Karte im Maßstab 1:25 000 (DTK 25: 376345-5851164, 376062-5840042, 387579-5850916, 387322-5839795).

Das Modellgebiet ist im Westen begrenzt durch die Ems und reicht im Süden bis etwa zur Nordradde. Im Osten befindet sich die Ortschaft Klein Stavern. Unmittelbar nördlich liegt die Ortschaft Lathen. Die Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH befinden sich östlich der Ems etwa 1,9 km südlich von Haren bzw. der Ortschaft Emmeln. In einer südlichen Entfernung von etwa 7 km liegt der nördliche Stadtrand von Meppen.

2.2 Landschaftliche Gliederung, Morphologie

Das Modellgebiet befindet sich mit seiner Lage im nord- und mitteldeutschen Mittelpleistozän, speziell im westlichsten Bereich des hydrogeologischen Teilraums der Sögeler Geest, die hier an den Teilraum des Bourtanger Moores des norddeutschen Tieflandes angrenzt. Die Sögeler Geest wird von einer sehr einheitlich aufgebauten, flachwelligen Geestlandschaft geprägt, die von Nordost-Südwest verlaufenden Taleinschnitten durchzogen wird. Das Untersuchungsgebiet liegt dagegen in einer mor-

phologisch bis auf wenige Ausnahmen schwach gegliederten Region mit einem nur gering ausgeprägten Relief bei einem fast gleichbleibenden Höhenniveau von etwa NN +20 m. Lediglich nördlich von Tinnen und am Hahnenberg werden Höhen über NN +30 m erreicht. Im Niederungsbereich der Ems fallen die Höhen auf etwa um NN +10 m ab.

Ein bedeutendes landschaftliches Element ist das im Osten gelegene, insgesamt etwa 3.955 ha große FFH-Gebiet (Nr. 44) „Tinner Dose, Sprakeler Heide“. Das FFH-Gebiet ist deckungsgleich mit dem Naturschutzgebiet (NSG) „Tinner Dose-Sprakeler Heide“ (NSG WE 177). Zwei weitere kleine NSG, „Flütenberg“ und „Tinner Loh“, befinden sich östlich bzw. nordöstlich der Förderbrunnen. Die Emsniederung ist gekennzeichnet durch das etwa 8.217 ha große FFH-Gebiet „Ems“ (Nr. 13).

2.3 Hydrographie

Als bedeutender natürlicher Vorfluter begrenzt die Ems im Westen das Modellgebiet. Sie fließt leicht mäandrierend von Süden nach Norden. Zur Information sind in folgender Abbildung 1 die langjährigen Ganglinien der aufgezeichneten Wasserstände und der ermittelten Abflüsse vom Wasser- und Schifffahrtsamt Meppen (WSA Meppen 2019/2023) am Pegel Versen für den Zeitraum der Abflussjahre 2001 bis 2022 dargestellt.

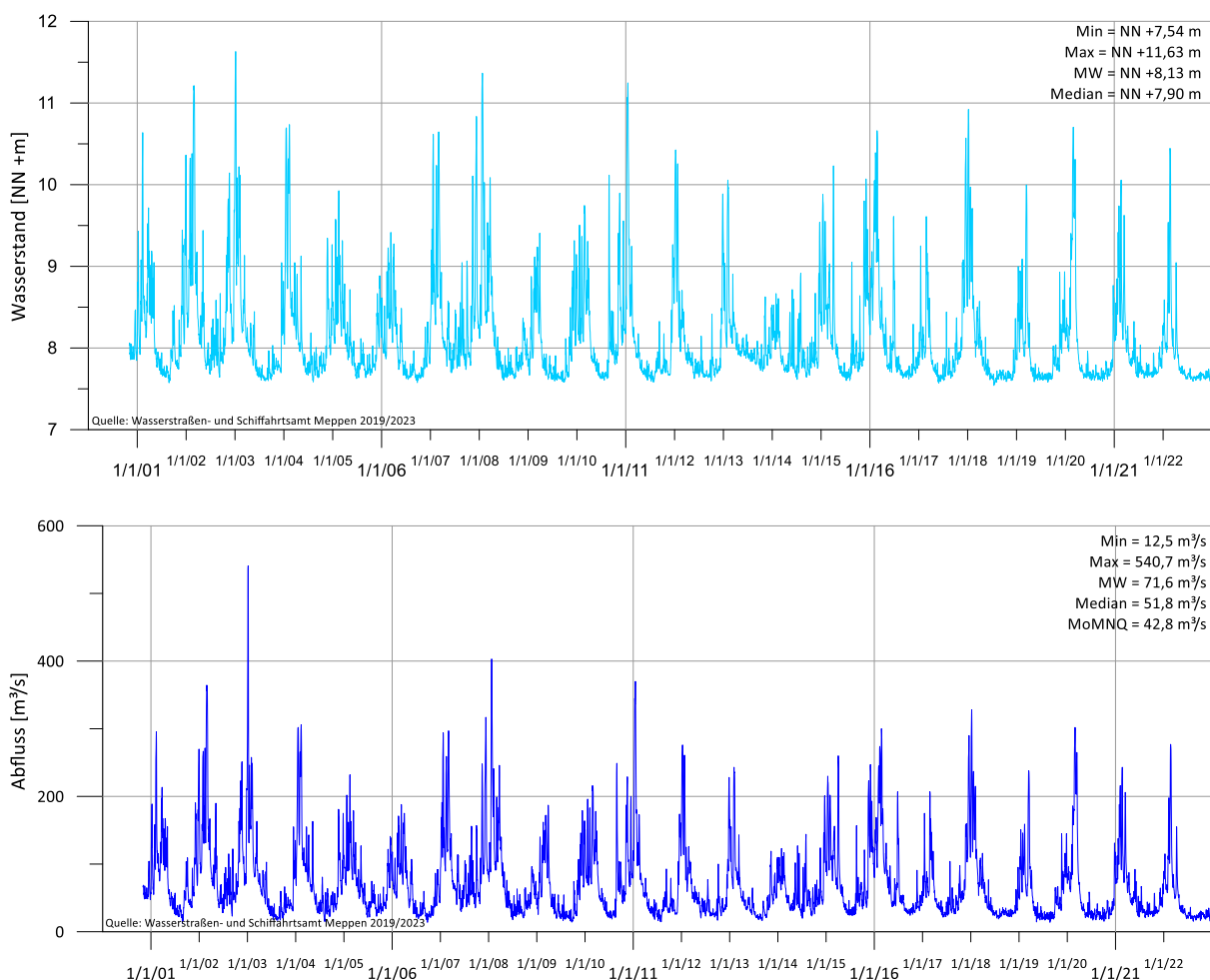


Abb. 1: Wasserstand (oben) und Abfluss (unten) am Ems Pegel Versen (Daten: WSA Meppen 2019/2023)

Es ist der relativ synchrone Verlauf anhand der Hoch- und Niedrigwasserereignisse zu erkennen. Der Wasserstand schwankt in den Abflussjahren 2001 bis 2022 zwischen etwa NN +7,5 m und +11,7 m, während sich der mittlere Wasserstand um NN +8 m bewegt. Erwartungsgemäß ist die Streuung beim Abfluss deutlich größer. Während der maximale Abfluss bei rd. 540 m³/s liegt, beträgt der Mittelwert rd. 71,6 m³/s. Der als Basisabfluss bezeichnete monatliche mittlere Niedrigwasserabfluss (MoMNQ) beträgt rd. 42,8 m³/s.

Am südöstlichen Rand des Modellgebiets verläuft die Nordradde, die in südwestlicher Richtung fließend im Norden der Stadt Meppen in die Ems mündet. Der Wasserstand am Pegel Apeldorn schwankt im Zeitraum 2001 bis 2014 zwischen etwa NN +14,3 und NN +15,3, wobei der mittlere Wasserstand um NN +14,5 m schwankt. Der Abfluss beträgt im gleichen Zeitraum zwischen rd. 0,1 m³/s und rd. 6,9 m³/s, im Mittel rd. 1,0 m³/s. Der Basisabfluss beträgt rd. 0,76 m³/s.

Etwa im zentralen Modellraum fließt von Norden nach Süden die Gräfte. Sie entspringt südlich der Ortschaft Tinnen und mündet etwa auf Höhe der Ortschaft Apeldorn in die Nordradde. Innerhalb des FFH-Gebiets dienen der Westliche und Östliche Schießplatzrandgraben der Entwässerung des FFH-Gebiets „Tinner Dose, Sprakeler Heide“. Beide Oberflächengewässer münden im Süden des FFH-Gebiets in die Gräfte. Angaben zu Wasserständen, Abflüssen oder der Gerinnegeometrie liegen nicht vor.

Im Nahbereich der Brunnen existieren kleinere Oberflächengewässer, die zur Entwässerung der Emsniederung dienen und schließlich auch in die Ems entwässern. Südlich der Brunnen sind im Wesentlichen der Kuhfehngaben, Hüntelner Bach und Wiesengraben zu nennen, während nördlich der Brunnen der Emmelner Bach, Grenzgraben Emmeln/Raken und Schöpfwerksgraben Emen-Hilter nennenswert sind. Angaben zu Wasserständen, Abflüssen oder den Gerinnegeometrien liegen für diese kleineren Gewässer ebenfalls nicht vor.

Im Jahr 2007 wurde der Eurohafen Emsland fertiggestellt. Der Binnenhafen ist mit einer Länge von etwa 1.000 m als Stichkanal zur Ems angelegt. Der mittlere Wasserstand kann mit etwa NN +7,9 m angegeben werden; die Wassertiefe beträgt etwa 2,7 m, im Hafenbecken etwa 4,2 m. Das Hafenbecken und der Abzweig von der Ems sind gespundet, während der Stichkanal mit Wasserbausteinen befestigt ist. Eine Sohlabdichtung ist nicht vorhanden. Aufgrund der Bauausführung kann im Vergleich zu natürlichen Fließgewässern von einem geringeren hydraulischen Kontakt zum Grundwasser ausgegangen werden.

2.4 Klimatische Verhältnisse, Grundwasserneubildung

Nach Auskunft des Kartenservers des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) beträgt der langjährige mittlere Niederschlag im Betrachtungsraum basierend auf der Zeitreihe von 1961 bis 1990 etwa 780 mm, wobei sich die Niederschläge differenziert nach Sommer- und Winterhalbjahr kaum unterschieden und etwa gleich hoch ausfallen. Die vom LBEG ebenfalls regionalisierten Werte für die potentielle Verdunstung nach HAUDE liegen im langjährigen Mittel bei etwa 550 mm/a, mit einer deutlich höheren Verdunstung von ca. 450 mm/a im Sommerhalbjahr. Die mittlere klimatische Bilanz liegt demnach bei +230 mm/a.

Für die DWD Klimastation Haren-Rütenbrock liegen darüber hinaus Niederschlagsdaten für den Zeitraum 2001 bis 2018 vor. Der mittlere Jahresniederschlag für diesen Zeitraum beträgt rd. 810 mm, wobei die Niederschlagshöhen zwischen rd. 650 mm und rd. 1.020 mm schwanken.

Für die Bestimmung der Grundwasserneubildung wurde das für Niedersachsen flächendeckend angewandte Berechnungsverfahren mGROWA nach Herrmann et al. (2013) herangezogen, das abhängig von standortspezifischen Parametern, neben klimatischen Kennwerten u.a. auch Bodenbeschaffenheit und Vegetationsart, einen Wert pro Rasterzelle mit 100 x 100 m Ausdehnung ausgibt. Das vom LBEG herausgegebene Ergebnis dieses Berechnungsverfahrens ist für das Untersuchungsgebiet in Anlage 2 dargestellt. Die Grundwasserneubildungsrate bewegt sich dabei weitflächig innerhalb eines Wertebereichs von 50 bis 350 mm/a, wobei die vergleichsweise hohen Werte im zentralen Modellgebiet zu finden sind. Niedrige Werte werden dagegen im Bereich der Vorfluter ausgewiesen. Im Bereich des FFH-Gebiets „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ beträgt die Grundwasserneubildungsrate zwischen 150 und 200 mm/a.

2.5 Geologisch/hydrogeologischer Aufbau

Für die Aktualisierung des geologischen Modells, das dem ursprünglichen Grundwasserströmungsmodells zugrunde liegt, wurden die neuen Bohrungen und Schichtenverzeichnisse der Emsland Frischgeflügel GmbH verwendet sowie auf die aktuelle (Juli 2019) Bohrdatenbank des LBEG (NIBIS-Kartenserver) zurückgegriffen. Anlage 3.1 zeigt die Geologische Karte GK25 mit den aktuell verwendeten Bohrinformationen. Ergänzend dienten der landesamtliche von Nordnordwesten nach Süden verlaufende Hydrostratigrafische Schnitt „Mittlere Ems Lockergestein rechts 2“ (Anlage 3.2) sowie der ergänzend dazu erstellte und von Westen nach Osten auf Höhe im Bereich der Brunnen verlaufende schematische geologische Schnitt (Anlage 3.3) zur Interpretation der vorliegenden Bohrinformationen.

Der schematische Untergundaufbau ist anhand des Schichtenverzeichnisses der Bohrung R2 F/T in Abb. 2 dargestellt. Die tertiäre Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet enthält kein wasserwirtschaftlich nutzbares Grundwasservorkommen, so dass die Quartärbasis die Sohle des hier betrachteten und von den Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH genutzten Grundwasserkörpers bildet. Der quartärzeitliche Grundwasserkörper wird durch eine im Modellgebiet nahezu flächenhaft verbreitete bindige Zwischenschicht in ein oberes und unteres Grundwasserstockwerk hydraulisch getrennt. Die aktuelle Auswertung der Bohrungen für das Modellgebiet zeigte, dass in dem unmittelbar östlich sowie in dem nördlich der Förderbrunnen gelegenen Bereich in zwei (3209HY0117, R5t) bzw. drei Bohrungen (3209HY0294, 3209HY0305, 3209HY0435) keine bindige Zwischenschicht belegt ist. Hier ist ein hydraulischer Kontakt zwischen den beiden Grundwasserstockwerken möglich.

Die drei Förderbrunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH sind im unteren als Hauptgrundwasserleiter fungierenden Grundwasserstockwerk verfiltert. Das Grundwasser im Hauptgrundwasserleiter ist gespannt, während im oberen Grundwasserleiter die Grundwasseroberfläche ungespannt (frei) ist.

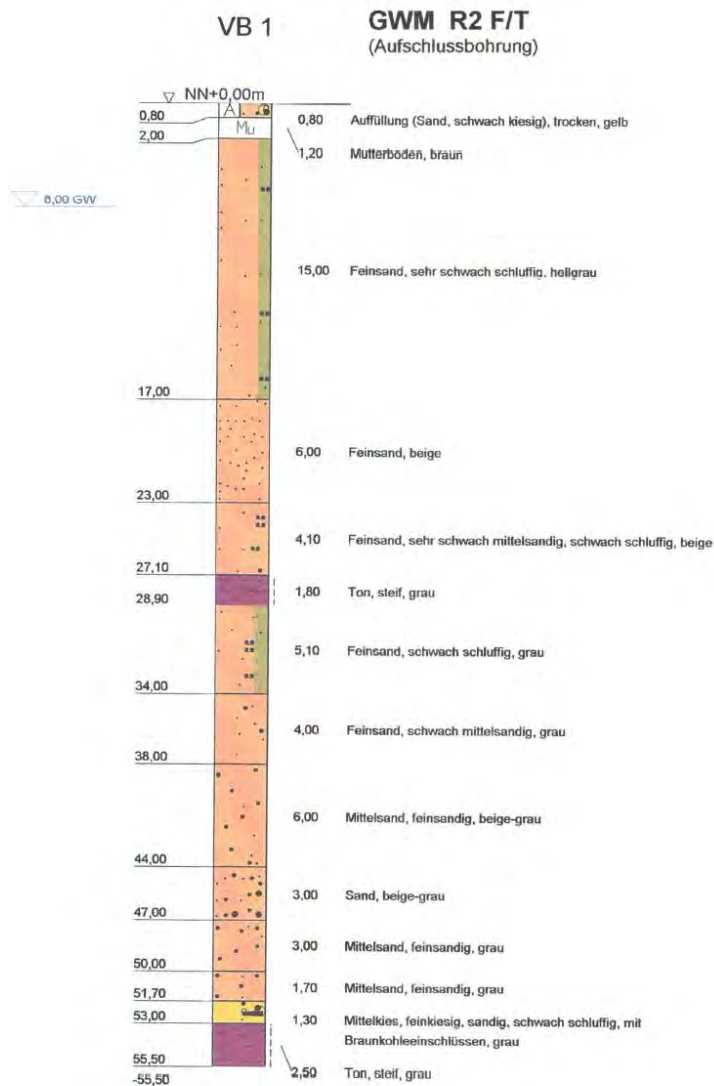


Abb. 2: Geologisches „Standardprofil“ für den Bereich der Förderbrunnen

Der Entnahmestandort fällt gemäß GeoBerichte 3 (Elbracht et. al 2010) in den hydrogeologischen Großraum „Nord- und mitteldeutsches Lockergesteinsgebiet“ (01), darin „Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän“ (015) der „Sögeler Geest“ (01502). Die Grundwasserentnahme der Emsland Frischgeflügel GmbH erfolgt im **Grundwasserkörper „Mittlere Ems Lockergestein rechts 2“ (Landes-ID DENI_37_03)**.

Für den vollständig in Niedersachsen befindlichen und insgesamt rd. 772 km² großen Grundwasserkörper besteht nach offizieller Abschätzung (RdErl. d. MU vom 29.05.2015) ein nutzbares Dargebot in Höhe von 33,01 Mio. m³/a. Mit einer genehmigten Gesamtentnahme von 11,39 Mio. m³/a ergibt sich eine **nutzbare Dargebotsreserve** von 21,63 Mio. m³/a, wobei der überwiegende Anteil mit 19,28 Mio. m³/a auf den Landkreis Emsland entfällt.

2.6 Grundwasserdynamik und Grundwasserbewegung

Zur Visualisierung der grundsätzlichen Strömungsverhältnisse dient zunächst die vom LBEG Hannover herausgegebene Hydrogeologische Karte im Maßstab 1:50 000 (HK50, Abb. 3). Die landesamtliche Darstellung der Grundwassergleichen gilt für den obersten zusammenhängenden Grundwasserkörper und zeigt eine im Untersuchungsgebiet großräumig auf die Ems gerichtete Grundwasserströmung. Das Druckaufbaugebiet liegt zwischen Sögel und Werlte. Die Grundwasseroberfläche liegt dort auf einem Niveau von etwa NN +30 m. Von der dortigen Grundwasserscheide fließt das Grundwasser allseitig zum Geestrand hin ab. Im Bereich des Modellgebietes wirkt die Ems als prägende Vorflut. Im Bereich der Emsland Frischgeflügel GmbH liegt die Höhe der Grundwasseroberfläche im Niederungsbereich der Ems etwa bei NN +8 m. Ebenso ist der Vorflutcharakter der Nordradde zu erkennen. Der hydraulische Gradient ist im Bereich des Druckaufbaugebietes flacher (um 0,5 ‰) und steigt in Richtung Ems deutlich an (ca. 3,5 ‰).

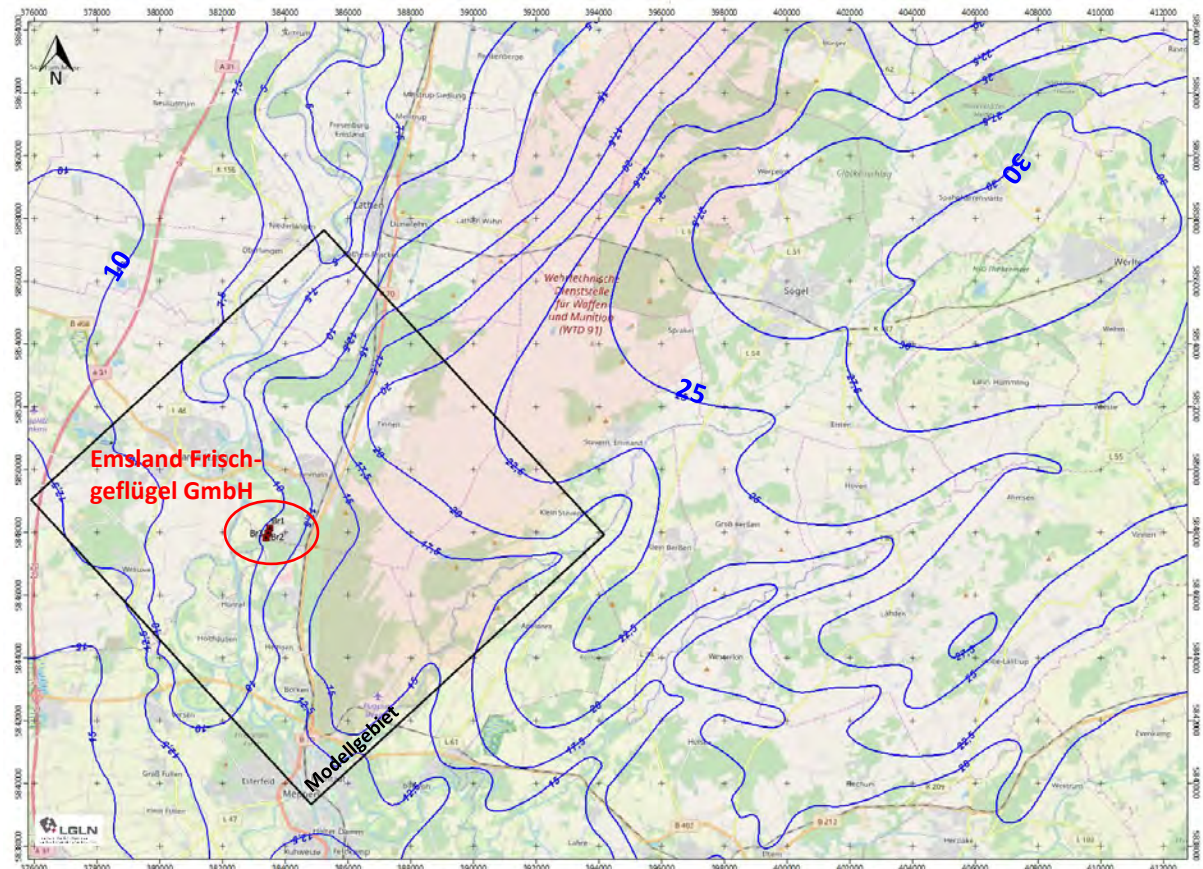


Abb. 3: Lage der Grundwasseroberfläche nach HK50 (NIBIS Kartenserver)

Die Emsland Frischgeflügel GmbH betreibt neben den 3 Brunnenpeilrohren mittlerweile insgesamt 21 GWM, wovon 14 (R1f bis R3f, R6f bis R16f) im oberflächennahen und sieben (R1t bis R5t, R8t und R9t) im unteren Hauptgrundwasserleiter verfiltert sind. Die Lage der GWM geht aus Anlage 1.2 hervor. Für die GWM R1 bis R5 liegen Messwerte ab Dezember 2003 vor, ab Januar 2006 als Monatswerte. Seit Januar 2010 konnten alle GWM in ein monatliches Messprogramm einbezogen werden. Die GWM R11f bis R16f werden seit 2017 gemessen. Anlage 4.1 und 4.2 zeigen die Messwerte in Form von Grundwasserganglinien für den oberen und unteren Grundwasserleiter.

Insgesamt zeigen die Ganglinien relativ geringe Amplituden von einigen Zentimetern (R8f/t) bis zu etwa wenigen Dezimetern (R6f), wobei diese im unteren Hauptgrundwasserleiter etwas geringer ausfallen. Aufgrund der Nähe zu den Förderbrunnen weisen die GWM R1t, R2t und R3t die größten Amplituden auf. Die Amplituden der Grundwasserganglinien folgen mit ihren Minima und Maxima dem Verlauf des Wasserspiegels der Ems. Der hydraulische Kontakt der Ems mit dem Grundwasser ist anhand der Ganglinien zu erkennen.

Im unteren und von den Förderbrunnen genutzten Grundwasserleiter zeigen die tief verfilterten Messstellen (R1t, R2t, R3t, R4t, R5t) in der anfänglichen Förderperiode mit steigender Entnahme einen rückläufigen Trend, der sich jedoch mit der Entfernung zu den Brunnen abschwächt. In der folgenden Periode etwa konstanter Entnahme ist außer in der brunnennahen GWM R2t und der ferneren GWM R9t kein signifikanter Rückgang zu erkennen.

Im oberen Grundwasserleiter ist lediglich in den brunnennahen Messstellen (R1f, R2f, R3f) und mit Beginn der Förderung bis zur Stabilisierung der Förderrate ab 2010 ein rückläufiger Trend im Grundwassergang festzustellen. Ab 2010 ist ein signifikanter Rückgang weder in brunnennahen als auch in den brunnennahen Messstellen zu erkennen. Der Ems Pegel Versen zeigt dagegen in beiden Zeitabschnitten einen leicht fallenden Trend.

Mit Bezug auf die Zeitreihe 2010 bis 2022 zeigt die statistische Auswertung der Standrohrspiegelhöhen, dass die Stichtagsmessung vom Mai 2014 in sehr guter Näherung etwa mittlere Grundwasserverhältnisse abbildet. Die Interpretation der Messwerte für den oberflächennahen und den unteren Hauptgrundwasserleiter ist in Form eines Grundwassergleichensplans in Anlage 5.1 bzw. 5.2 dargestellt. Das Messnetz wurde dazu um Messstellen ergänzt, die von den Stadtwerken Meppen bzw. dem NLWKN betrieben werden. Danach ist in beiden Aquiferabschnitten eine auf die Ems gerichtete Grundwasserströmung zu erkennen. Im oberflächennahen Grundwasserleiter liegt im Bereich der Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH eine nach Westen bzw. Westnordwesten gerichtete Grundwasserströmung vor. Das hydraulische Gefälle beträgt im Anstrom etwa 3,0 ‰. Im unteren Hauptgrundwasserleiter sind hier Grundwasserfließrichtung und hydraulisches Gefälle vergleichbar.

Aufgrund der mittleren Grundwasserverhältnisse wird die Stichtagsmessung vom Mai 2014 zur Modellkalibrierung verwendet. Mit Blick auf die Grundwasserganglinien und die relativ konstanten Entnahmeraten durch die Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH seit 2010 kann die Grundwasserströmungssituation im Mai 2014 als mittlerer Ist-Zustand bezeichnet werden.

2.7 Grundwasserentnahmen

Die Emsland Frischgeflügel GmbH stellt mit ihren drei Vertikalfilterbrunnen eine wesentliche Grundwasserentnahme innerhalb des Untersuchungsgebietes dar. Die Brunnen liegen auf einer etwa Nordost-Südwest gerichteten Linie mit einem Abstand von jeweils etwa 160 m zueinander. Die wichtigsten Stammdaten der Brunnen sind in Tab. 1 zusammengefasst. Die Entnahme erfolgt aus dem unteren Hauptgrundwasserleiter.

Tab. 1: Stammdaten der Förderbrunnen

Brunnen	Rechtswert (GK2 / UTM)	Hochwert (GK2 / UTM)	GOK [NN+m]	MPH [NN+m]	Endteufe [m u GOK]	Filterlage [m u GOK]
Br. 1	2 585 961 32 383 495	5 849 387 5 848 126	16,282	16,745	53,5	39,0 – 50,7
Br. 2	2 585 913 32 383 441	5 849 235 5 847 975	17,057	17,050	50,0	35,0 – 45,0
Br. 3	2 585 861 32 383 382	5 849 086 5 847 829	15,741	16,086	50,0	35,0 – 47,0

Die Gesamtförderrate aus allen drei Brunnen betrug im Jahr 2005 rd. 0,316 Mio. m³/a und stieg bis 2007 auf rd. 0,764 m³/a an. Mit Erteilung der aktuellen wasserrechtlichen Erlaubnis stieg die Gesamtförderung bis 2010 auf rund 1,059 Mio. m³/a. Seitdem liegt die Gesamtförderrate auf einem relativ konstanten Niveau und beträgt durchschnittlich ca. 1,081 Mio. m³/a. Die Entwicklung der Gesamtentnahme durch die Förderbrunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH sowie der brunnenspezifischen Einzelentnahmen können der Abb. 4 entnommen werden.

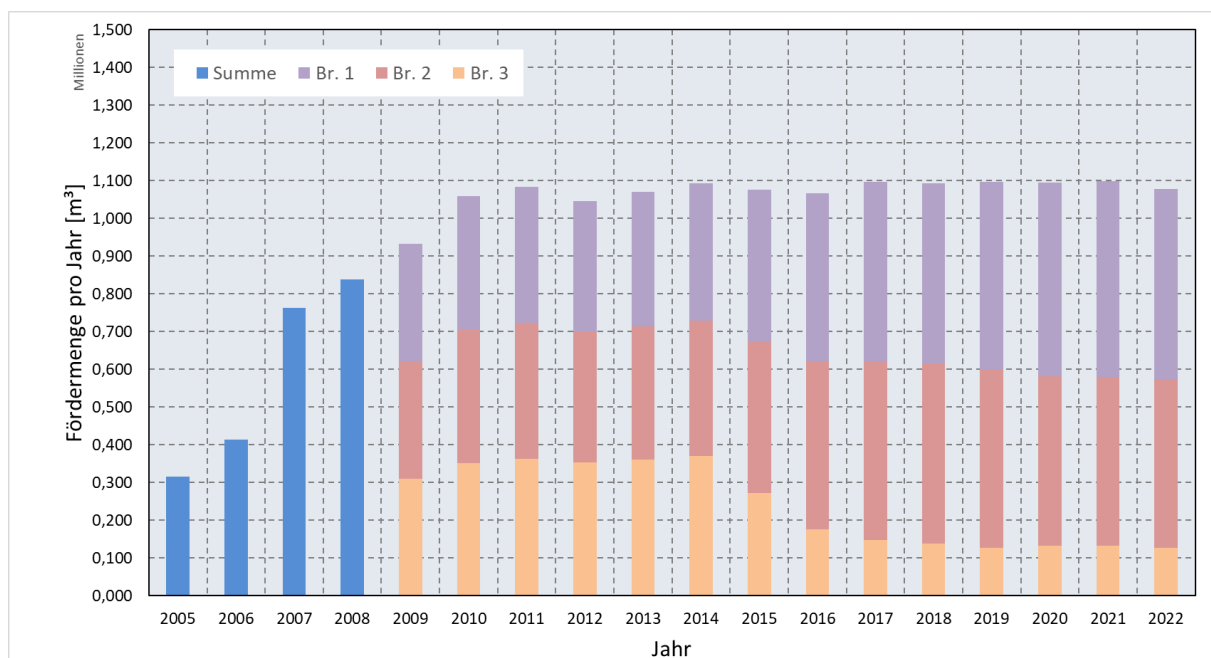


Abb. 4: Entwicklung der Grundwasserentnahme der Emsland Frischgeflügel GmbH

Im Untersuchungsgebiet sind weitere Grundwasserentnahmen aktiv. Das Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBW) in Koblenz betreibt auf dem Gelände ihrer Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition (WTD 91) nördlich von Meppen drei Vertikalfilterbrunnen. Die reale Gesamtentnahme betrug im Jahr 2000 etwa 300.000 m³/a, die wasserrechtlich genehmigte maximale Entnahmerate beträgt 400.000 m³/a.

Neben den beiden Hauptentnahmen im Untersuchungsgebiet existieren einige Entnahmebrunnen, die temporär zur Beregnung landwirtschaftlich genutzter Flächen betrieben werden. Innerhalb des Modellgebiets liegen die Grundwassernutzer Anneken, Rosen, Neesen, Menke, Rosen und Vähning,

deren erlaubte Brunnenförderraten jedoch jeweils deutlich unter umgerechnet 1 l/s betragen. Die Realentnahmen der Beregnungsbrunnen sind nicht bekannt. Da die Gesamtentnahmerate aller im Modellgebiet vorhandenen 8 Beregnungsbrunnen jedoch lediglich rd. 57.500 m³/a beträgt, spielt die Summe in der Grundwasserbilanz eine eher untergeordnete Rolle. Die Entnahmen erfolgen aus dem oberen Grundwasserleiter.

3 AUFBAU DES GRUNDWASSERMODELLS

3.1 Verwendete Software

Für die Strömungsberechnungen wurde das Programm MODFLOW in der Version 2005 des United States Geological Survey (Harbaugh 2005) eingesetzt. MODFLOW ist ein dreidimensionales numerisches Modell zur Berechnung der gesättigten Grundwasserströmung und dürfte diesbezüglich das weltweit am häufigsten eingesetzte Programm sein. Die mittlerweile internationale Erweiterung zu einem Programmpaket erlaubt z.B. auch die Simulation inverser Problemstellungen oder des advektiven und diffusiv/dispersiven Stofftransports unter Berücksichtigung vorgegebener Reaktionen.

Das Programm MODFLOW arbeitet auf der Basis der Methode der Finite-Differenzen (blockzentriertes Rechteckgitter). Es teilt den Aquifer in quaderförmige Zellen ein, für die jeweils eine Wasserbilanzgleichung aufgestellt wird (Abb. 5). Die Standrohrspiegelhöhen in der Mitte einer Zelle sind dabei unbekannt. Unter Verwendung von Anfangs- und Randbedingungen ergibt sich für N Aquiferzellen ein lineares Gleichungssystem für N unbekannte Standrohrspiegelhöhen. Die Lösung dieses Gleichungssystems erfolgt mit Hilfe eines iterativen Gleichungslösers unter Angabe numerischer Konvergenz- und Stabilitätskriterien.

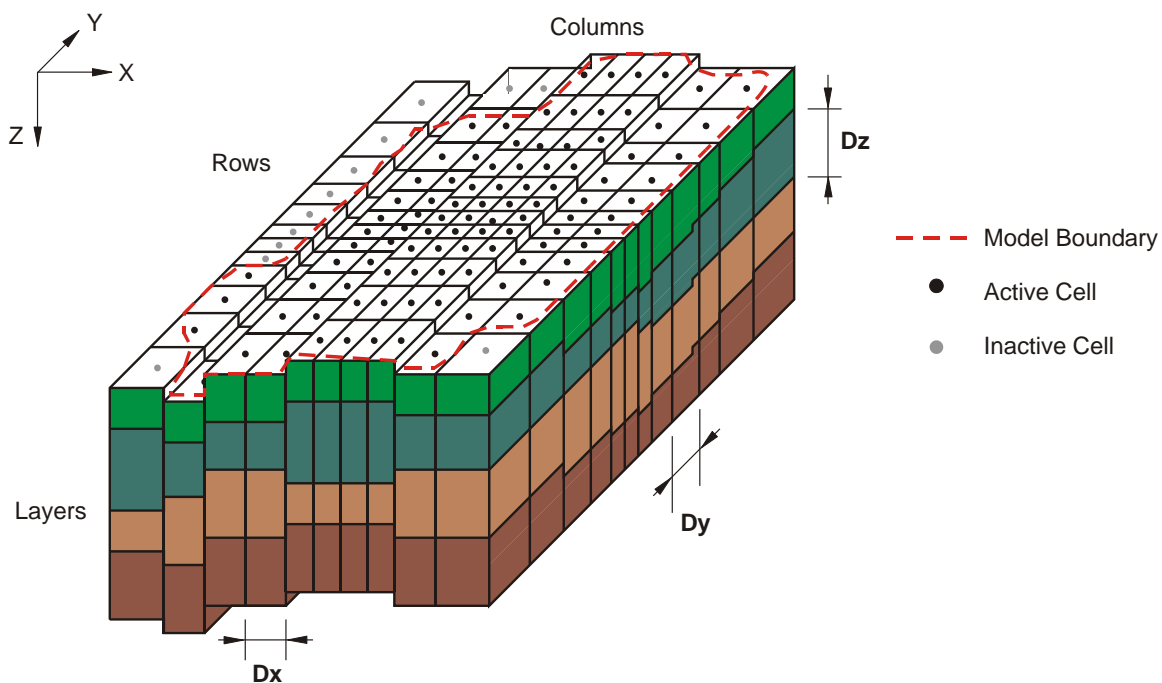


Abb. 5: Diskretisierung eines Aquifers in drei räumliche Dimensionen

Für den Aufbau des Modells und zur Eingabe sowie Kontrolle der Parameter wird der menügesteuerte Prä- und Postprozessors PMWIN (Chiang & Kinzelbach 2003) in der Version 8 verwendet. Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Grundwasserhöhengleichungen und Wasserbilanzen dargestellt. Die Visualisierung der räumlichen Daten erfolgt via Transferschnittstellen durch Import in das geographische Informationssystem QGIS.

Zur Bestimmung von Brunneneinzugsgebieten, Isochronen und Grundwasserfließzeiten wird das dispersionsfreie advektive Transportmodell PMPATH verwendet, das ebenso wie das Programm MODFLOW Bestandteil der Benutzeroberfläche von PMWIN ist. Die Berechnung der Bahnlinien, d.h. der Fließwege einzelner gelöster Wasserteilchen im Grundwasser, erfolgt auf Basis des mit MODFLOW berechneten Geschwindigkeitsfelds nach dem halbanalytischen Schema von POLLOCK (1988).

3.2 Lage und Diskretisierung des Modellgebietes

Das Modellgebiet stellt das Areal des im numerischen Modell diskretisierten natürlichen Raums dar. Die in Abb. 6 dargestellte räumliche Ausdehnung des rechteckigen Modellraums ist in seiner maximalen horizontalen Erstreckung 12,7 x 13,2 km groß. Die Koordinaten werden im Gauß-Krüger-Koordinatensystem (2. Meridian) geführt. Die westlichsten Eckkoordinaten lauten

$$R_{x0} = 2\,578\,314 \qquad H_{y0} = 5\,849\,982$$

Das Modellgebiet ist mit einem Winkel von 45° gegen die Horizontale (x-Achse) gedreht. Die Größe des aktiven Modellgebiets beträgt 106,50 km² bei einer Gesamtfläche von 167,64 km².

Die räumliche Diskretisierung des Modellgebiets in rechteckige Zellen orientiert sich maßgeblich an der abzudeckenden Ausdehnung sowie an der Lage des Interessengebiets. Im Sinne der Rechenzeit ist eine allzu feine flächendeckende Zellauflösung nicht zweckmäßig und mit einem nur begrenzten Informationsgewinn verbunden. Infolge der in den letzten Jahren hinzugekommenen Messpunkte (Brunnen und Grundwassermessstellen) im Bereich der Emsland Frischgeflügel GmbH wurde die ursprüngliche Diskretisierung verfeinert. Für die Simulation der Grundwasserströmung ist das Modellgebiet in seiner horizontalen Erstreckung nunmehr in 150 x 135 Elemente diskretisiert, wobei die Kantenlänge der Elemente in den Randbereichen nach wie vor 200 m beträgt, während sie im Bereich der Brunnen von 50 m auf 12,5 m verringert wurde.

Die vertikale Diskretisierung orientiert sich an der geologischen Modellvorstellung. Die drei Modellschichten ergeben sich aus der Stockwerksgliederung in einem oberflächennahen und einem unteren Hauptgrundwasserleiter, die durch eine gering durchlässige, bindige Zwischenschicht getrennt sind. Die detaillierte vertikale Untergliederung wurde aufgrund der zusätzlich recherchierten Bohrungen angepasst. Die Determinierung der Schichtgrenzen ergibt sich nach den vorliegenden Schichtenverzeichnissen und ist beispielhaft in den geologischen Schnitten der Anlagen 3.2 und 3.3 ersichtlich. Die anhand der Bohrungen ermittelten Punktdaten wurden mittels Kriging-Verfahren in der Fläche interpoliert und von PMWIN in das Modell übertragen. Abb. 6 zeigt die vertikale Untergliederung anhand zweier beispielhafter Schnitte. Insgesamt umfasst das Grundwassermodell somit 60.750 Elemente.

Der grundsätzlich vertikale Aufbau in drei Modellschichten bleibt auch für die Bereiche erhalten, wo keine bindige Zwischenschicht durch die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen belegt ist. Dies liegt

in der Methodik begründet, die für jede Schicht im Finite-Differenzen-Gitter die gleiche Gesamtausdehnung erfordert, d. h. an jedem Punkt muss die Anzahl der Schichten gleich sein (vgl. Abb. 5). Die fehlende bindige Zwischenschicht wird durch eine entsprechende Parametrisierung bei der hydraulischen Durchlässigkeit berücksichtigt.

Die Modelloberfläche wird durch den natürlichen Geländeverlauf gebildet und als Datensatz ein Digitales Geländemodell (DGM50) implementiert. Die Modellbasis bildet die Sohle des quartären Grundwasserkörpers (Hauptgrundwasserleiter).

3.3 Randbedingungen

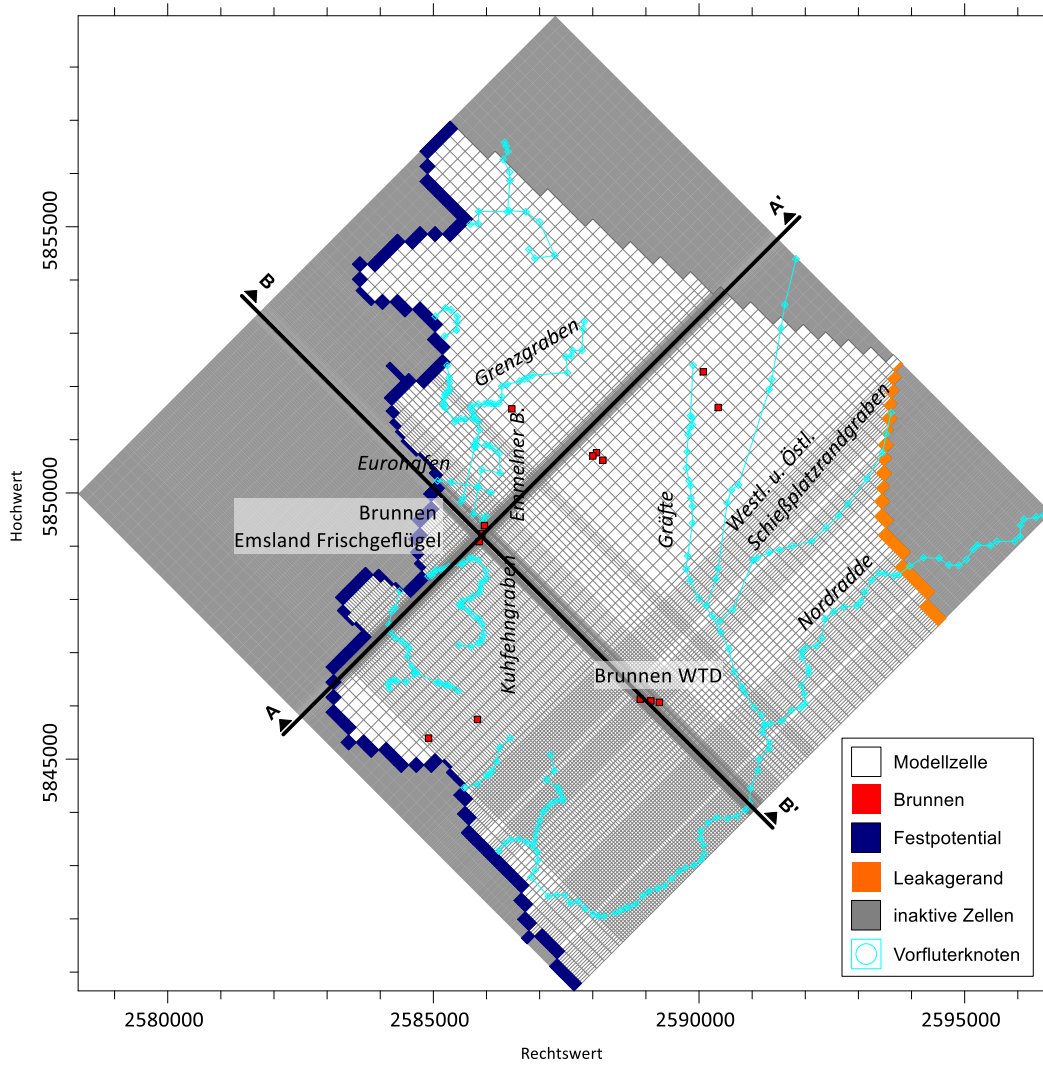
Die Ausdehnung des Modellgebietes ist auch abhängig von der Wahl der hydraulischen Randbedingungen, die der rechnerischen Lösbarkeit des numerischen Modells bzw. des mathematischen Gleichungssystems dienen. Das Modellgebiet mit seinen schematischen Randbedingungen zeigt Abb. 6. Im Westen wird es durch den Verlauf der Ems begrenzt. Die Ems wird aufgrund ihrer guten hydraulischen Anbindung an das Grundwasser als Festpotenzialrand (Randbedingung 1. Art oder Dirichlet-RB) modelliert. Für die Wasserspiegelhöhen der Vorfluter wurden jeweils die Mittelwerte langfristiger Zeitreihen an den Pegeln Versen, Haren und Hilter herangezogen, wobei die Zwischenwerte vom Modell linear interpoliert werden. In Bezug auf die Grundwasserströmung stellt die Ems als wesentlicher regionaler Vorfluter für das Modell einen Abflussrand dar.

Im Osten wird als Begrenzung eine in MODFLOW auch als „General Head Boundary“ bezeichnete Randbedingung 3. Art oder Cauchy-RB gewählt. Diese Randbedingung (Leakage-Rand) orientiert sich an dem weiter östlich gelegenen Druckaufbaubereich (vgl. Kap. 2.6) mit einer Potenzialhöhe von NN +30 m und stellt dem Verhalten nach einen durch den Grundwasserstand gesteuerten Zustromrand dar.

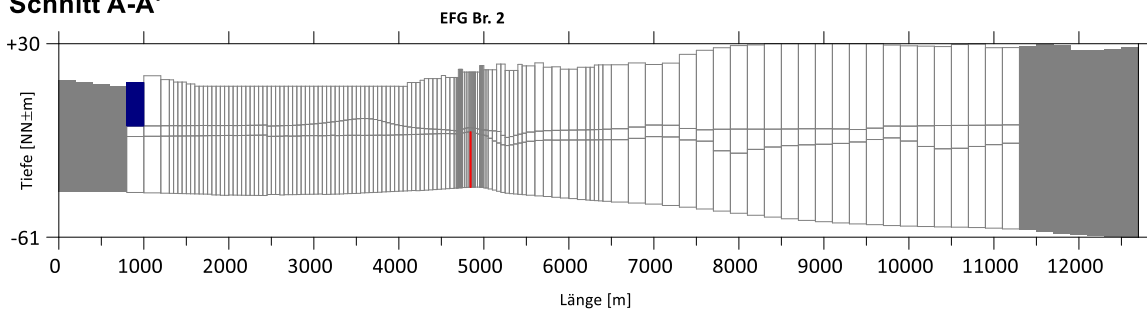
Die weiteren Ränder werden als Stromlinie mit zeitlich konstantem Verlauf angesehen. Randstromlinien stellen im Modell undurchlässige Ränder dar (Randbedingung 2. Art oder Neumann-RB), über die hinweg kein Grundwasseraustausch erfolgen kann.

Die innerhalb des Modellgebietes vorhandenen Oberflächengewässer werden als Leakage-Knoten (Randbedingung der 3. Art oder Cauchy-RB) behandelt. Gegenüber den Randbedingungen der ersten Art haben diese Ränder (Vorfluter) einen verringerten hydraulischen Kontakt zum Aquifer. Das äußere Potenzial wird durch einen Widerstand (Leakage-Faktor) abgeschwächt im Aquifer wirksam. Für die Berechnung des Wasseraustausches zwischen dem Gewässer und dem Aquifer sind Angaben über Wasserspiegellagen und Sohlhöhen erforderlich. Die Angaben zur Nordradde wurden den Mittelwerten der Vorfluterpegel entnommen, wobei die Zwischenwerte wiederum vom Modell linear interpoliert werden. Detaillierte Angaben zu den weiteren Fließgewässern liegen nicht vor und wurden daher in sinnvoller Weise den topografischen Karten entnommen.

Die Basis des Modellgebiets stellt die Grenzfläche zu den praktisch undurchlässigen Sedimenten dar. Sie wird daher wie die Modelloberfläche als undurchlässiger Rand angesehen.



Schnitt A-A'



Schnitt B-B'

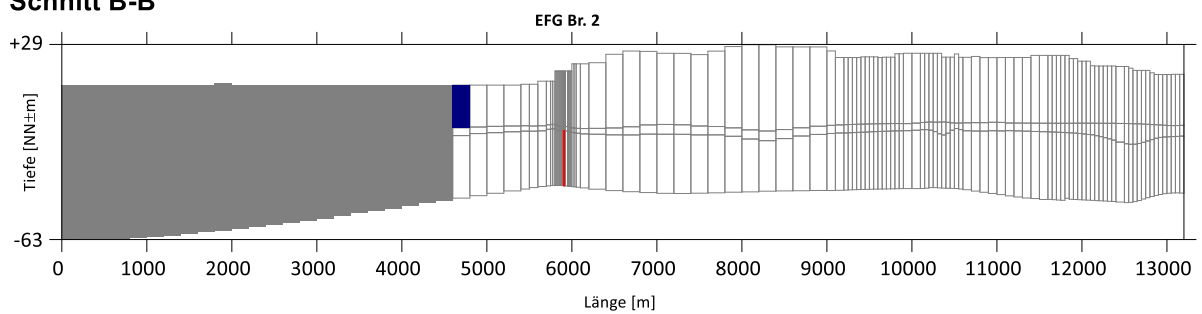


Abb. 6: Modellaufbau und Randbedingungen

3.4 Geohydraulische Eingangsparmeter

3.4.1 Beschaffenheit von Aquifer und Trennschicht

Der grundsätzliche vertikale Schichtenaufbau im Modellgebiet basierend auf dem konzeptionellen geologischen Modell wurde bereits in Kapitel 2.5 beschrieben. Die lokale Verteilung von Materialeigenschaften und der korrespondierenden hydraulischen Durchlässigkeiten ist dabei von maßgeblicher Bedeutung für den Verlauf und die Ausprägung der Grundwasserisohypsen. Im bestehenden kalibrierten Strömungsmodell (Stand 2007) wurde dem aus überwiegend Feinsand aufgebauten oberflächennahen Grundwasserleiter ein effektiver Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) von $1,4E-04$ m/s zugewiesen. Aufgrund einer mangelnden Datengrundlage wurde ein konstanter Wert verwendet. Im unteren überwiegend aus Mittel- bis Grobsand aufgebauten Hauptgrundwasserleiter wurde eine Zonierung bzw. eine Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte vorgenommen, wobei die Bandbreite der k_f -Werte zwischen $1,0E-04$ und $4,8E-02$ m/s lag.

Die regional verbreitete und durch die zweite Modellschicht erfasste bindige Zwischenschicht wurde im Modell 2007 bzw. 2016 flächenhaft angesetzt. Für die gering durchlässigen, tonigen Sedimente wurde ein mittlerer effektiver k_f -Wert von $1,0E-07$ m/s angesetzt.

Die vertikalen Durchlässigkeiten sind in der Regel infolge der Lagerungsdichte der Lockergesteine geringer als die horizontalen. Angaben über vertikale Durchlässigkeitsbeiwerte liegen nicht vor. Während im Modell 2007 die Anisotropie, d. h. das Verhältnis von horizontalem zu vertikalem Durchlässigkeitsbeiwert, zwischen 7 und 13 beträgt, wird in den hier durchgeführten Modellrechnungen ein konstanter Wert von 10 gewählt, wie er häufig auch in der Literatur angegeben wird (vgl. Langguth & Voigt 2004, Busch et al. 1993).

3.4.2 Durchflusswirksame Porosität

Die durchflusswirksame Porosität n_f gibt das Verhältnis des beweglichen Wasservolumens zum Gesamtvolumen des Sediments an und ist u. a. abhängig von der Beschaffenheit des Bodenmaterials und des Porenraums. Sie spielt bei der Berechnung der Bahnlinien, d. h. der Fließwege von im Wasser gelöster Teilchen eine Rolle. Dabei ist die Form der Bahnlinien von der durchflusswirksamen Porosität unabhängig. Diese bestimmt aber, wie schnell die Bahnlinie von einem Wasserpartikel durchlaufen wird und somit seine Fließzeit.

Im Modell wurde für die durchflusswirksame Porosität der grundwasserleitenden Sedimente im oberflächennahen Grundwasserleiter ein einheitlicher Wert von 20 % und im unteren Hauptgrundwasserleiter aufgrund der tendenziell etwas durchlässigeren Sedimente ein Wert von 25 % verwendet. Für die geringleitende Zwischenschicht wird eine Porosität von 10 % angesetzt. Da im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen keine instationären Modellrechnungen erfolgen und auch keine Angaben zu den möglichen Grundwasserfließzeiten gemacht werden, ist die Angabe der durchflusswirksamen Porosität im Modell redundant.

3.4.3 Grundwasserneubildung

Die Grundlage für die zellspezifische Festlegung von Werten für die Grundwasserneubildung im Modell ist das vom LBEG herausgegebene mit mGROWA regionalisierten Kartenraster, das langjährig gemittelte Neubildungsraten enthält. Die Implementierung der Werte in das Modell erfolgte über eine GIS-gestützte Verschneidung der Rasterdaten auf das Modellgitter. Die teils engräumigen Schwankungen in der Rasterdaten können bedingt durch die Zellgrößen des Modells zwangsläufig nicht vollständig abgebildet werden, sodass hierdurch eine gewisse Unschärfe entsteht. Über das gesamte Modellgebiet kann die Unschärfe jedoch in Bezug auf die Grundwasserbilanz toleriert werden. Standardisiert wird die Grundwasserneubildungsrate als Quellterm auf der obersten Modellschicht wirksam.

Das Volumen der Grundwasserneubildung beträgt insgesamt 16,436 Mio. m³/a. Bezogen auf das aktive Modellgebiet entspricht dies einer mittleren Grundwasserneubildungsrate etwa 155 mm/a.

3.4.4 Grundwasserentnahmen

Zur Kalibration und für die weiteren Modellanwendungen wurden die in Tab. 2 aufgeführten Förderaten der Entnahmehäuser verwendet. Die Grundwasserentnahmen der Emsland Frischgeflügel GmbH und der Bundeswehr erfolgen aus dem unteren Hauptgrundwasserleiter, während die privaten Brunnen zur landwirtschaftlichen Feldberegnung den oberen Grundwasserleiter erschließen.

Tab. 2: Relevante Förderraten für die Modellanwendungen

Brunnen	Betreiber	Q Mai 2006 [m ³ /a] Modelltest	Q Mai 2014 [m ³ /a] Ist-Zustand / Kalibrierung	Prognose 4 [m ³ /a] Antragsmenge
Br. 1	Emsland	120.000	365.000	550.000
Br. 2	Frischgeflügel	120.000	365.000	520.000
Br. 3	GmbH	120.000	365.000	160.000
WTD 91 B1	Bundesamt für	100.000	100.000	100.000
WTD 91 B2	AIN der Bundes-	100.000	100.000	100.000
WTD 91 B3	wehr	100.000	100.000	100.000
Landwirtschaftliche Feldberegnung (Σ 8 Brunnen)	Diverse	57.000	57.000	57.000

4 MODELLEICHUNG

4.1 Modellkalibration

Zur aktuellen Modellkalibration wurde wiederum eine Stichtagsmessung herangezogen. Auf Basis des erweiterten Grundwassermessnetzes ergab die Auswertung der Messwerte bzw. Ganglinien, dass die **Stichtagsmessung vom Mai 2014** in sehr guter Näherung mittlere Grundwasserverhältnisse abbildet. Dabei liegen im Gegensatz zur Kalibration von 2007 (Stichtagsmessung Mai 2002) Messwerte sowohl im oberen als auch im unteren Hauptgrundwasserleiter vor.

Die Anpassung der Modellparameter beschränkt sich im vorliegenden Fall auf die Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte im oberen und unteren Grundwasserleiter unter der Annahme einer bekannten Grundwasserneubildung nach mGROWA. Entsprechend der möglichen Variabilität der Parameter wird im Rahmen der Kalibration versucht, eine plausible Konstellation an Parametern zu finden, die zu einer bestmöglichen Anpassung der berechneten Standrohrspiegelhöhen an die natürlichen Grundwasserverhältnisse führt. Für diese und die weiteren Modellrechnungen wird der Gleichungslöser PCGN verwendet. Das Konvergenzkriterium für die iterative numerische Lösung wird mit $1 \text{ E-}06$ sowohl für die Wasserstände als auch die Wasserflüsse festgesetzt.

Für den Wasserstand der Ems wurden die Messdaten der Pegel Versen und Hilter verwendet. Die mittleren Wasserstände für Mai 2014 betragen am Pegel Versen NN +8,01 m und am Pegel Hilter NN +7,55 m. Die Zwischenwerte entlang des Vorfluterverlaufes wurden interpoliert.

Zur Ermittlung einer geeigneten Durchlässigkeitsverteilung wurde sowohl manuell mittels der Trial-and-Error-Methode als auch mit dem halbautomatischen Optimierungsalgorithmus PEST (Doherty 2000) gearbeitet. Dabei hat sich gezeigt, dass ein konstanter Durchlässigkeitsbeiwert die Standrohrspiegelhöhen und den daraus interpretierten Grundwassergleichenplan für beide Grundwasserleiter nur ungenügend reproduzieren kann. Im weiteren Verlauf der Kalibration wurde daher jeweils eine räumliche Zonierung der k_f -Werte vorgenommen. Die unterschiedlichen Bereiche (Zonen) ergaben sich i. W. aus grundwasserhydraulischen Aspekten (Grundwasserfließrichtung und hydraulischer Gradient) sowie den hydrogeologischen Gegebenheiten.

Als Ergebnis der Kalibration sind die Durchlässigkeitsverteilungen beider Grundwasserleiter in den folgenden Abb. 7 bis Abb. 9 dargestellt. Die ermittelten effektiven k_f -Werte liegen im oberen Grundwasserleiter zwischen $7,0\text{E-}06$ und $2,0\text{E-}03$ m/s, während im unteren Hauptgrundwasserleiter die Bandbreite $6,3\text{E-}05$ bis $3,0\text{E-}04$ m/s beträgt. Im zu erwartenden Zustrom der Brunnen liegt der mittlere k_f -Wert im Bereich von $1,0\text{E-}04$ m/s, was nach Geofakten 21 einer mittleren Durchlässigkeit entspricht. Für die sowohl im oberen als auch unteren Grundwasserleiter anstehenden Fein- bis Mittelsande können die kalibrierten Durchlässigkeiten als plausibel angesehen werden.

Der mittlere effektive k_f -Wert der bindigen Zwischenschicht wurde mit $1,0\text{E-}08$ m/s ermittelt. Der Wert entspricht nach Geofakten 21 einer sehr geringen hydraulischen Durchlässigkeit bzw. der Durchlässigkeitsklasse 6, und kann für die hydrostratigrafische Ausprägung der Zwischenschicht mit Tonen und Schluffen ebenfalls als plausibel angesehen werden.

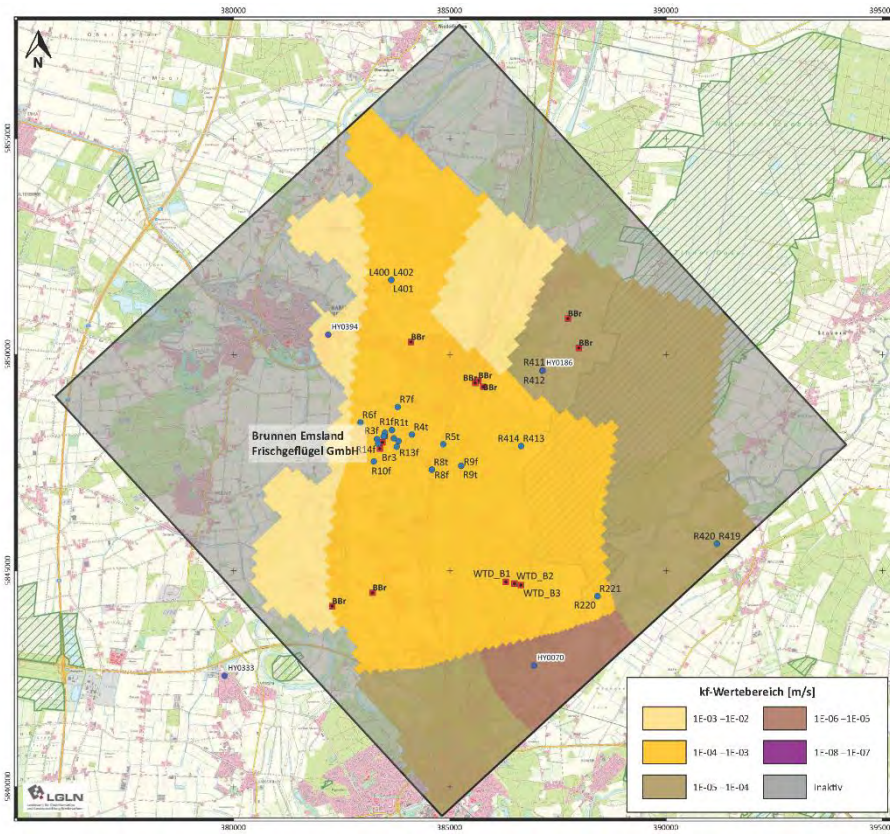


Abb. 7: Durchlässigkeitsverteilung Layer 1 (Oberer Grundwasserleiter)

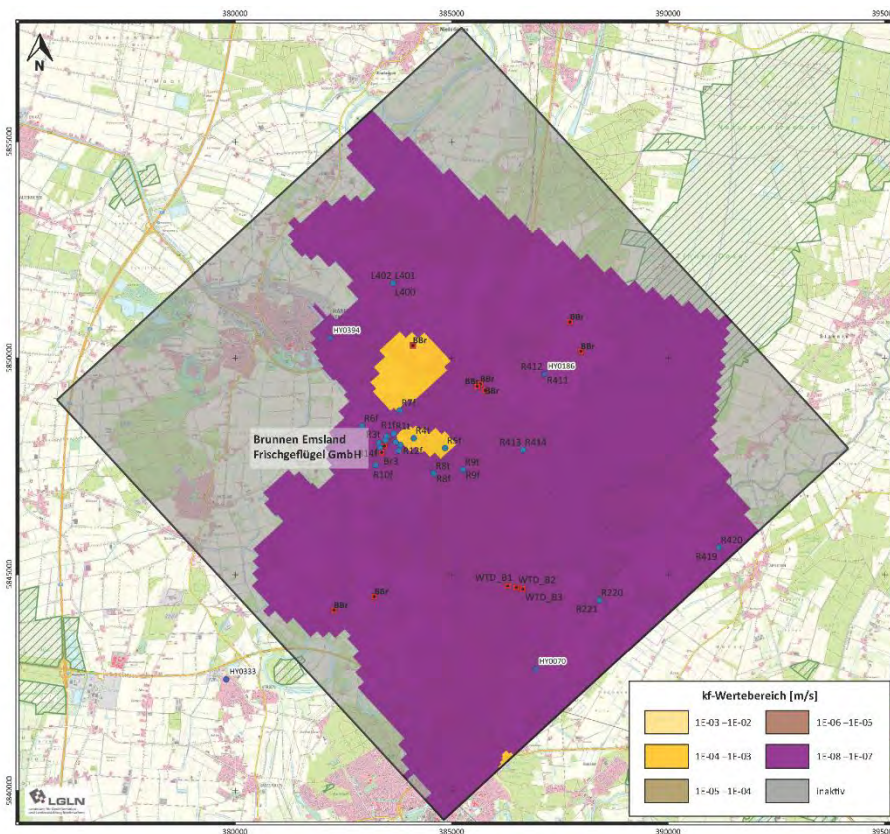


Abb. 8: Durchlässigkeitsverteilung Layer 2 (Zwischenschicht)

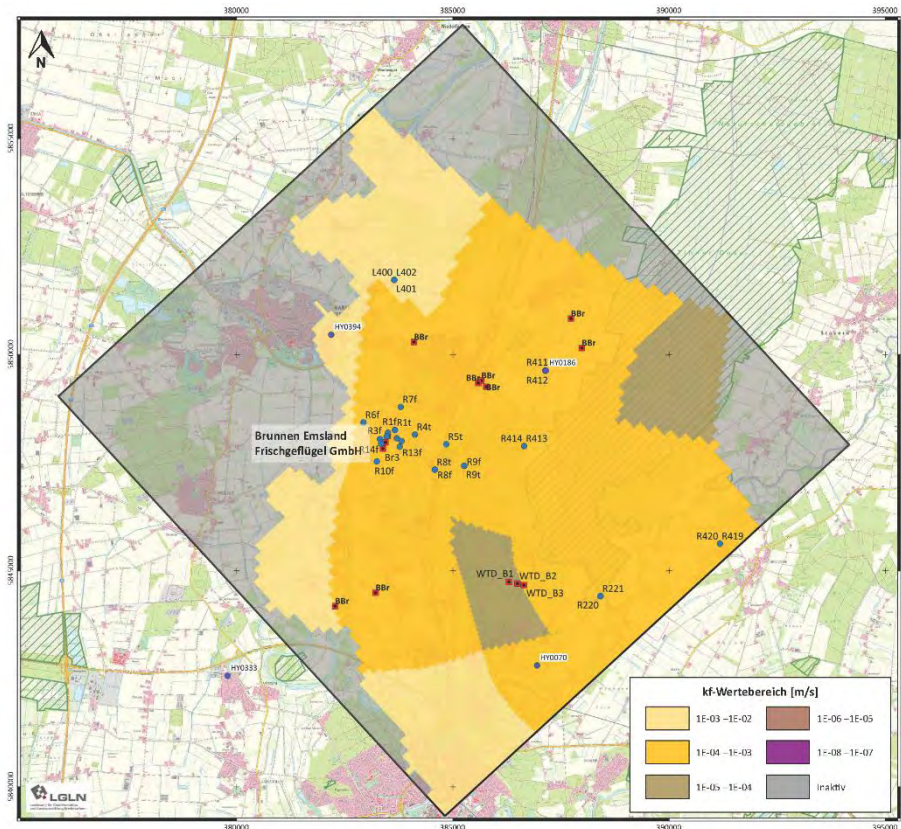


Abb. 9: Durchlässigkeitsverteilung Layer 3 (Unterer Hauptgrundwasserleiter)

Für die kartierten Bereiche ohne einer erbohrten Zwischenschicht (Abb. 8) wurde der k_f -Wert mit $1,4E-04$ m/s entsprechend dem unteren Grundwasserleiter angesetzt. In allen Modellschichten wurde mangels detaillierter Kenntnisse entsprechend den Literaturangaben ein Anisotropiefaktor von 10 beibehalten.

Zur weiteren Plausibilitätskontrolle der ermittelten Durchlässigkeitsverteilung können die Bohrungen R8t, 3209HY0186, 3209HY0070 und 3209HY0394 herangezogen werden (Tab. 3). Die im Verlauf der Modellkalibration ermittelten k_f -Werte stehen im Einklang mit den lithologischen Ansprüchen der Bohrprofile und den Durchlässigkeitsklassen gemäß Geofakten 21 zur hydrostratigrafischen Gliederung Niedersachsens.

Tab. 3: Lithologie ausgewählter Bohrungen und k_f -Wert im Modell

	R8t	3209HY0186	3209HY0070	3209HY0394
Oberer Grundwasserleiter	Feinsand 4,0E-04 m/s	Feinsand, Lagen von Schluff 6,9E-05 m/s	Mittelsand, Feinsand 7,4E-04 m/s	Mittelsand 2,0E-03 m/s
Stauer/Zwischenschicht	tonig 1,0E-08 m/s	Ton 1,0E-08 m/s	Ton 1,0E-08 m/s	Ton 1,0E-08 m/s
Unterer Hauptgrundwasserleiter	Feinsand, schwach Mittelsand 1,3E-04 m/s	Feinsand, Mittelsand, Grobsand 7,0E-06 m/s	Feinsand, Mittelsand 4,0E-04 m/s	Feinsand, Mittelsand, Grobsand 3,0E-03 m/s

Zur hydraulischen Anbindung der Oberflächengewässer an das Grundwasser wurde die Leakage-Rate mit $5,0E-07$ 1/s ermittelt. Dieser Wert entspricht zum einen den Erfahrungen aus vergleichbaren Modellierungen und zum anderen z. B. der Einordnung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2016)¹. Danach kann für vergleichbare Gewässer die Bandbreite der Leakage-Rate etwa mit $1,0E-07$ bis $1,0E-06$ 1/s angegeben werden.

Nach Abschluss der Kalibration zeigen die berechneten Grundwassergleichenpläne eine gute Übereinstimmung mit den anhand der Messwerte interpretierten Plänen. Die Anlagen 5.1 und 5.2 zeigen eine Gegenüberstellung beider Grundwassergleichenpläne jeweils für den oberflächennahen und unteren Grundwasserleiter.

Zur weiteren Quantifizierung der Qualität der Kalibration werden die berechneten den gemessenen Standrohrspiegelhöhen in einem Streudiagramm gegenübergestellt (Abb. 10). Mit Blick auf die Differenzen ergibt sich eine mittlere absolute Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen von knapp 0,6 m. Eine größere Abweichung mit etwa 1,6 m ergibt sich an der oberflächennah verfilterten GWM L401, die sich jedoch etwa 3,7 km nördlich und somit nicht im direkten Anstrom bzw. Einzugsgebiet der Brunnen von der Emsland Frischgeflügel GmbH befindet. Im Hauptgrundwasserleiter wird vom Modell für die GWM R2t mit etwa 2,65 m die größte Abweichung berechnet. Der Grund liegt hierbei in der sehr geringen Entfernung von 7 m zum Brunnen 1. Das Modell ist hier aufgrund der räumlichen Diskretisierung nicht in der Lage, den hydraulischen Gradienten feiner aufzulösen. Bezogen auf das gesamte hydraulische Gefälle innerhalb des Modellgebiets ergibt sich als Quotient aus der mittleren Abweichung ein mittlerer Modellfehler von ca. 4,6 %, der nach DVGW Arbeitsblatt W 107 (2016) noch als gute Anpassung eingestuft wird.

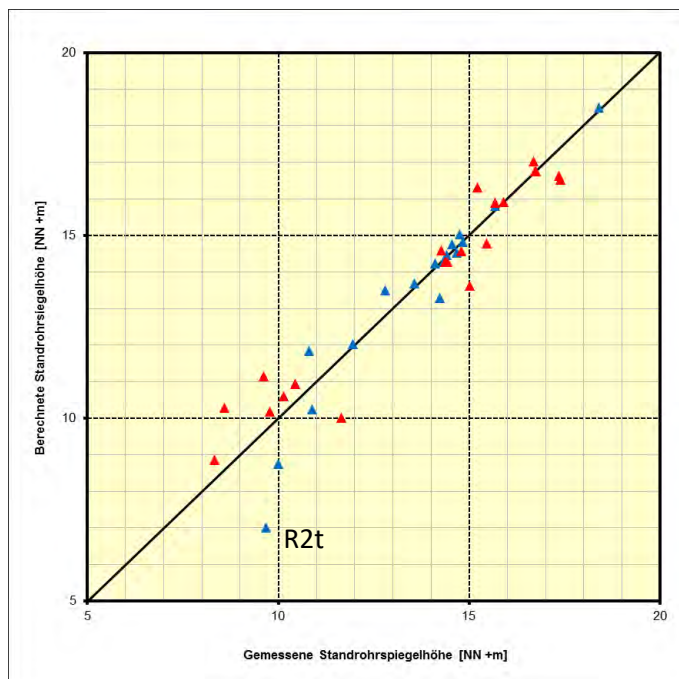


Abb. 10: Gegenüberstellung berechneter und gemessener Standrohrspiegelhöhen (rote Symbole = Messstellen oberer Grundwasserleiter, blaue Symbole = Messstellen unterer Hauptgrundwasserleiter)

¹ Mündliche Mitteilung, Herr Thomas Gudera, LfUBW, Abt. 4, Ref. 4.2, 2016.

Mit Blick auf die beiden Grundwasserleiterabschnitte kann die Modellanpassung für den oberen Grundwasserleiter (rote Symbole in Abb. 10) mit einer mittleren Abweichung von etwa 0,65 m und einem Modellfehler von ca. 5,8 % als akzeptabel bezeichnet werden. Im unteren Hauptgrundwasserleiter beträgt die mittlere Abweichung (blaue Symbole in Abb. 10) etwa 0,5 m und der Modellfehler ca. 4,4 %. Insgesamt konnte damit das Ergebnis der Kalibration von 2016 etwas verbessert werden.

Die räumliche Verteilung der einfachen Potenzialdifferenzen ist in Abb. 11 und Abb. 12 dargestellt. Zeigen die dargestellten Differenzen positive bzw. negative Werte, so hat das Modell den Grundwasserstand an der jeweiligen Position über- bzw. unterschätzt. In der Verteilung liegt keine eindeutige Tendenz für durchgehend zu hohe oder niedrige Druckspiegelhöhen. Die Anordnung ist willkürlich, sodass keine systematischen Fehlerschwerpunkte innerhalb des Modells vorliegen.

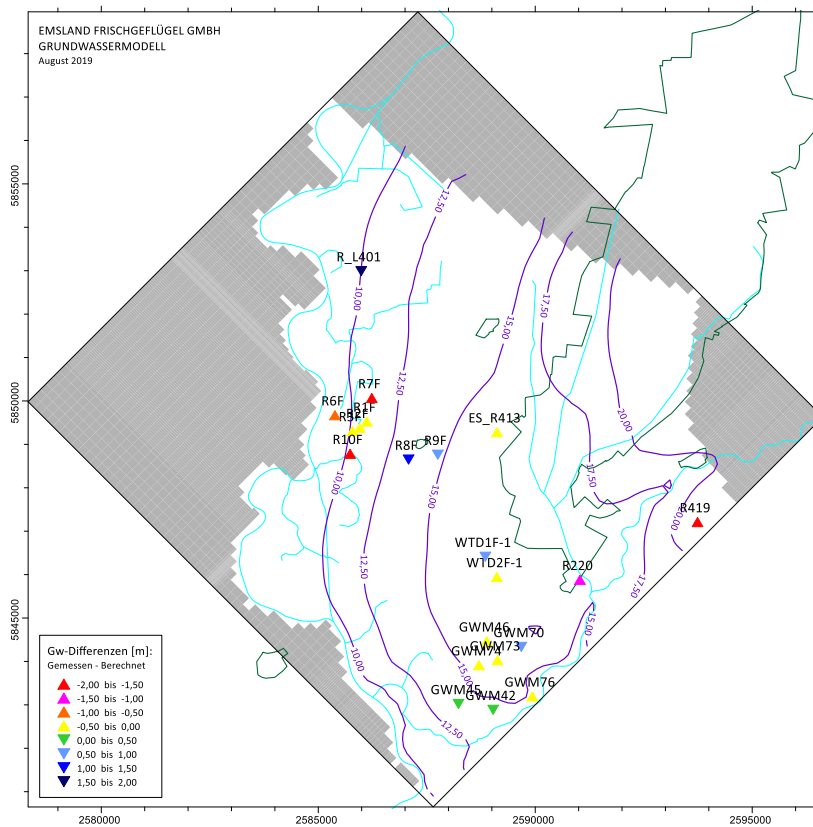


Abb. 11: Räumliche Darstellung der Potenzialdifferenzen Layer 1 (Oberer Grundwasserleiter)

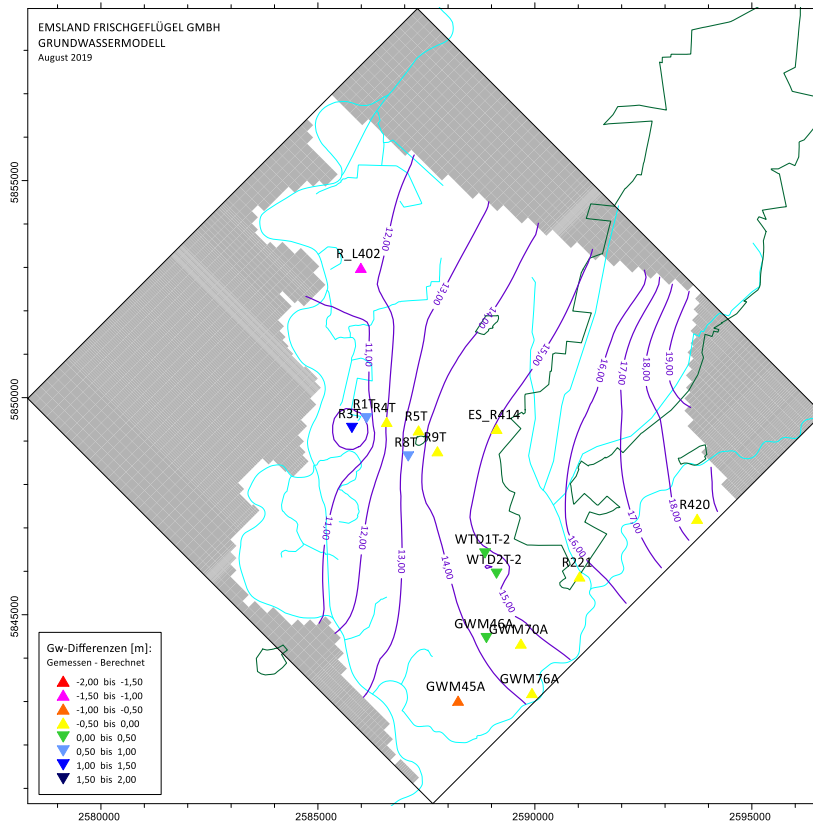


Abb. 12: Räumliche Darstellung der Potenzialdifferenzen Layer 3 (Unterer Hauptgrundwasserleiter)

4.2 Bilanzierung des Grundwasserhaushaltes

Ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der Modellergebnisse aus der Kalibration ist die Grundwasserbilanz für das Modellgebiet. Abb. 13 zeigt in grafischer Darstellung die einzelnen Zu- und Abflüsse im Modellgebiet für den Kalibrationszustand.

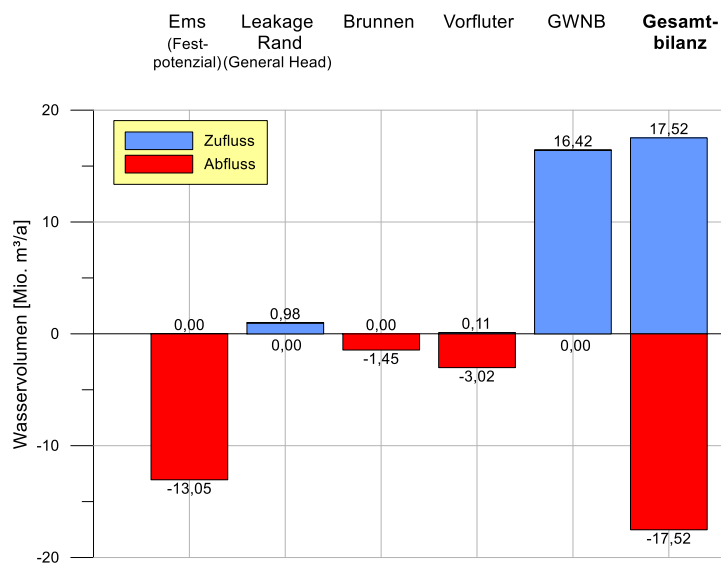


Abb. 13: Grundwasserbilanz für den Kalibrationszustand

Der wesentliche Zufluss im Modellgebiet erfolgt über die Grundwasserneubildung infolge Niederschlags, während der Abfluss und damit die Druckentlastung über die Vorfluter, hier insbesondere die Ems, erfolgt. Die Förderbrunnen stellen ebenfalls einen distributären Anteil in der Grundwasserbilanz dar. Die Aufsummierung der Komponenten weist keinen numerischen Bilanzfehler auf.

Eine Kontrolle der Bilanzterme für die Oberflächengewässer über die an Pegeln gemessenen Abflusswerte ist nicht möglich. Die Gewässer Ems und Nordradde begrenzen das Modellgebiet, somit wird nicht das gesamte Einzugsgebiet seitens des Modells berücksichtigt. Zudem werden im Untersuchungsgebiet an der Ems lediglich am Pegel Versen und an der Nordradde am Pegel Apeldorn Abflussdaten erhoben. An den weiteren kleinen Oberflächengewässern innerhalb des Modellgebiets werden keine Abflussdaten erhoben.

Der Basisabfluss am Pegel Versen beträgt im Zeitraum 2001 bis 2015 rd. 44,7 m³/s (vgl. Abb. 1). Das vom NLWKN Norden herausgegebene Deutsche Gewässerkundliche Jahrbuch 2015 für das Weser-Emsgebiet bestätigt den Wert auch für die längerfristige Zeitreihe 1942 bis 2015. Demnach beträgt der mittlere monatliche Niedrigwasserabfluss (Basisabfluss) rd. 43,0 m³/s. Bezogen auf das gesamte oberirdische Einzugsgebiet von 8369 km² beträgt der spezifische Basisabfluss somit rd. 5,0 l/(s·km²). Bezieht man den aus der Grundwasserbilanz modellberechneten Abfluss der Ems auf die Fläche des Modellgebiets, so ergibt sich überschlägig eine mittlere Abflussspende von etwa rd. 4,0 l/(s·km²). Dieser Wert steht größenordnungsmäßig im Einklang mit der Angabe aus dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch bzw. den Messdaten des WSA Meppen.

Am Pegel Apeldorn beträgt der mittlere monatliche Niedrigwasserabfluss für die Zeitreihe 1977 bis 2015 gemäß dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch rd. 0,8 m³/s. Bei einem oberirdischen Einzugsgebiet von 127 km² beträgt der spezifische Basisabfluss demnach rd. 6 l/(s·km²). Aus dem Modell lässt sich bezogen auf das Teileinzugsgebiet der Nordradde innerhalb des Modellgebiets eine spezifische Abflussspende von rd. 4,5 l/(s·km²) ableiten.

Der Zustrom über den östlichen Leakage-Rand (General Head) wird vom Modell mit 0,98 Mio. m³/a berechnet. Eine Plausibilitätskontrolle kann mittels einer überschlägigen analytischen Berechnung über den Ansatz nach Darcy und der Kontinuitätsbedingung erfolgen. Danach berechnet sich der Durchfluss **Q** über einen definierten Fließquerschnitt zu

$$Q = v_f \cdot A = k_f \cdot i \cdot A = k_f \cdot i \cdot B \cdot m,$$

wobei **A** durchströmter Querschnitt, **v_f** Filtergeschwindigkeit, **i** hydraulischer Gradient, **B** Querschnitts- bzw. Fließbreite und **m** Gesamtmächtigkeit bedeuten. Unter Ansatz eines mittleren **k_f**-Werts von 1,0E-04 m/s, einem mittleren hydraulischen Gradienten **i**, der sich aus der Höhendifferenz zwischen Leakage-Rand und Druckaufbauggebiet von etwa 10 m bei einer Entfernung von ca. 10.000 m ergibt, und den weiteren Parametern Fließquerschnitt (Länge des Leakage-Randes) von etwa 5.000 m sowie einer Gesamtmächtigkeit von etwa 60 m ergibt sich der Durchfluss bzw. Randzustrom zu rd. 1,0 Mio. m³/a. Die Wahl der Randbedingung kann somit als plausibel bewertet werden.

4.3 Modelltest

4.3.1 Stichtagsmessung Mai 2006

Die Modellvalidierung soll die Prognosefähigkeit des Modells nachweisen. Dabei ist nach Geofakten 8 (Neuß & Dörhöfer 2009) eine weitere Modellrechnung auf Basis eines unabhängigen Datensatzes durchzuführen. Die im Zuge der Kalibration verwendeten Randbedingungen und in das Modell implementierten Parameter sollen während der Validierung vorbehaltlich entsprechend guter Ergebnisse beibehalten werden. Ein wünschenswerter unabhängiger Datensatz wäre z. B. vor Aufnahme der Grundwasserförderung. Da aus dieser Zeit keine Daten zur Verfügung stehen, wird an dieser Stelle auf die Entnahmekonstellation der Emsland Frischgeflügel GmbH vom Mai 2006 zurückgegriffen. Die Grundwasserentnahme betrug in diesem Monat rd. 30.000 m³ bzw. hochgerechnet 0,358 Mio. m³/a und lag damit deutlich niedriger als zum Zeitpunkt der Kalibration.

Für die Modellvalidierung standen vergleichsweise weniger Messwerte zur Verfügung, da die GWM R6f/t bis R10f/t erst ab 2010 in Betrieb genommen wurden. Die Qualität des Modellergebnisses ist vergleichbar mit der Kalibration, daher wird an dieser Stelle lediglich das Streudiagramm dargestellt (Abb. 14). Die mittlere absolute Abweichung zwischen den berechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen an den zur Verfügung stehenden GWM beträgt etwa 0,45 m und der Modellfehler ca. 4,6 %. Somit ist das Ergebnis des Modelltests vergleichbar mit der Kalibration. Bezogen auf den oberflächennahen Grundwasserleiter ist die mittlere Abweichung mit etwa 0,65 m (Modellfehler ca. 6,5 %) im Vergleich zur Kalibration etwas größer und im Hauptgrundwasserleiter mit etwa 0,28 m (Modellfehler ca. 3,5 %) etwas kleiner.

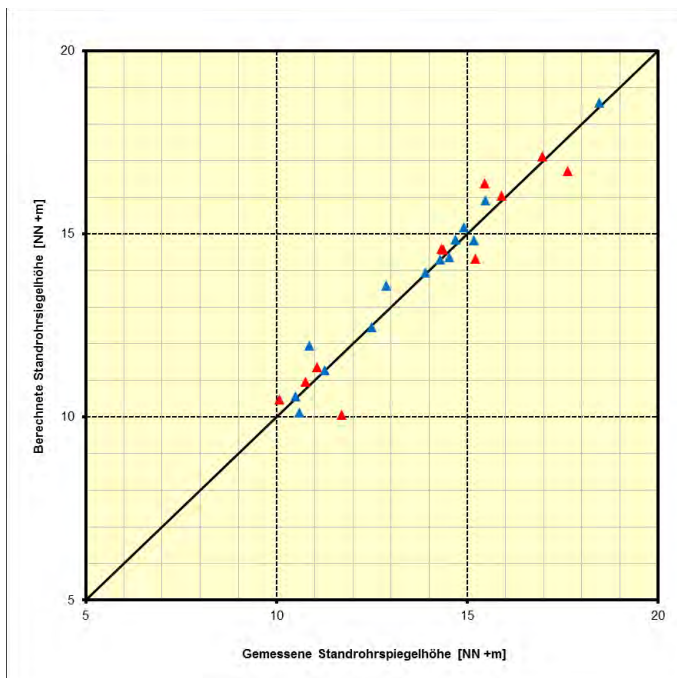


Abb. 14: Streudiagramm für die Validierung

GWM L401 zeigt wiederum eine größere Abweichung von etwa 1,80 m. Im unteren Hauptgrundwasserleiter beträgt die mittlere Abweichung dagegen nur etwa 0,28 m, was bezogen auf das hydraulische Gefälle einen Modellfehler von ca. 3,5 % ergibt.

Insgesamt können die Ergebnisse aus der Kalibration und dem Modelltest unter Berücksichtigung der Datenlage als akzeptabel bis gut eingestuft werden. Mit Blick auf die Modellgenauigkeit bzw. Modellsicherheit muss gesagt werden, dass die im Rahmen der Modellprognosen durchgeführten und beschriebenen Modellrechnungen dem gleichen mittleren absoluten bzw. relativen Modellfehler unterliegen. Bei der Ermittlung der Grundwasserdifferenzen hebt sich der Fehler jedoch auf, da er bei den zu vergleichenden Modellrechnungen in gleicher Weise zugrunde liegt.

4.3.2 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse ist ein Verfahren zur Beurteilung der Reaktion des Modells auf Änderungen an Parametern, die im Zuge von natürlichen Schwankungen einer gewissen Variabilität unterliegen. In diesem Zusammenhang werden abschnittsweise Eingabegrößen des ursprünglichen kalibrierten Modells innerhalb zu erwartenden Bandbreiten variiert und die mit den Veränderungen generierten Modellergebnisse ausgewertet. Zur Quantifizierung des Modellfehlers diente erneut der Quotient aus der mittleren Differenz berechneter und gemessener Grundwasserstände einerseits und abgebildeten hydraulischen Gefälle im Modell andererseits.

Hydraulische Durchlässigkeit der Trennschicht

Angaben zur hydraulischen Durchlässigkeit der gering durchlässigen Zwischenschicht existieren nicht und können daher nur indirekt anhand von Bohransprachen bzw. Schichtenverzeichnissen abgeschätzt werden. Diese weisen in den einzelnen Bohrungen jedoch immer unterschiedliche Materialansprachen auf, sodass der effektive horizontale k_f -Wert aufgrund dieser unterschiedlichen Lithologien jeweils um den Faktor 10 erhöht bzw. verringert wurde.

Die Ergebnisse sind für beide Szenarien relativ ähnlich, wobei sich der Modellfehler mit rd. 5,1 % bzw. 5,2 % gegenüber dem Kalibrationsergebnis (4,6 %) etwas verschlechtert. Die mittleren Abweichungen zwischen den gemessenen und den berechneten Standrohrspiegelhöhen nehmen für den oberflächennahen Grundwasserleiter ebenfalls zu und betragen etwa 0,8 m, während sie für unteren Hauptgrundwasserleiter mit etwa 0,5 m gleich bleiben.

Anisotropie

Der Anisotropiefaktor wird in der Regel aufgrund mangelnder Kenntnislage mit einem Standardwert von 10 angesetzt. Im Zuge der Sensitivitätsanalyse wurde er in weiteren Modellläufen jeweils halbiert und verdoppelt, d.h. es wurden die vertikalen hydraulischen Durchlässigkeiten in allen Modellschichten bezogen auf den Kalibrationszustand halbiert und in einer zweiten Berechnung verdoppelt. Grundsätzlich werden im Vergleich zum Kalibrationsergebnis (4,6 %) vom Modell für beide Szenarien etwas größere Modellfehler (rd. 5,5 % bzw. 6,1 %) berechnet.

Die Fehlerabweichung macht sich dabei deutlicher im oberflächennahen Grundwasserleiter bemerkbar. Mit einer geringeren Anisotropie werden vom Modell für den oberen Grundwasserleiter mit etwa 0,9 m größere mittlere Abweichungen und für den unteren Grundwasserleiter mit etwa 0,55 m gleich große berechnet. Der Modellfehler erhöht sich dadurch auf rd. 7,8 % (oberer Grundwasserleiter) bzw. rd. 4,6 % (unterer Hauptgrundwasserleiter).

Die Erhöhung des Anisotropiefaktors hat im oberen Grundwasserleiter eine größere mittlere Abweichung (etwa 1,0 m) und demnach eine Erhöhung des Modellfehlers auf rd. 8,7 % zur Folge, während im unteren Hauptgrundwasserleiter die mittlere Abweichung etwa 0,55 m und der Modellfehler rd. 4,9 % beträgt. Die Variation der vertikalen Durchlässigkeiten verursacht einen Effekt auf das Modellergebnis, der jedoch letztendlich als akzeptabel eingestuft werden kann.

Vorfluter-Leakage

Schließlich wurde der Einfluss der Durchlässigkeiten der Kolmationsschicht der Oberflächengewässer auf das Modellergebnis untersucht. Die im Rahmen der Kalibration ermittelten Leakage-Faktoren der Oberflächengewässer wurden an den gesetzten Knotenpunkten um den Faktor 10 erhöht bzw. verringert. Eine Veränderung an der Durchlässigkeit der Flussbettsohle bedeutet eine bessere bzw. schlechtere hydraulische Anbindung der Oberflächengewässer an den Grundwasserleiter.

Im Ergebnis zeigt sich, dass eine verringerte Anbindung der Oberflächengewässer zu einer deutlich schlechteren Anpassung zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen führt. Die mittlere Abweichung wird vom Modell mit etwa 1,25 m berechnet, der Modellfehler beträgt damit rd. 9,5 %. Dabei werden vom Modell an nahezu allen Messstellen Wasserstände über den Messwerten berechnet. Das Wasser kann demnach infolge des geringen Widerstandsbeiwertes bzw. Leakage-Faktors nicht in ausreichendem Maße abgeführt werden.

Im Fall einer stärkeren Anbindung der Oberflächengewässer an das Grundwasser wird vom Modell gegenüber der Kalibration eine nur etwas schlechtere Anpassung berechnet. Die gesamte mittlere Abweichung beträgt etwa 0,7 m, womit der Modellfehler rd. 5,5 % beträgt.

5 MODELLANWENDUNGEN - PROGNOSEBERECHNUNGEN

5.1 Entnahmebedingte Grundwasserabsenkung

Im Rahmen weiterer Modellanwendungen wurden mithilfe des kalibrierten und validierten Modells Prognoserechnungen zur Ermittlung der Grundwasserströmung, der entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen für das oberflächennahe Grundwasser sowie der Einzugsgebiete der Förderbrunnen für die Emsland Frischgeflügel GmbH durchgeführt. Da hier mit Bezug auf die wasserrechtlichen zu genehmigenden Zeiträume langfristige Aussagen von Interesse sind, wurden die Modellrechnungen jeweils stationär und auf Basis mittlerer Strömungsverhältnisse durchgeführt.

Für die Modellberechnungen der **Prognose-Zustände** Szenarien 1–3 wird eine gleichverteilte Gesamtförderrate für die Entnahmebrunnen 1, 2 und 3 zugrunde gelegt. Mit Blick auf die tatsächliche betriebliche Nutzung aller drei Brunnen in der Zeit 2009 bis 2014 (vgl. Abb. 4) ist dieser Ansatz gerechtfertigt. Es werden die Auswirkungen auf den oberflächennahen Grundwasserleiter für drei unterschiedliche Prognose-Zustände untersucht. Die Gesamtförderrate beträgt im ersten Szenarium 1,5 Mio. m³/a, im zweiten Szenarium 1,4 Mio. m³/s und im dritten Szenarium 1,3 Mio. m³/s.

Zur Ermittlung der grundwasserhydraulischen Auswirkungen der Grundwasserentnahme (Grundwasserdifferenz bzw. Grundwasserabsenkung infolge einer geplanten Entnahmesteigerung) wird sowohl der Ist-Zustand als auch der theoretische Null-Zustand als Bezug- bzw. Vergleichszustand herangezogen. Als **Ist-Zustand** wird in diesem Fall das Strömungs- bzw. Förderregime im Mai 2014 angesehen. Zum einen stellt die Grundwasserströmung zu diesem Zeitpunkt mittlere Verhältnisse dar. Zum anderen beträgt die Gesamtentnahme zu diesem Zeitpunkt mit rd. 1,095 Mio. m³/a sowohl der mittleren Grundwasserentnahme seit 2010 als auch nahezu der aktuell genehmigten Förderrate. Der Grundwassergleichenplan ist für den oberflächennahen und unteren Hauptgrundwasserleiter in Anlage 5.1 bzw. 5.2 dargestellt.

Der theoretische **Null-Zustand** stellt dagegen die hypothetische Grundwassersituation ohne Förderung aus den Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH dar. Die für den oberflächennahen Grundwasserleiter berechneten Grundwasserstandsdifferenzen für das Szenarium Null-Zustand vs. Prognose-Zustand beziehen sich somit jeweils auf die maximale Förderdifferenz und fallen daher im Vergleich zum Ist-Zustand entsprechend größer aus.

Zur Definition der Reichweite der entnahmebedingten Grundwasserabsenkung wird in der Regel die 0,25-m-Isolinie herangezogen, da geringere Absenkungsbeträge in der Örtlichkeit aufgrund natürlicher Grundwasserspiegelschwankungen nicht sicher differenziert werden können. Der Absenkungsbereich bezogen auf den Ist-Zustand kann nach Geofakten 1 (Josopait et al. 2009) als relevanter Suchraum für die naturschutzfachliche Beurteilung der umweltrelevanten Auswirkungen angesehen werden. Für die land- und forstwirtschaftliche Beurteilung ist als Referenz der Null-Zustand heranzuziehen. Dargestellt sind die Grundwasserdifferenzen im oberen Grundwasserleiter. Im Fall der Grundwasserdifferenzen bezogen auf den Ist-Zustand werden aufgrund der geringeren Förderunterschiede Absenkungen kleiner als 0,25 m berechnet. Daher sind in den Kartendarstellungen für diese Szenarien auch Isolinien mit geringeren Differenzen (5 cm oder 10 cm) dargestellt.

Die vom Modell berechneten Grundwasserdifferenzen für die Szenarien ($Q_{\max} = 1,5$ Mio. m³/a, $Q_{\max} = 1,4$ Mio. m³/a und $Q_{\max} = 1,3$ Mio. m³/a) jeweils bezogen auf den Ist- und den Null-Zustand sind in den Anlagen 6.1 bis 6.3 dargestellt. Wie zu erwarten, nimmt grundsätzlich die Reichweite der Grundwasserabsenkung mit Reduzierung der maximalen Förderrate ab.

Mit Blick auf die **zusätzlichen grundwasserhydraulischen Auswirkungen** der Grundwasserentnahme ist **bezogen auf den Ist-Zustand** in allen drei Szenarien zu erkennen, dass das in einer östlichen Entfernung von etwa 3.500 m gelegene FFH-Gebiet „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ von einer Grundwasserabsenkung nicht betroffen ist. Das östlich der Brunnen in einer Entfernung von etwa 1.400 m gelegene NSG „Flütenberg“ ist dagegen von einer geringfügigen Grundwasserabsenkung (etwa 0,1 m bis 0,15 m) allerdings erst ab einer Förderdifferenz größer als 0,3 Mio. m³/a, d.h. $Q_{\max} \geq 1,4$ Mio. m³/a betroffen.

Mit Blick auf die **maximalen grundwasserhydraulischen Auswirkungen** der Grundwasserentnahme ist **bezogen auf den theoretischen Null-Zustand** festzustellen, dass beide vorgenannten FFH-Gebiete von einer Entnahmesteigerung aller Szenarien betroffen sind. Im Bereich des NSG „Flütenberg“ beträgt die Grundwasserabsenkung um 0,5 m. Das FFH-Gebiet „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ ist im südwestlichen Bereich betroffen. Gemäß den Modellergebnissen reicht die entnahmebedingte Reichweite der Grundwasserabsenkung für das erste Szenarium ($Q_{\max} = 1,5$ Mio. m³/a) bis maximal etwa

1.000 m in das FFH-Gebiet hinein. Für das zweite Szenarium ($Q_{\max} = 1,4 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$) reduziert sich der Wert auf maximal etwa 680 m. Für das dritte Szenarium mit einer maximalen Gesamtförderrate ($Q_{\max} = 1,3 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$) kommt die berechnete Reichweite der Grundwasserabsenkung bis etwa 280 m innerhalb des FFH-Gebiets zu liegen.

Zur Vermeidung einer grundwasserhydraulischen Betroffenheit des bedeutenden FFH-Gebiets „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ wurde im Rahmen einer Optimierung die maximal zulässige Grundwasserentnahme der Brunnen Emsland Frischgeflügel GmbH ermittelt (Szenarium bzw. Prognose4). Dabei wurde eine ungleich verteilte Gesamtförderrate berücksichtigt, wie sie entsprechend der Förderverteilung der letzten sieben Jahre (vgl. Abb. 4) zu erkennen ist. Die differenzierte brunnenbezogene Förderung ist aufgrund der Beschaffenheit der Rohwässer erforderlich, die nur eine reduzierte Entnahme aus Brunnen 3 zulässt. Die Auswertung zeigt, dass die Hauptlast an der Jahresgesamtförderung von Brunnen 1 und 2 mit etwa 45 % bzw. 42 % getragen wird, während Brunnen 3 lediglich rd. 13 % zur Gesamtentnahme beiträgt. Unter dieser Randbedingung wurde eine Gesamtentnahmerate von 1,23 Mio. m^3/a ermittelt, die sich wie folgt verteilt:

$$Q_{\max, \text{Brunnen 1}} = 550.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$Q_{\max, \text{Brunnen 2}} = 520.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$Q_{\max, \text{Brunnen 3}} = 160.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

Mit Blick auf Anlage 6.4 ist zu erkennen, dass die modellberechnete entnahmebedingte Reichweite der Grundwasserabsenkung das FFH-Gebiet „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ nicht betrifft.

Aufgrund der Förderung im Hauptgrundwasserleiter fallen dort die berechneten Grundwasserdifferenzen größer aus. Anlage 6.5 zeigt exemplarisch die Grundwasserdifferenzen im Hauptgrundwasserleiter (GWL 2) für das Szenarium einer Entnahme von 1,23 Mio. m^3/a .

5.2 Grundwasserflurabstand

Für die relevanten Systemzustände (Ist-, Prognose- und Null-Zustand) wurden jeweils die Grundwasserflurabstände berechnet. Die in Anlage 7.1 bis 7.3 dargestellten Ergebnisse erfolgten in Differenzbetrachtung der Modell- bzw. Geländeoberkante und der berechneten Grundwassergleichenpläne. Für den Prognose-Zustand wurde dabei mit Blick auf die zu erwartenden Auswirkungen aufgrund der geplanten Antragsmenge das Szenarium der optimalen Grundwasserentnahme (1,23 Mio. m^3/a) zur Darstellung der größten Flurabstände gewählt.

Insgesamt zeigen sich relativ geringe Flurabstände von bis zu 3 m entlang der Ems sowie im Bereich des FFH-Gebiets „Tinner Dose, Sprakeler Heide“. Im zentralen Modellgebiet liegen überwiegend Flurabstände größer 5 m bis zu etwa 20 m vor.

Im Aussagegebiet betragen die Flurabstände westlich der Brunnenreihe überwiegend weniger als 3 m. Im Bereich der Förderbrunnen sowie in dessen Anstrom betragen die Flurabstände im Ist-Zustand mehr als 5 m. Für den Prognose-Zustand mit der maximalen Grundwasserentnahme (vgl. Anlage 6.1) führen die berechneten zusätzlichen Grundwasserdifferenzen zu keiner signifikanten Änderung des Flurabstandes. In Brunnennähe sowie im Anstrom betragen die Flurabstände überwiegend größer 5 m.

5.3 Auswirkungen auf oberirdische Fließgewässer

Die in Abb. 15 dargestellte modellberechnete Wasserbilanz für optimierten Prognose-Zustand (Szenarium 4) zeigt nur geringfügige Unterschiede zum kalibrierten Modellzustand (vgl. Abb. 13). Im Vergleich zum Ist-Zustand wird die geringfügige Mehrentnahme über die Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH im Wesentlichen durch die Ems und geringfügig über die weiteren oberirdischen Fließgewässer kompensiert.

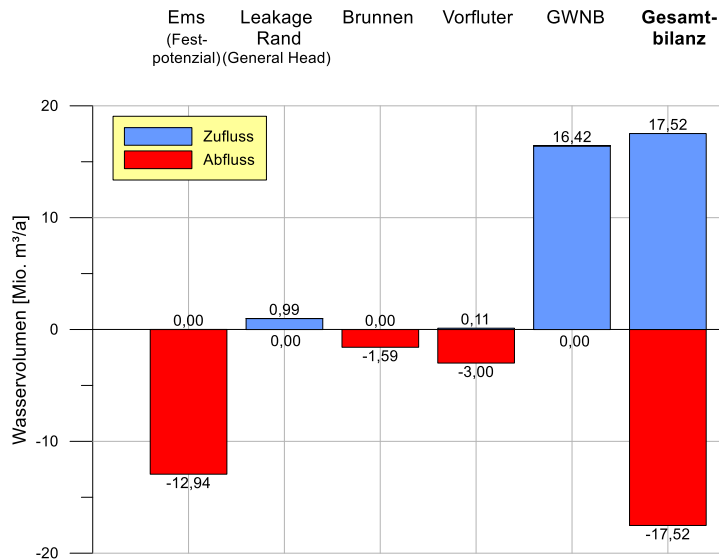


Abb. 15: Grundwasserbilanz für das Szenarium 4

Der detaillierte Blick auf die Gräfte und Emmeler Bach zeigt, dass der Oberlauf der Gräfte bis etwa zur Mündung des Westlichen Schießplatzrandgrabens influente und der Unterlauf bis zur Mündung in die Nordradde effluente Gewässerabschnitte aufweist. Der Emmeler Bach weist dagegen gänzlich effluente Abflussbedingungen auf. Für beide Gewässer werden vom Modell nur geringfügige Abflussreduzierungen berechnet. Im Vergleich zum Ist-Zustand weist die Wasserbilanz der Prognose 4 für die Gräfte eine Minderung des grundwasserbürtigen Abflusses von rd. 183.300 m³/a (5,8 l/s) auf 181.000 m³/a (5,7l/s) aus. Für den Verlauf des Emmeler Bachs reduziert sich der grundwasserbürtige Abfluss von rd. 65.200 m³/a (2,1 l/s) auf 64.000 m³/a (2,0 l/s).

Die folgenden Abbildungen (Abb. 16, Abb. 17) zeigen den berechneten kumulativen grundwasserbürtigen Abfluss in beiden Gewässern. Zum Vergleich sind neben dem Ist-Zustand auch die Ergebnisse für den theoretischen Null-Zustand und den Prognose-Zustand dargestellt. Es ist zu beachten, dass es sich dabei um die berechneten Austauschraten aus dem Grundwasser in die jeweiligen Gewässerabschnitte handelt. Die tatsächlichen (mittleren) Abflüsse in den Gewässern sind nicht bekannt. Auch hier ist jedoch insgesamt zu erkennen, dass rechnerisch die zukünftige Abflussminderung (Ist-Zustand vs. Prognose4-Zustand) relativ gering ist. Die Differenz beträgt unter 1 l/s und ist in ihrer Größenordnung messtechnisch im Gelände kaum nachweisbar.

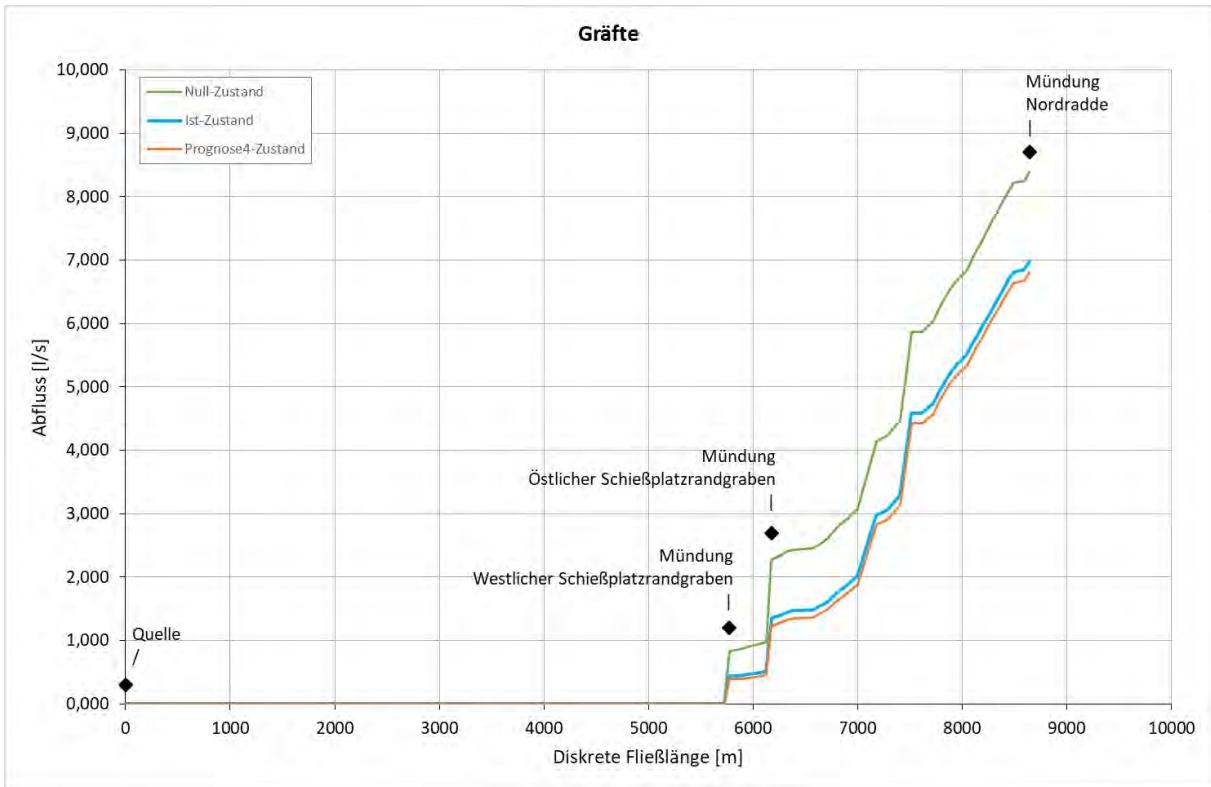


Abb. 16: Grundwasserbürtiger Abfluss der Gräfte

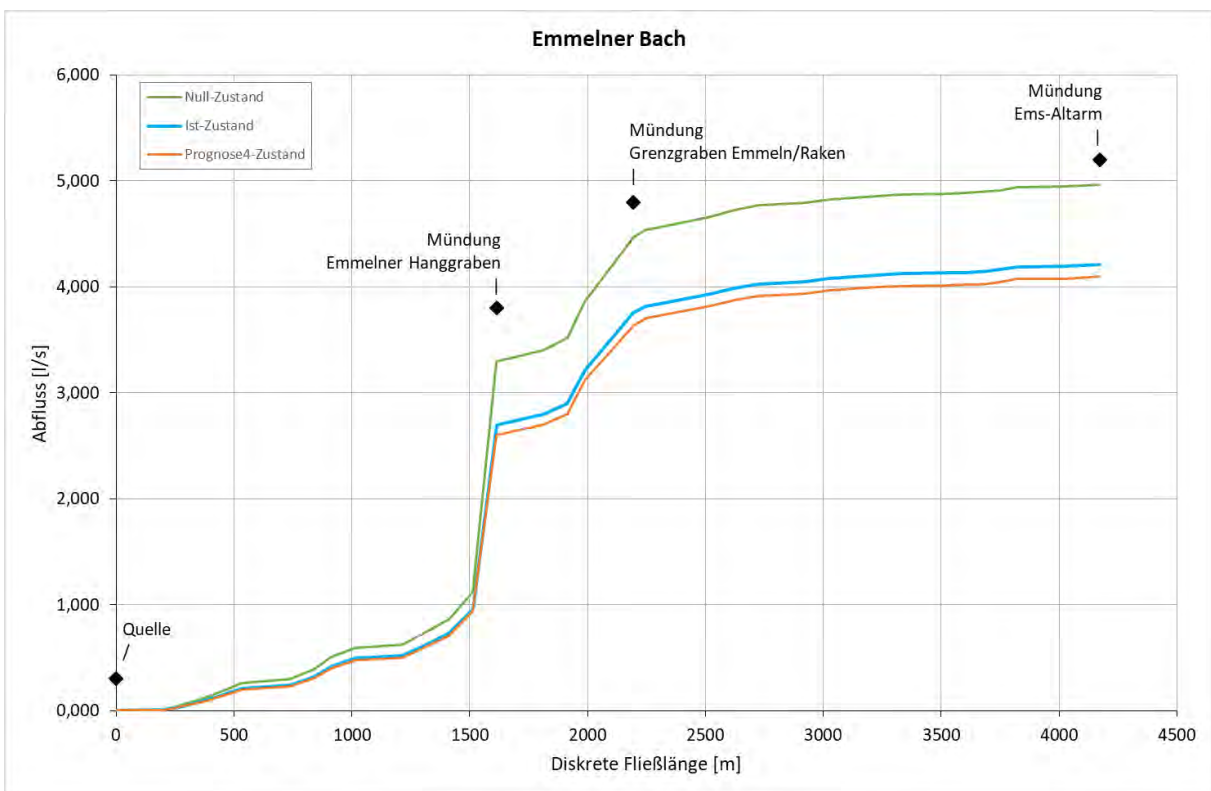


Abb. 17: Grundwasserbürtiger Abfluss des Emmelter Bachs

5.4 Grundwassereinzugsgebiet

Zur Bestimmung des potenziellen **Einzugsgebietes** der Förderbrunnen wurden für den Prognose-Zustand mit einer maximalen Förderrate in Höhe von 1,23 Mio. m³/a Bahnlinienberechnungen mit PMPATH durchgeführt. Die Förderbrunnen der WTD 91 wurden dabei ebenfalls mit ihrer maximal genehmigten Förderrate von 0,4 Mio. m³/a berücksichtigt.

Bahnlinien beschreiben die Fließwege von Wasserpartikeln bzw. gelösten Teilchen im Grundwasser und stellen in ihrer Gesamtheit das unterirdische Grundwassereinzugsgebiet dar. Die Berechnung der Bahnlinien erfolgte dabei ausgehend von den Brunnen, d. h. entgegen dem hydraulischen Gefälle und rückwärts in der Zeit. In der Kartendarstellung sind die berechneten Bahnlinien auf die Oberfläche projiziert (Abb. 18).

Die Umhüllende für die Brunnen der Emsland Frischgeflügel GmbH bezeichnet das Brunneneinzugsgebiet mit einer Fläche von rd. 10 km². Nach mGROWA beträgt die flächengewichtete Grundwasserneubildungsrate etwa 174 mm/a, so dass jährlich insgesamt etwa 1,74 Mio. m³ Grundwasser neu gebildet werden.

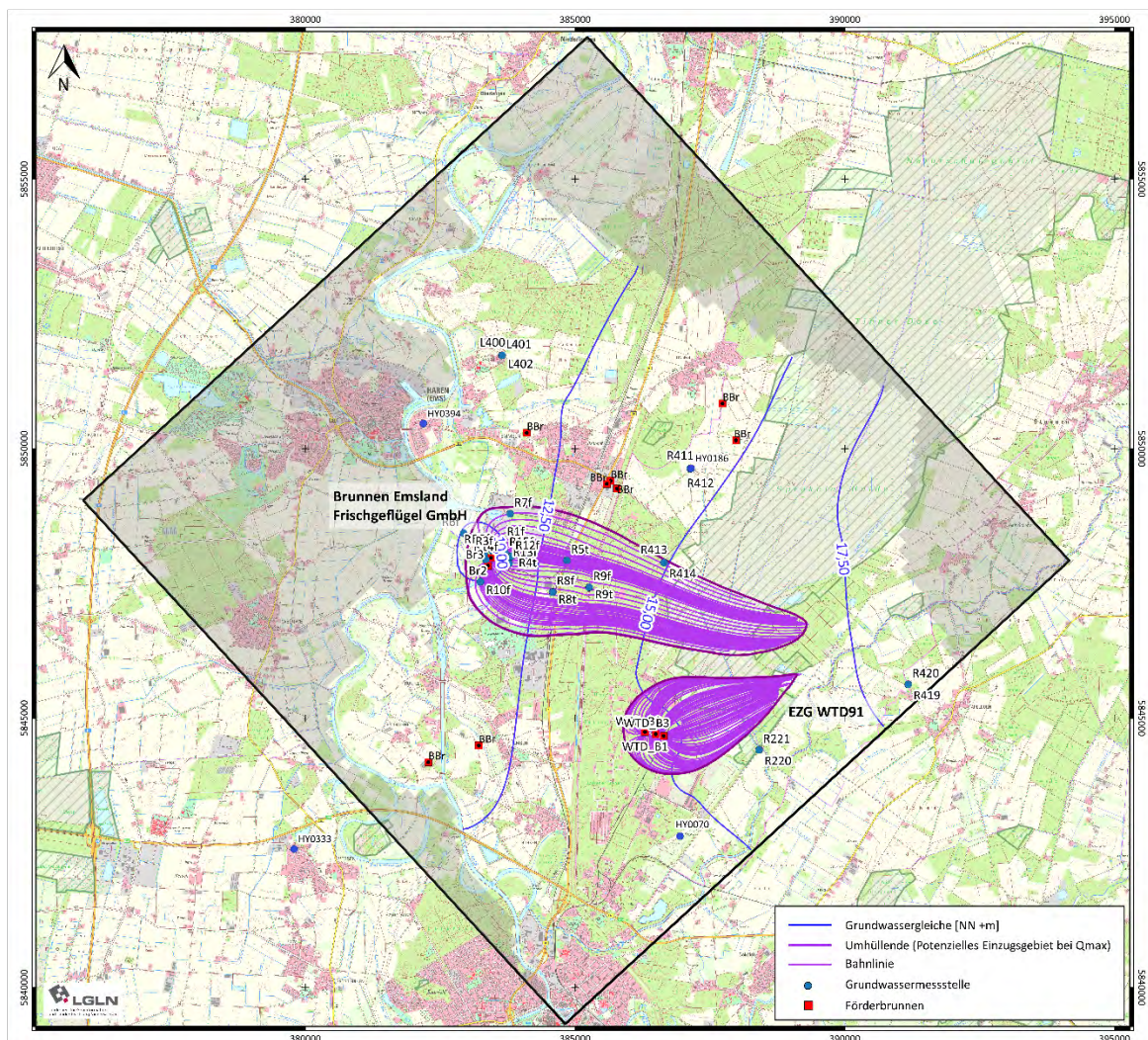


Abb. 18: Potenzielle Einzugsgebiete der Förderbrunnen Emsland Frischgeflügel GmbH und WTD 91 bei Ausschöpfung maximal beantragter bzw. genehmigter Grundwasserentnahmen

6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Emsland Frischgeflügel GmbH betreibt auf ihrem Grundstück in Haren drei Förderbrunnen zur Grundwasserentnahme. Das geförderte Wasser wird im Betrieb zur Produktion verwendet. Die aktuell erlaubte Förderung beträgt 1,1 Mio. m³/a und soll zukünftig gesteigert werden. Für das Gewinnungsgebiet der Förderbrunnen existiert ein numerisches dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell aus dem Jahr 2007, das zur Planung und Bestimmung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den Grundwasserhaushalt erstellt wurde. Für die jetzt anstehende Erweiterung der wasserrechtlichen Erlaubnis wurde das Grundwassermodell 2016 und 2019 aktualisiert und auf Basis neuer Kenntnisse kalibriert und validiert.

Mithilfe des kalibrierten und validierten Modells wurden die Auswirkungen einer geplanten Grundwasserentnahme in Höhe von 1,5 Mio. m³/a, 1,4 Mio. m³ sowie 1,3 Mio. m³/a auf den Grundwasserhaushalt prognostiziert und bilanziert. Für die Szenarien Ist-Zustand, theoretischer Null-Zustand sowie die Prognose-Zustände unter Berücksichtigung möglicher zukünftiger Maximalentnahmen wurden Grundwasserströmungsberechnungen durchgeführt. Die Auswirkungen der zukünftigen Grundwasserentnahme auf den Grundwasserhaushalt zeigen die Differenzbetrachtungen Ist-Zustand vs. Prognose-Zustand sowie Null-Zustand vs. Prognose-Zustand.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die geplante Grundwasserentnahme im Gewinnungsgebiet nachhaltig gewinnbar ist. Einer gesamten Grundwasserneubildung in Höhe von rd. 16,42 Mio. m³/a stehen Grundwasserentnahmen durch die Emsland Frischgeflügel GmbH und weiterer Grundwassernutzer in Höhe von insgesamt maximal rd. 1,86 m³/a gegenüber.

Die berechnete entnahmebedingte Reichweite der Grundwasserabsenkung zeigt im Vergleich zum Ist-Zustand, dass selbst bei einer maximalen Förderrate in Höhe von 1,5 Mio. m³/a das FFH-Gebiet „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ nicht betroffen ist. Die berechneten Grundwasserdifferenzen im Bereich des NSG „Flütenberg“ betragen maximal etwa 0,15 m. Im Fall einer maximalen Förderrate in Höhe von 1,3 Mio. m³/a liegt bezüglich der prognostizierten Grundwasserdifferenzen keine Betroffenheit vor.

Mit Bezug auf den für die Land- und Forstwirtschaft relevanten Null-Zustand beträgt die maximale Ausdehnung der berechneten Reichweite der Grundwasserabsenkung etwa 5.000 x 6.000 m ($Q_{\max} = 1,5 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$). Die Grundwasserabsenkung reicht damit jedoch bis maximal etwa 1.000 m in das FFH-Gebiet „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ hinein. Mit Reduzierung der maximalen Förderrate nimmt die Reichweite der Grundwasserabsenkung grundsätzlich ab und reicht bei einer Entnahme von 1,3 Mio. m³/a bis an die Grenze heran bzw. im Südwesten bis maximal etwa 280 m in das FFH-Gebiet hinein.

Eine Betroffenheit des FFH-Gebiets „Tinner Dose, Sprakeler Heide“ lässt sich mit Bezug auf den Null-Zustand vermeiden, wenn die maximale Grundwasserentnahme der Brunnen Emsland Frischgeflügel GmbH 1,23 Mio. m³/a nicht überschreitet. Diese Menge kann auch bei ungleicher Verteilung auf die drei Förderbrunnen entsprechend des realen Brunnenbetriebes der letzten sieben Jahre entnommen werden.

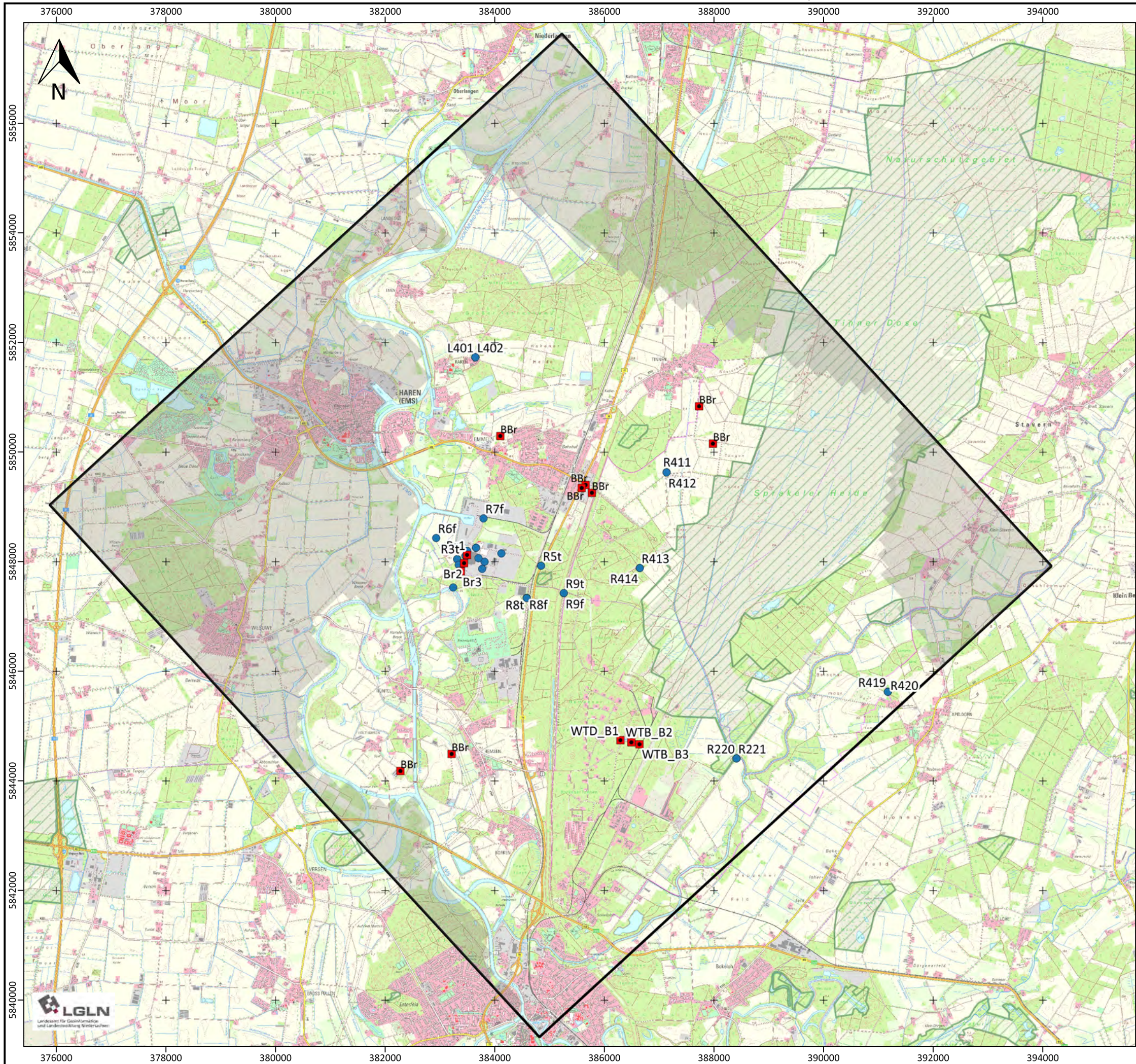
Die Bilanzierung des Wasserhaushalts für das Einzugsgebiet ergibt bei einer maximalen Förderrate von 1,23 Mio. m³/a eine komplette Speisung über die Grundwasserneubildungsrate infolge Niederschlags. Die mittlere Grundwasserneubildungsrate innerhalb des Einzugsgebiets beträgt rd. 174 mm/a bei einer berechneten Flächengröße von rd. 10 km². Die nutzbare Dargebotsreserve beträgt für den betroffenen Grundwasserkörper „Mittlere Ems Lockergestein rechts 2“ rd. 21,6 Mio. m³/a, wobei rd. 19,3 Mio. m³/a auf den Landkreis Emsland entfallen. Eine Erhöhung der beantragten Grundwasserentnahme von 1,1 Mio. m³/a auf 1,23 Mio. m³/a hätte demnach keine negativen quantitativen Auswirkungen.

7 LITERATUR/VERWENDETE UNTERLAGEN

- BUSCH, K.F., LUCKNER, L. & TIEMER, K.** (1993): Geohydraulik.- 497 S., 238 Abb., 50 Tab., 3. Auflage, Gebrüder Borntraeger; Berlin Stuttgart.
- CHIANG, W.-H. & KINZELBACH, W.** (2003): 3D-Groundwater Modeling with PMWIN.- XIV, 346 S., 150 Abb., 25 Tab., CD-ROM, Springer-Verlag; Berlin · Heidelberg.
- DOHERTY, J.** (2010): PEST - Model-Independent Parameter Estimation. User Manual: 5th Edition.- Watermark Numerical Computing Pty Ltd. Brisbane, Australia.
- DVGW** (2016): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten. Technische Regeln – Arbeitsblatt W 107 (A).- Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn.
- ELBRACHT, J., MEYER R., REUTTER E.** (2010): Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen. - GeoBerichte 3, LBEG (Hrsg.), Hannover.
- HARBAUGH, A.W.** (2005): MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model - the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, variously p., Reston VA.
- JOSOPAIT, V., RAISSI, F. & ECKL, H.** (2009): Hydrogeologische Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme.- Geofakten 1, 4. Auflage, LBEG (Hrsg.), Hannover.
- LANGGUTH, H.-R. & VOIGT, R.** (2004): HYDROGEOLOGISCHE METHODEN.- 2. AUFLAGE, XIV, 1005 S., 304 Abb., SPRINGER-VERLAG; BERLIN HEIDELBERG.
- NEUß, M. & Dörhöfer, G.** (2009): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen.- Geofakten 8, 3. Auflage, LBEG (Hrsg.), Hannover.
- POLLOCK, D.W.** (1988): Semianalytical Computation of Path Lines for Finite-Difference Models.- Groundwater (26)6: 743-750.
- REUTTER, E.** (2011): Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsens.- Geofakten 21, LBEG (Hrsg.), Hannover.
- Wasser- und Schifffahrtsamt** (2019/2023): Stamm- und Bewegungsdaten (W/Q), WSA Meppen.

--

Der Bericht gilt nur in seiner Gesamtheit.



- Legende**
- Förderbrunnen
 - Grundwassermessstelle
 - Modellgebiet
 - Inaktives Modellgebiet
 - Naturschutzgebiet

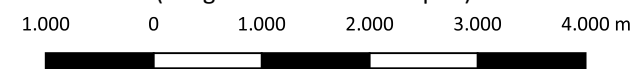
Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

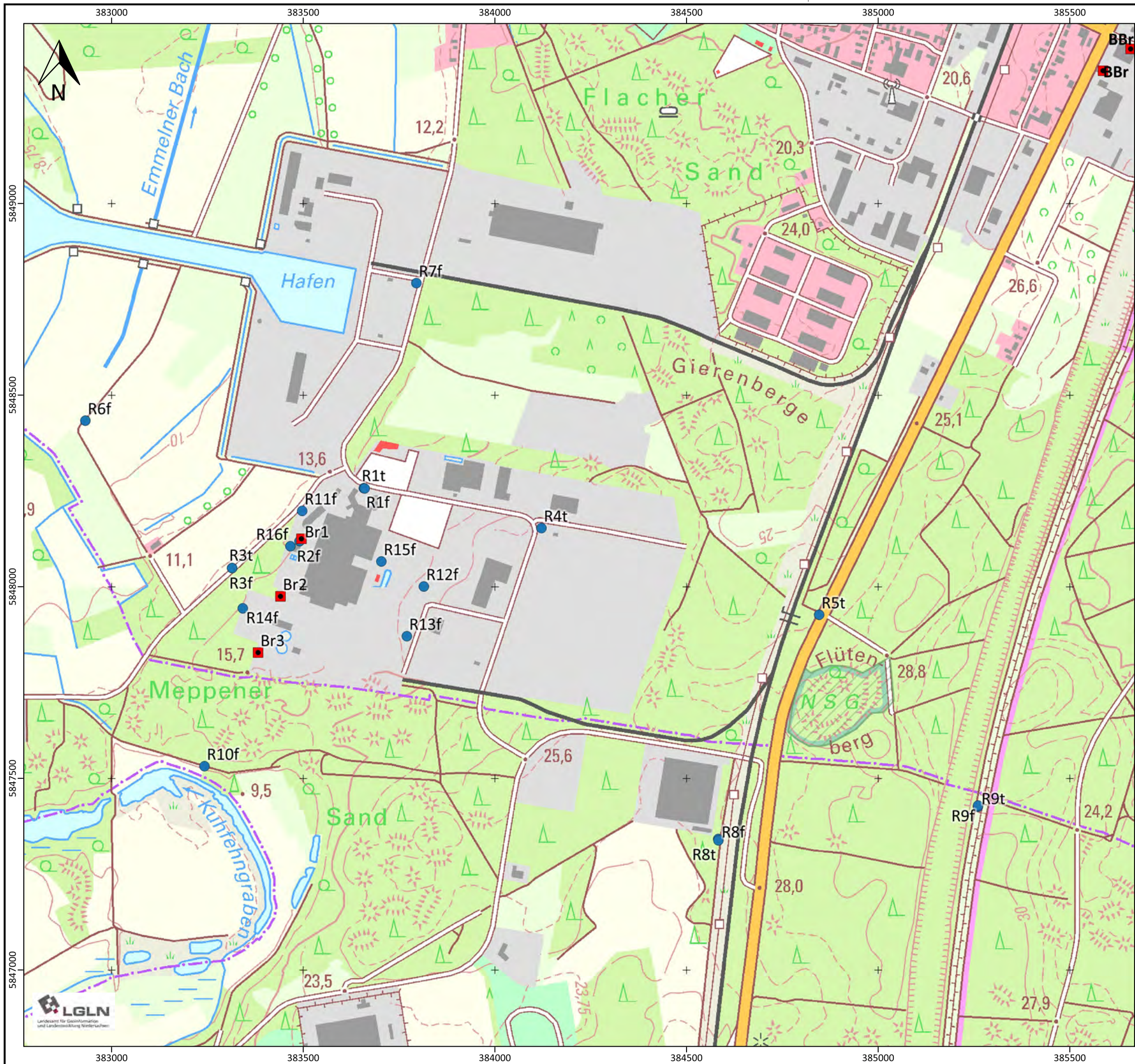
Übersichtskarte

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_EFG_Wasserrecht_20190815	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss 31542 Bad Nenndorf Hydrogeologie GbR Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de	Projekt-Nr.: 107191 Datum: 29.09.2023 Anlage: 1.1






Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3209 Haren
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)


 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

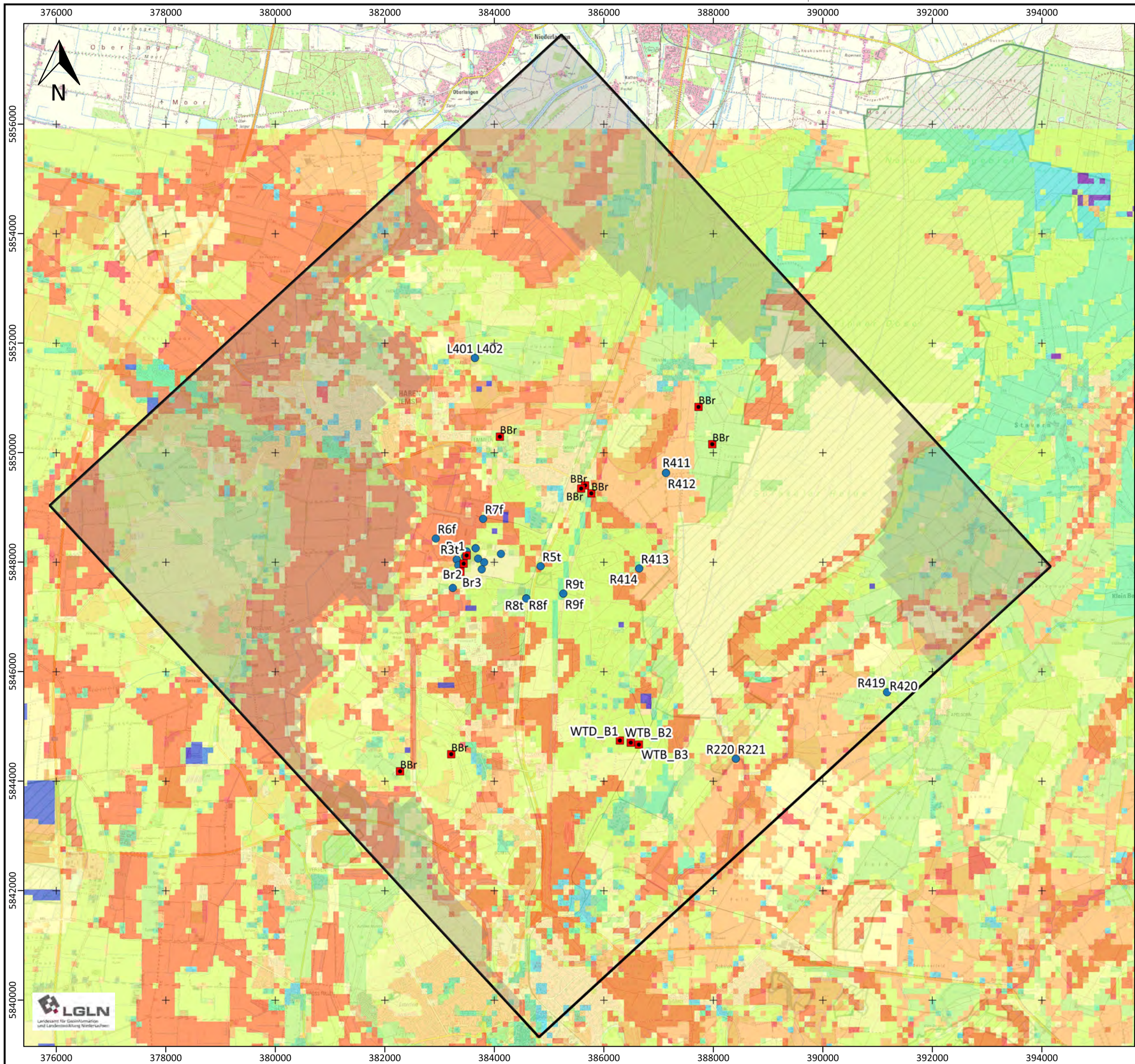
Lageplan

Maßstab 1:10.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)

200 0 200 400 600 m

EDV: 107191_EFG_Wasserrecht_20190815	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss 31542 Bad Nenndorf Hydrogeologie GbR Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de	Projekt-Nr.: 107191 Datum: 29.09.2023 Anlage: 1.2






Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet

Grundwasserneubildung [mm/a]

■	Zehrung	■	300 - 350
■	0 - 50	■	350 - 400
■	50 - 100	■	400 - 450
■	100 - 150	■	450 - 500
■	150 - 200	■	500 - 550
■	200 - 250	■	550 - 600
■	250 - 300	■	600 - 625

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - NIBIS® KARTENSERVER: WMS Grundwasserneubildung, Methode mGROWA (HK50)
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)



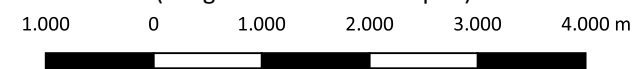
Emsland Frischgeflügel

Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

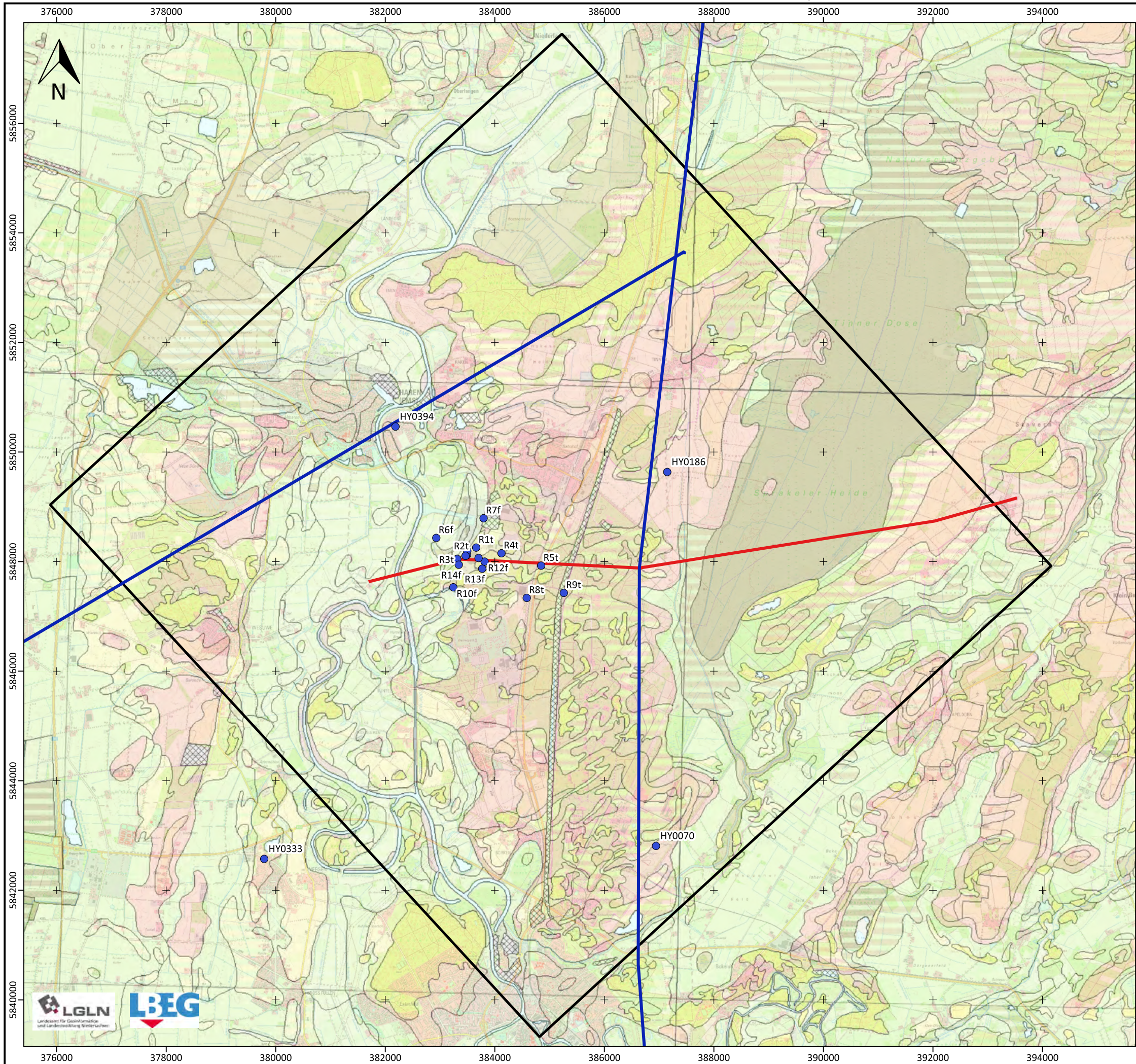
Grundwasserneubildung nach mGROWA

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)







EDV: 107151_work_20191016	Bearbeiter: A. Voss
 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	Parkstraße 5 31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107191	
Datum: 29.09.2023	
Anlage: 2	

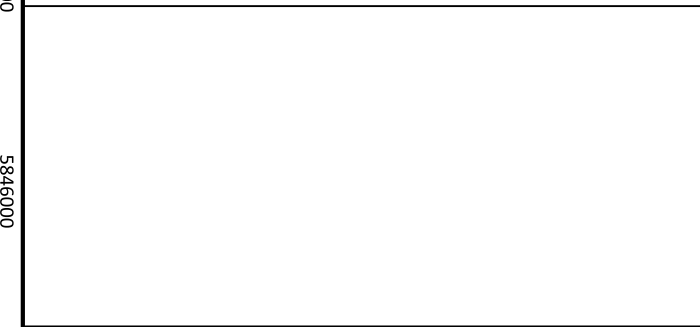




Legende

-  Modellgebiet
-  Bohrpunkte
-  Schnittlage "Geologischer Schnitt West-Ost"
-  Schnittlage "Mittlere Ems Lockergestein rechts 2" (LBEG)

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - NIBIS® KARTENSERFER: WMS Geologische Karten (GK50), Bohrungen HY
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

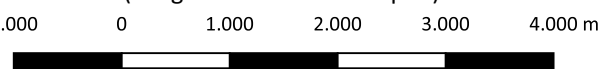


Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

Geologische Karte

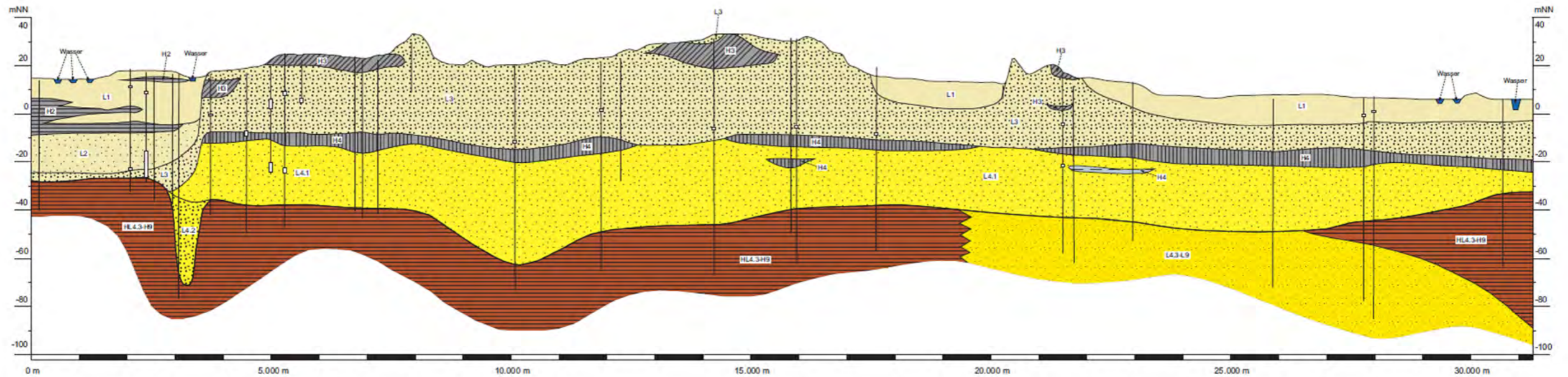
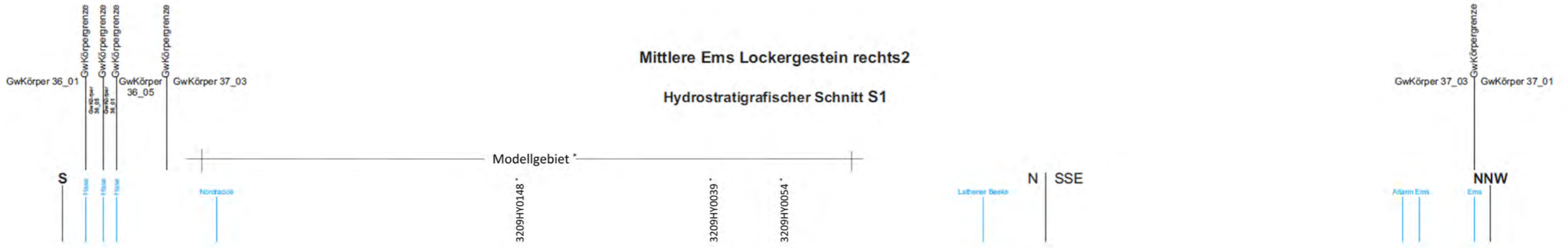
Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



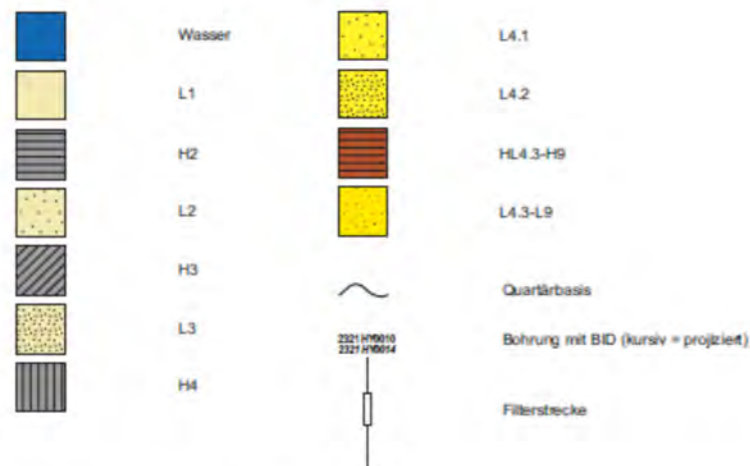

EDV: 107191_EFG_Wasserrecht_20190815	Bearbeiter: A. Voss
GeoFIRM Parkstraße 5 Ronschke & Voss 31542 Bad Nenndorf Hydrogeologie GbR Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de	Projekt-Nr.: 107191 Datum: 29.09.2023 Anlage: 3.1 Seite 1

Legende

	Auffüllung	[qh(y)/S-T-U/x/y]
	Uferwall	[qh/mS/gS/fw]
	Hochmoor	[qh/Hs/Hh]
	Niedermoor	[qh/HI,Hc,Hp,Hb/Hn]
	Niedermoor über fluviatilen Sand	[qh/Hc,Hle/Hn über qh/fS/u,zt(ms),zt(g1)/zt(h)/f]
	Niedermoor über fluviatilen Sand (Weichsel)	[qh/HI,Hc/Hn über qw/fS-mS/zt(u),zt(gs),lag(U),lag(G)/f]
	Dünenbildung	[qh/fS/ms/d]
	fluviatiler Sand	[qh/fS/u,zt(ms),zt(g1)/zt(h)/f]
	fluviatiler Sand (Weichsel)	[qw/fS-mS/zt(u),zt(gs),lag(U),lag(G)/f]
	fluviatile Sande	[qh/fS/u,zt(ms),zt(g1)/zt(h)/f über qw/fS-mS/zt(u),zt(gs),lag(U),lag(G)/f]
	Flugdecksand	[qw-qh/fS-mS/zt(gs2)/Fls]
	Flugdecksand über fluviatilen Sand	[qh/fS-mS/zt(gs2)/Fls über qh/fS/u,zt(ms),zt(g1)/zt(h)/f]
	Flugdecksand über fluviatilen Sand (Weichsel)	[qw-qh/fS-mS/zt(gs2)/Fls über qw/fS/zt(u),zt(gs),lag(U),lag(G)/f]
	Flugdecksand über glazifluviatilen Sand	[qw-qh/fS-mS/zt(gs2)/Fls über qD/fS-mS/zt(g)/kf/gf]
	Flugdecksand über Geschiebedecksand über glazifluviatilen Sand	[qw-qh/fS-mS/zt(gs2)/Fls über qw/S/u,g,zt(x)/kf/luk(Gds),zt(xp) über qD/fS-mS/zt(g)/kf/gf]
	Geschiebedecksand	[qw/S/u,g,zt(x)/kf/luk(Gds),zt(xp)]
	Geschiebedecksand über glazifluviatilen Sand	[qw/S/u,g,zt(x)/kf/luk(Gds),zt(xp) über qD/fS-mS/zt(g)/kf/gf]
	Geschiebedecksand über Geschiebelehme	[qw/S/u,g,zt(x)/kf/luk(Gds),zt(xp) über qD/U/s,t,g,zt(x)/kf/Lg]



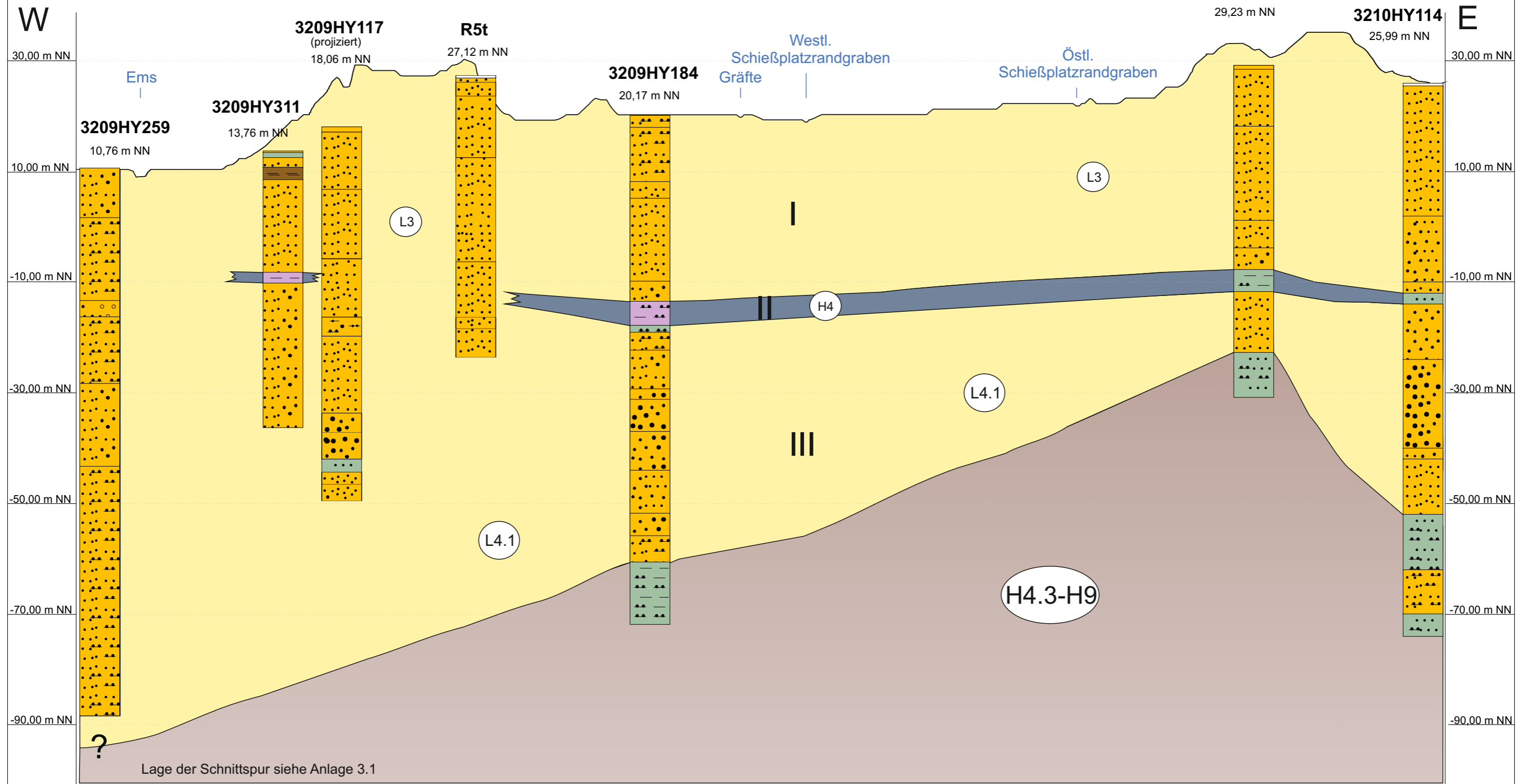
Legende



*Ergänzungen GeoFIRM 13.09.2019

Hydrogeologische Landesaufnahme		
Mittlere Ems Lockergestein rechts 2 Hydrostratigrafischer Schnitt S1		
Bearbeitung:	Datum:	Maßstab:
H. Röhm	Oktober 2006	Länge 1 : 50.000
M. Witthöft		Höhe 1 : 1.000
		LBEG Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Stilleweg 2 30655 Hannover

Geologischer Schnitt (halbschematisch)



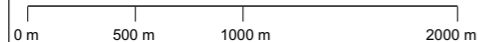
Datenquelle Bohrungen NIBIS® Kartenserver: Bohrungen und Profilbohrungen.- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.



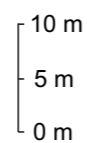
Emsland Frischgeflügel GmbH
Im Industriepark 1
49733 Haren (Ems)

Geologischer Schnitt W-E

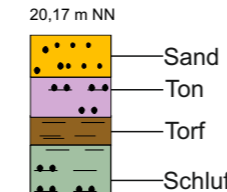
Horizontalmaßstab 1:35000 m



Vertikalmaßstab 1:700 m



3209HY184 mit Name und GOK (m+NN)



- Grundwasserleiter (L)
 - Grundwasserhemmer (H)
 - Aquiferbasis
 - Gewässer
- Modellschichten: I, II und III

Stratigraphie

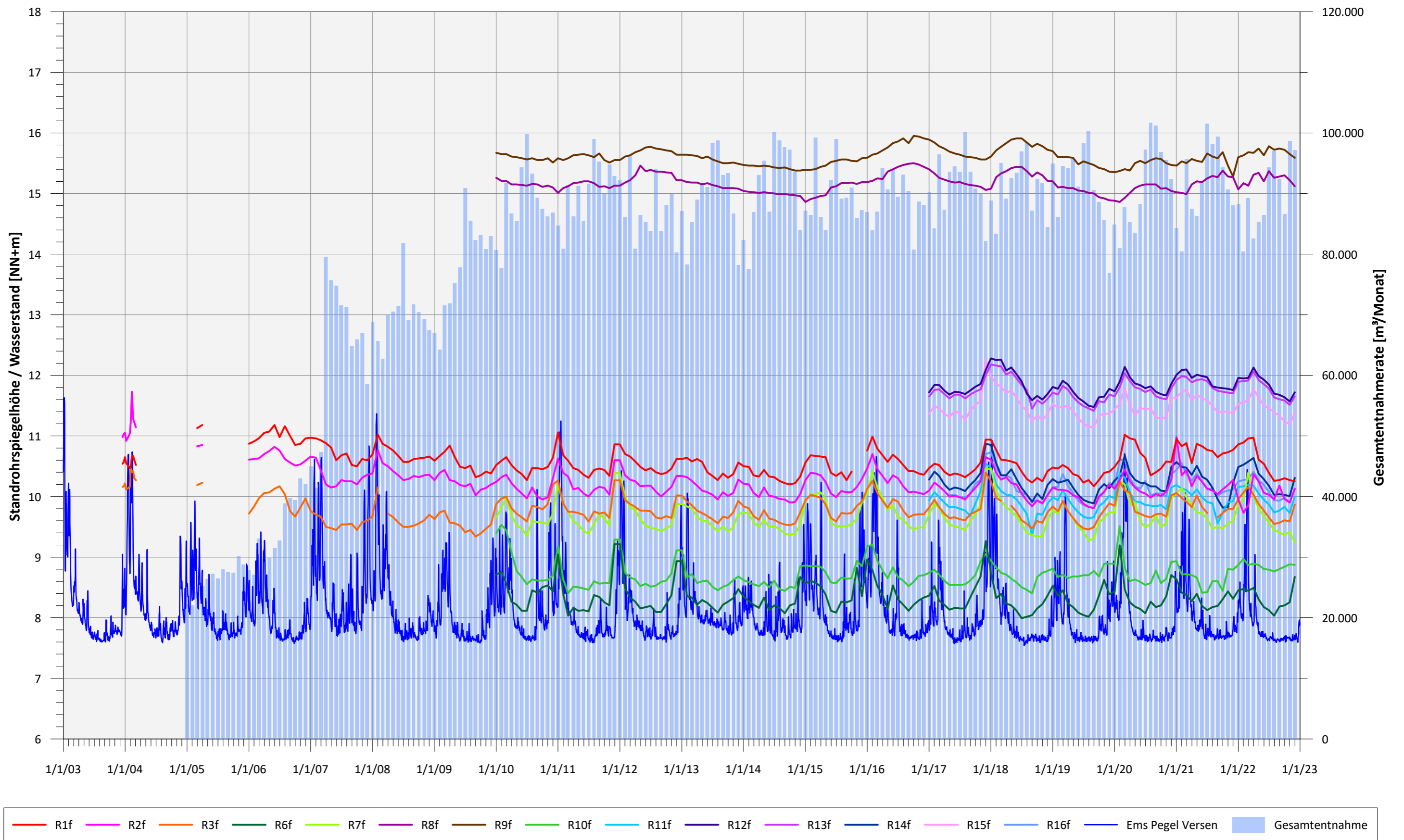
Quartär (Pleistozän)	L3	Saale-Kaltzeit Drenthe-Stadium
	H4	Eem-Warmzeit
	L4.1	Elster-Kaltzeit
Tertiär	H4.3-H9	Pliozän



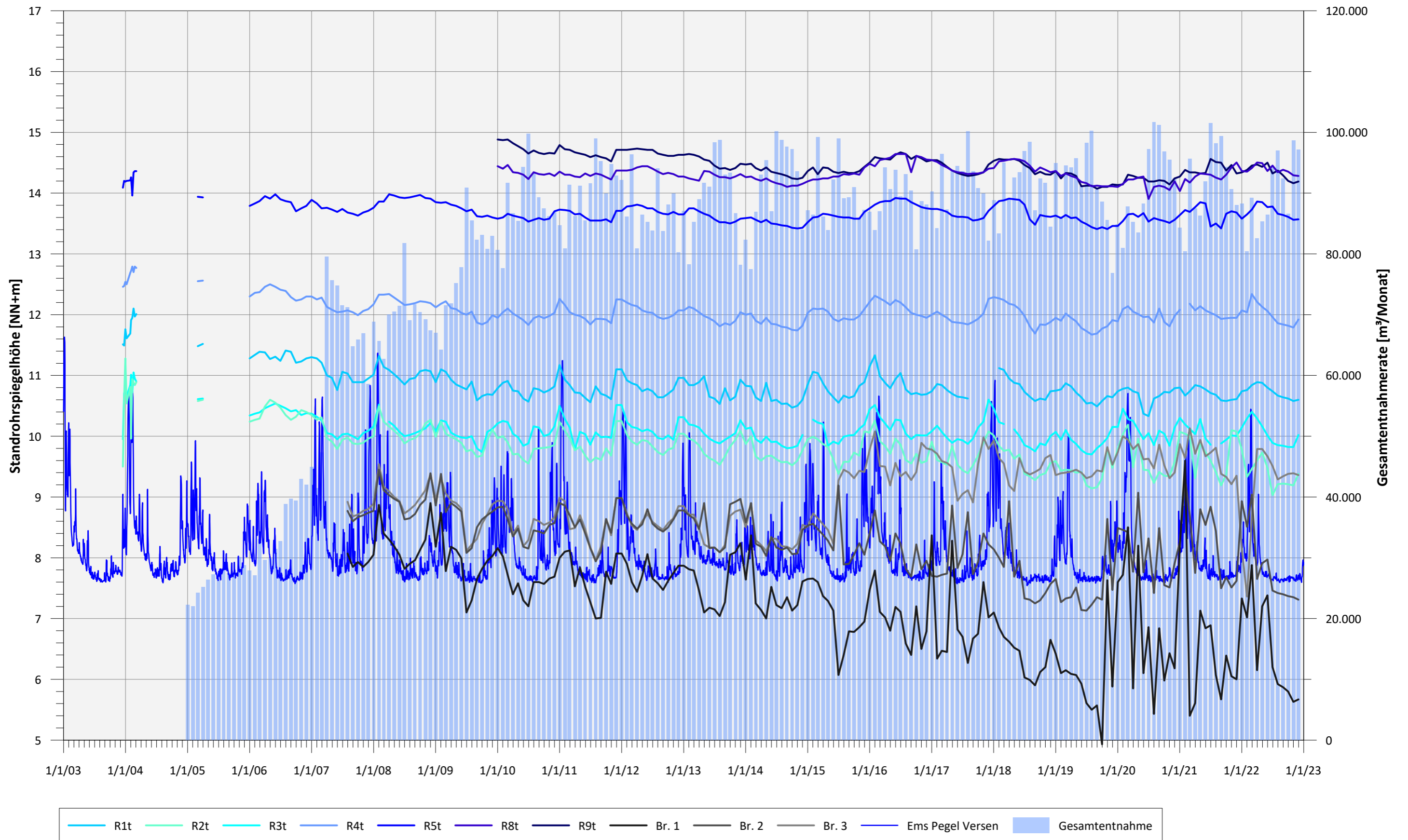
gez.: 10.09.19
Bearbeiter: J. Schröder
Projekt-Nr.: 107191
Datum: 29.09.23

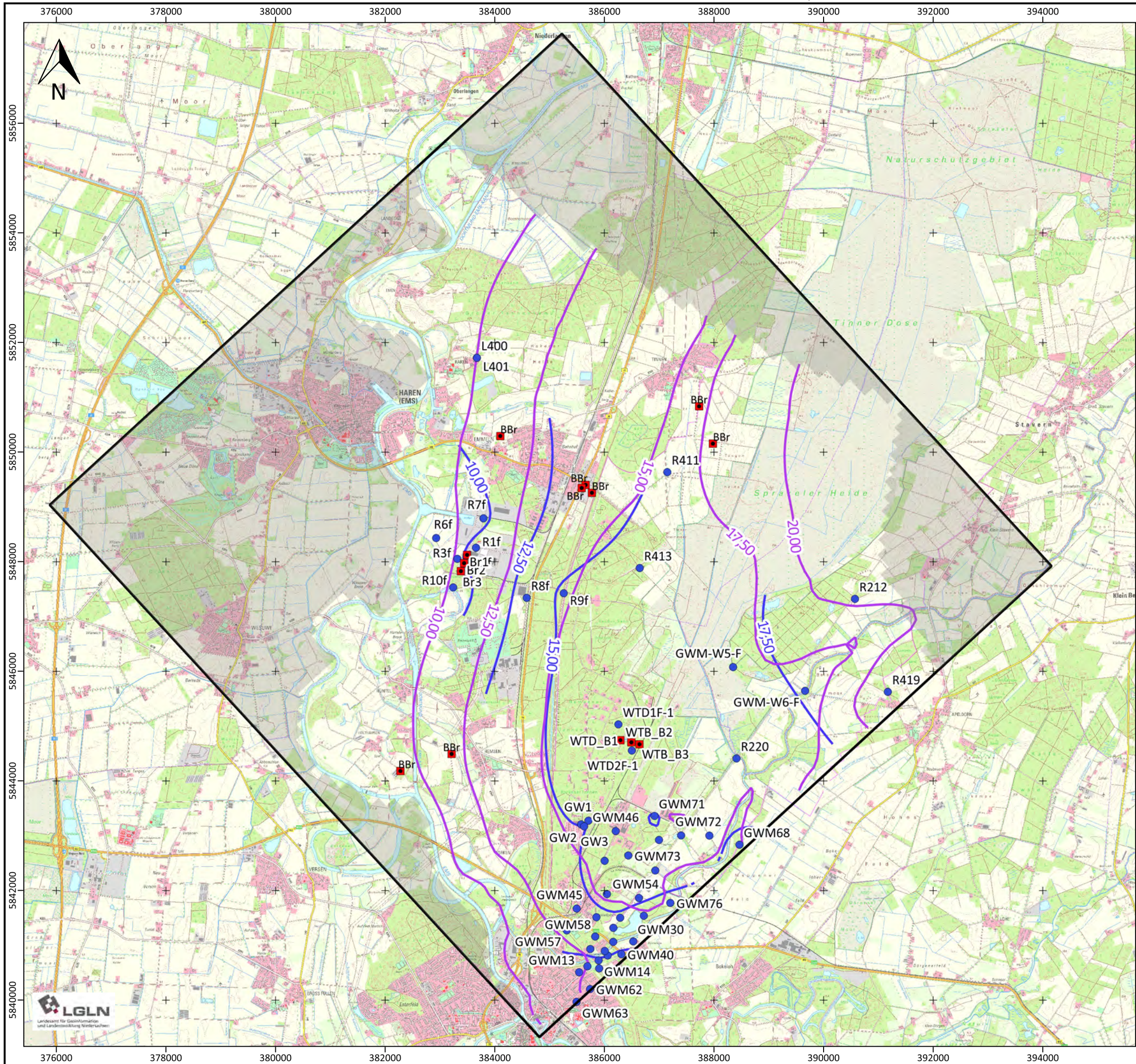
Anlage 3.3

GwGang und GwEntnahme Emsland Frischgeflügel GmbH
(Oberer Grundwasserleiter)



GwGang und GwEntnahme Emsland Frischgeflügel GmbH
(Unterer Hauptgrundwasserleiter)





- Legende**
- Förderbrunnen
 - Grundwassermessstelle
 - Modellgebiet
 - Gemessene Linie gleicher Standrohrspiegelhöhe [NN + m]
 - Berechnete Linie gleicher Standrohrspiegelhöhe [NN + m]

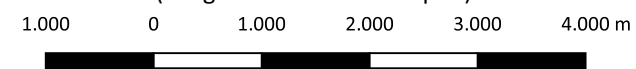
Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

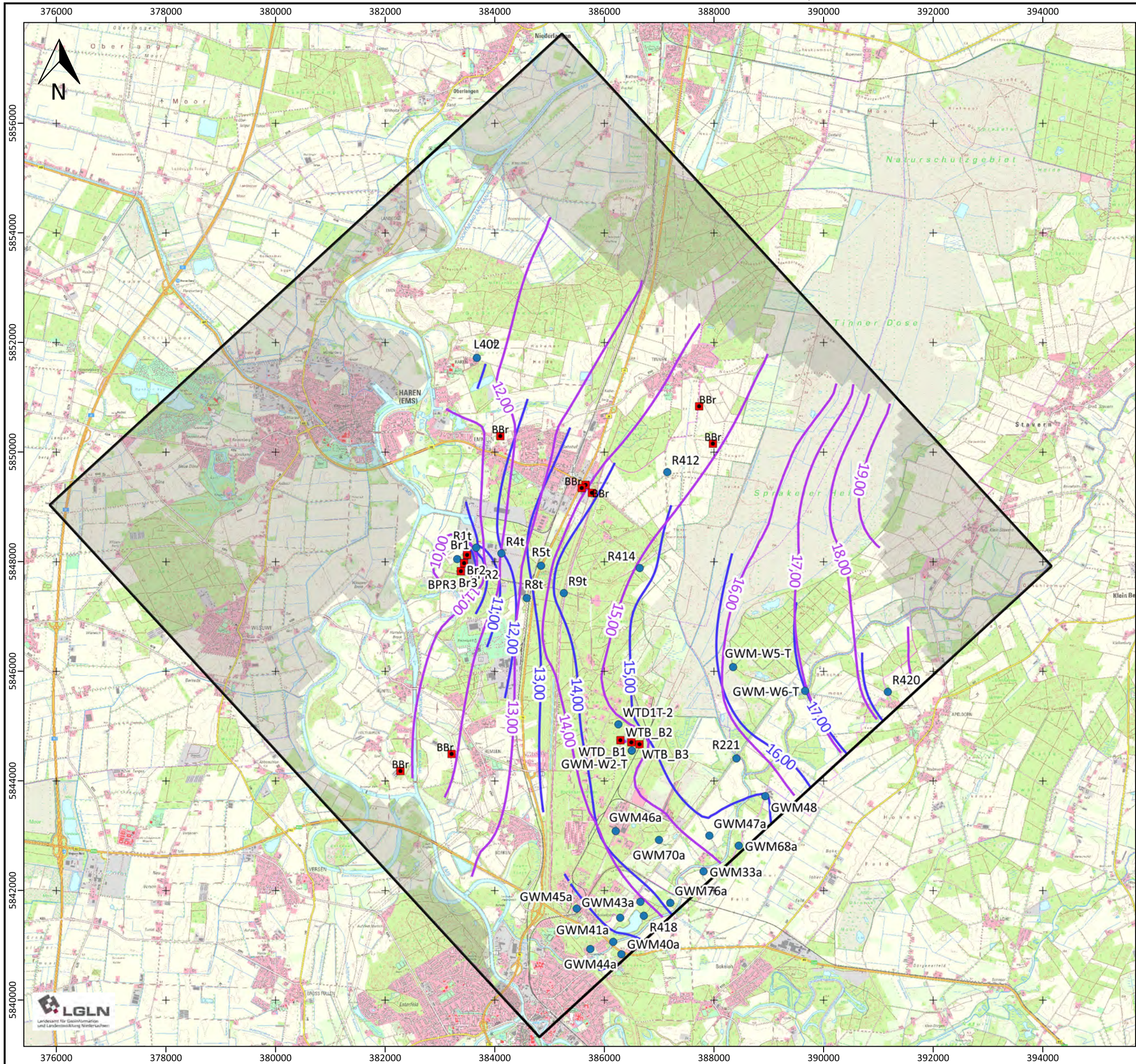
Grundwassergleichenplan (GWL 1)
Stichtagsmessung Mai 2014

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_work_20191015	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107191	Datum: 29.09.2023
Anlage: 5.1	





- Legende**
- Förderbrunnen
 - Grundwassermessstellen
 - Modellgebiet
 - Gemessene Linie gleicher Standrohrspiegelhöhe [NN + m]
 - Berechnete Linie gleicher Standrohrspiegelhöhe [NN + m]

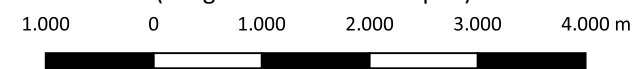
Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

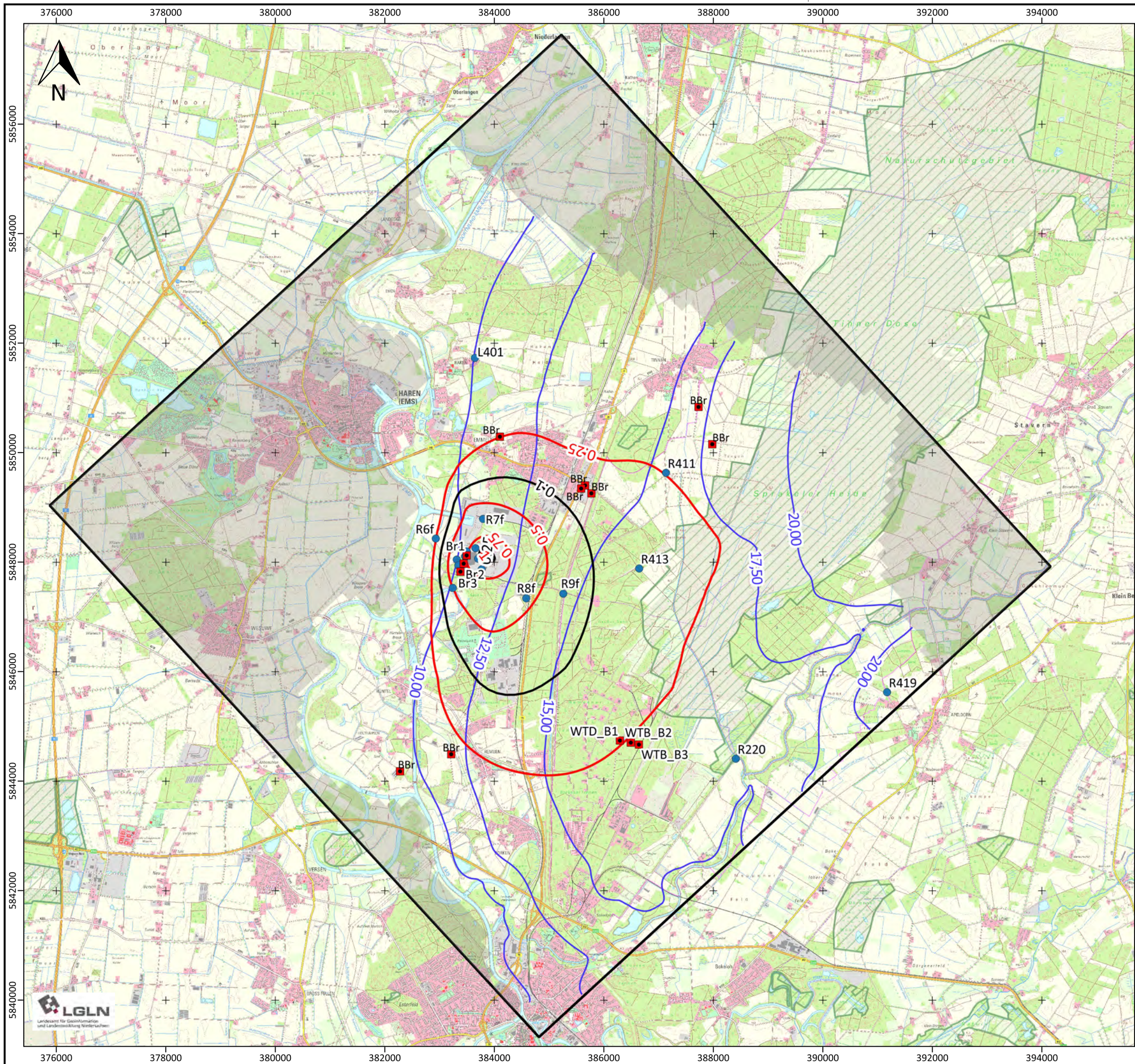
Grundwassergleichenplan (GWL 2)
Stichtagsmessung Mai 2014

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_work_20191015	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107191	Datum: 29.09.2023
Anlage: 5.2	





- Legende**
- Förderbrunnen
 - Grundwassermessstelle
 - Modellgebiet
 - Grundwassergleiche [NN +m]
 - Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Ist-Zustand vs. Prognose 1 [m]
 - Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Null-Zustand vs. Prognose 1 [m]

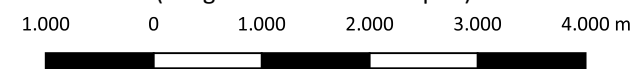
Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

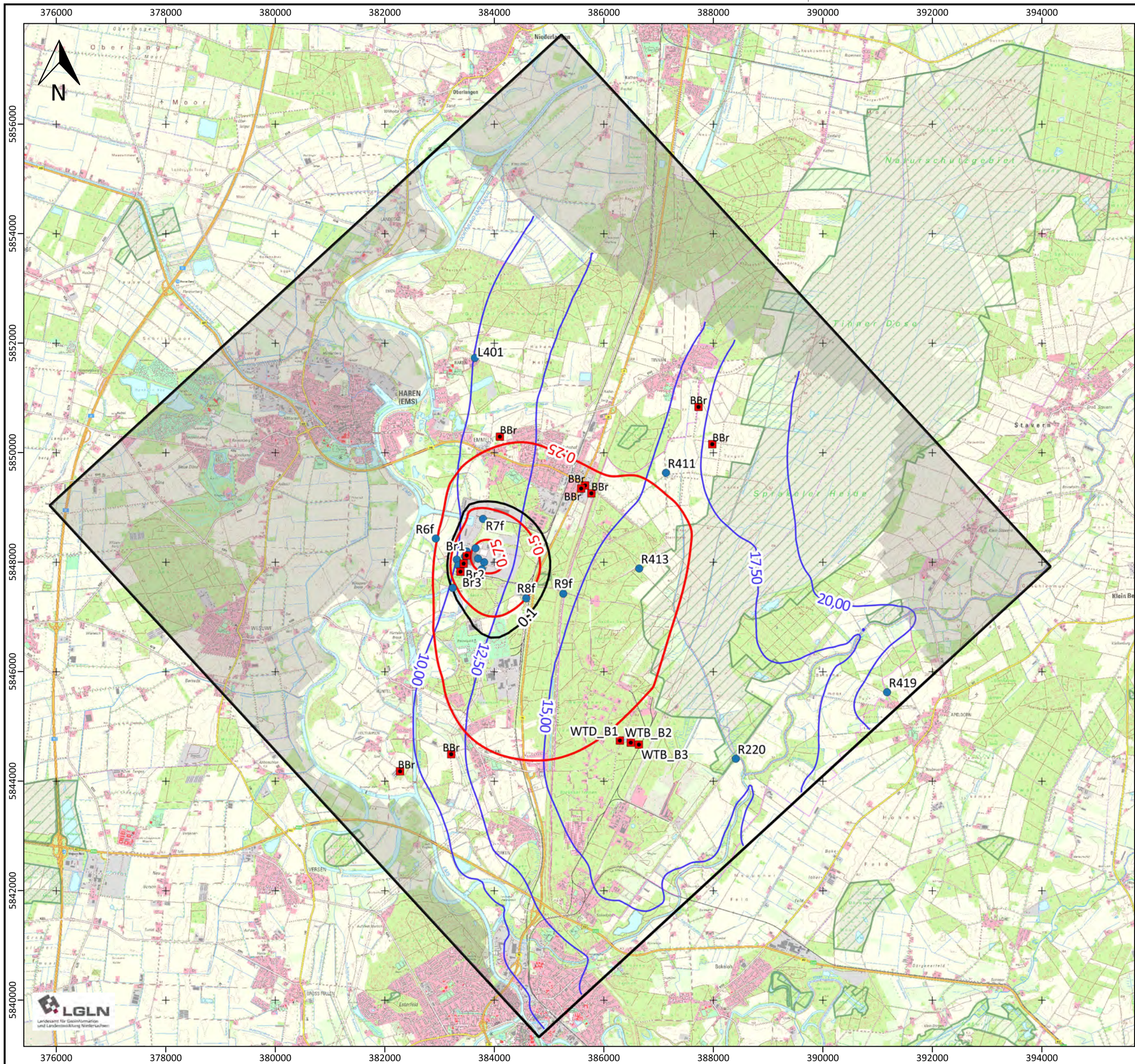
**Grundwasserdifferenzenplan
 Prognose 1 (Q_{max} = 1,5 Mio. m³/a)**

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_work_20191015	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107151	Datum: 29.09.2023
Anlage: 6.1	





- Legende**
- Förderbrunnen
 - Grundwassermessstelle
 - Modellgebiet
 - Grundwassergleiche [NN +m]
 - Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Ist-Zustand vs. Prognose 2 [m]
 - Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Null-Zustand vs. Prognose 2 [m]

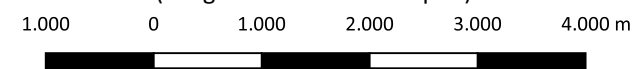
Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

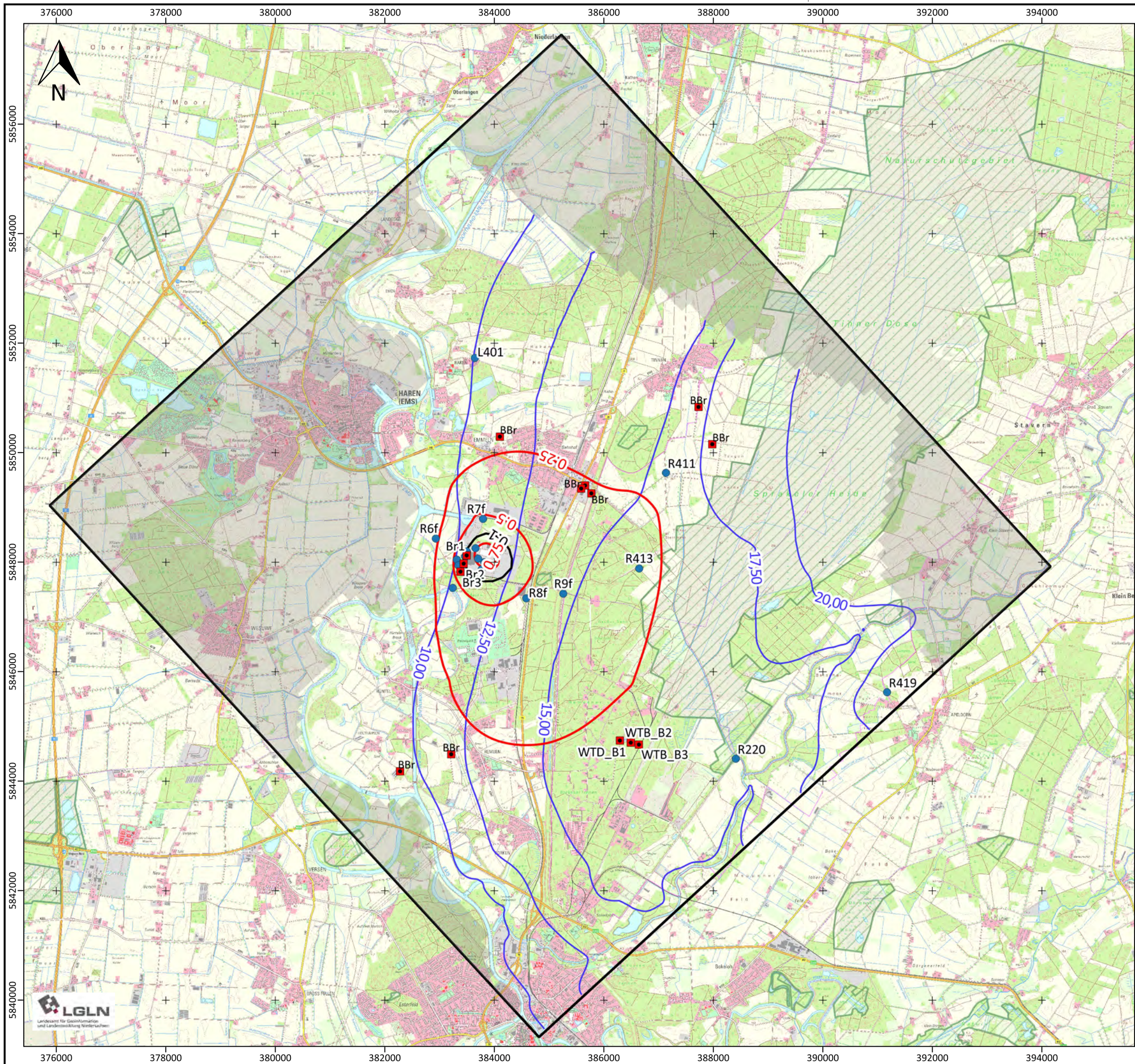
**Grundwasserdifferenzenplan
 Prognose 2 (Q_{max} = 1,4 Mio. m³/a)**

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_work_20191015	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107191	Datum: 29.09.2023
Anlage: 6.2	






Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet
- Grundwassergleiche [NN +m]
- Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Ist-Zustand vs. Prognose 3 [m]
- Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Null-Zustand vs. Prognose 3 [m]

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)




Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden
 Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

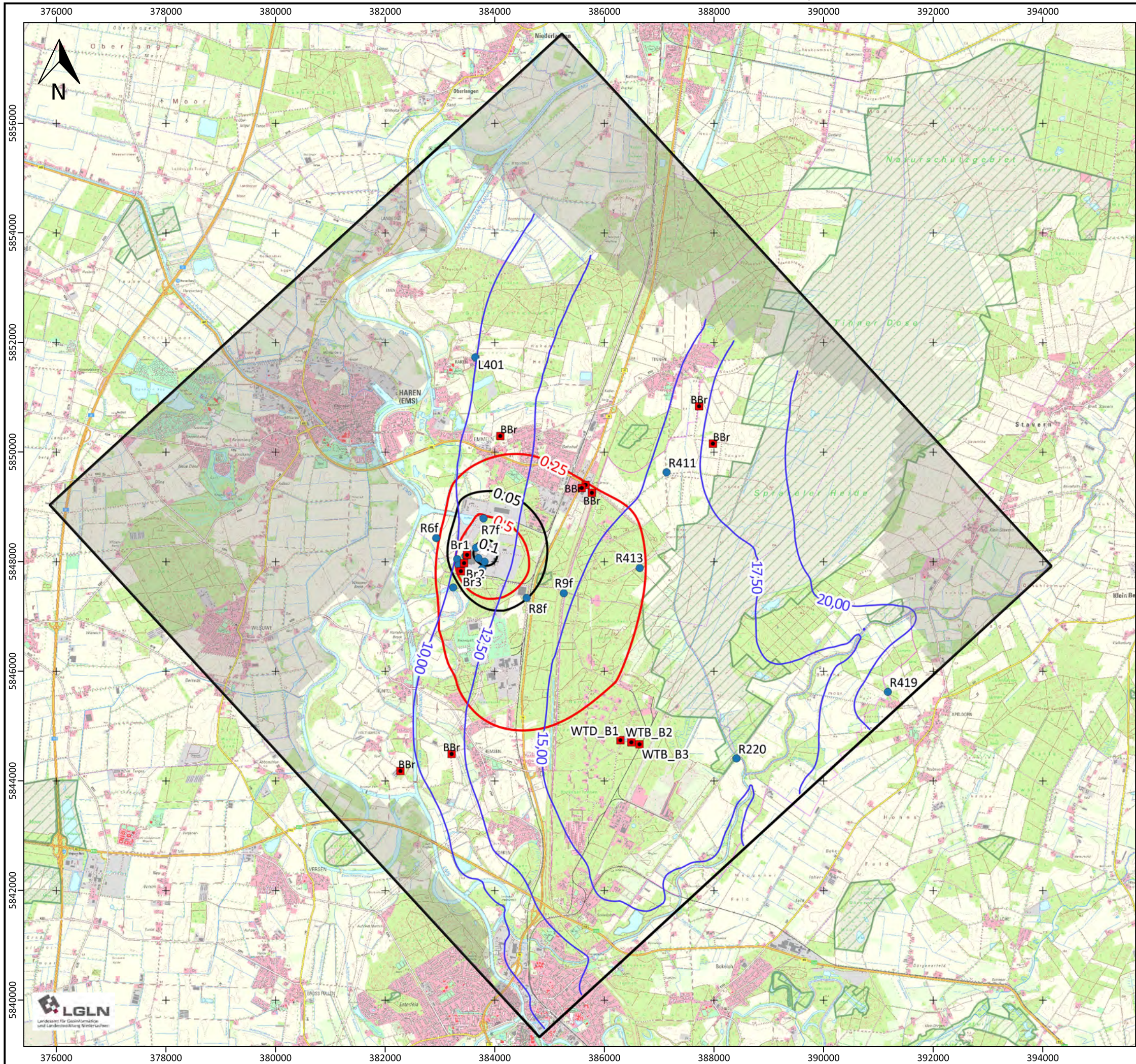
Grundwasserdifferenzenplan Prognose 3 (Q_{max} = 1,3 Mio. m³/a)

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_work_20191015	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107191	Datum: 29.09.2023
Anlage: 6.3	






Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet
- Grundwassergleiche [NN +m]
- Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Ist-Zustand vs. Prognose 4 [m]
- Linie gleicher Grundwasserdifferenz für Null-Zustand vs. Prognose 4 [m]

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)




Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

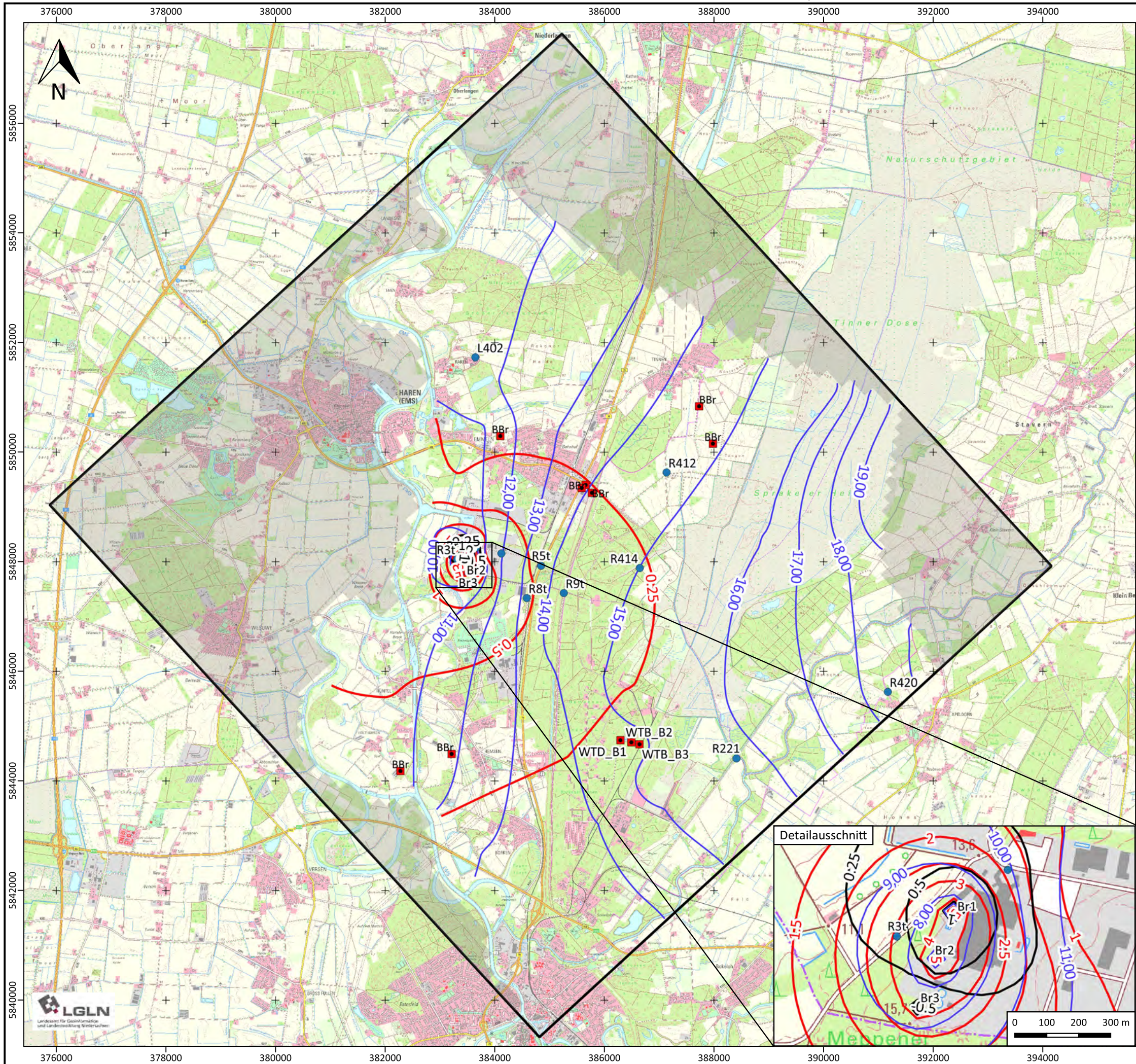
Grundwasserdifferenzenplan Prognose 4 (Qmax = 1,23 Mio. m³/a)

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)



EDV: 107191_work_20230919	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss 31542 Bad Nenndorf Hydrogeologie GbR Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de	Projekt-Nr.: 107191 Datum: 29.09.2023 Anlage: 6.4





Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet
- Grundwassergleiche [NN +m]
- Linie gleicher Grundwasser-
differenz für Ist-Zustand vs.
Prognose 4 [m]
- Linie gleicher Grundwasser-
differenz für Null-Zustand vs.
Prognose 4 [m]

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden
 Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

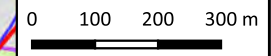
**Grundwasserdifferenzenplan (GWL 2)
 Prognose 4 (Q = 1,23 Mio. m³/a)**

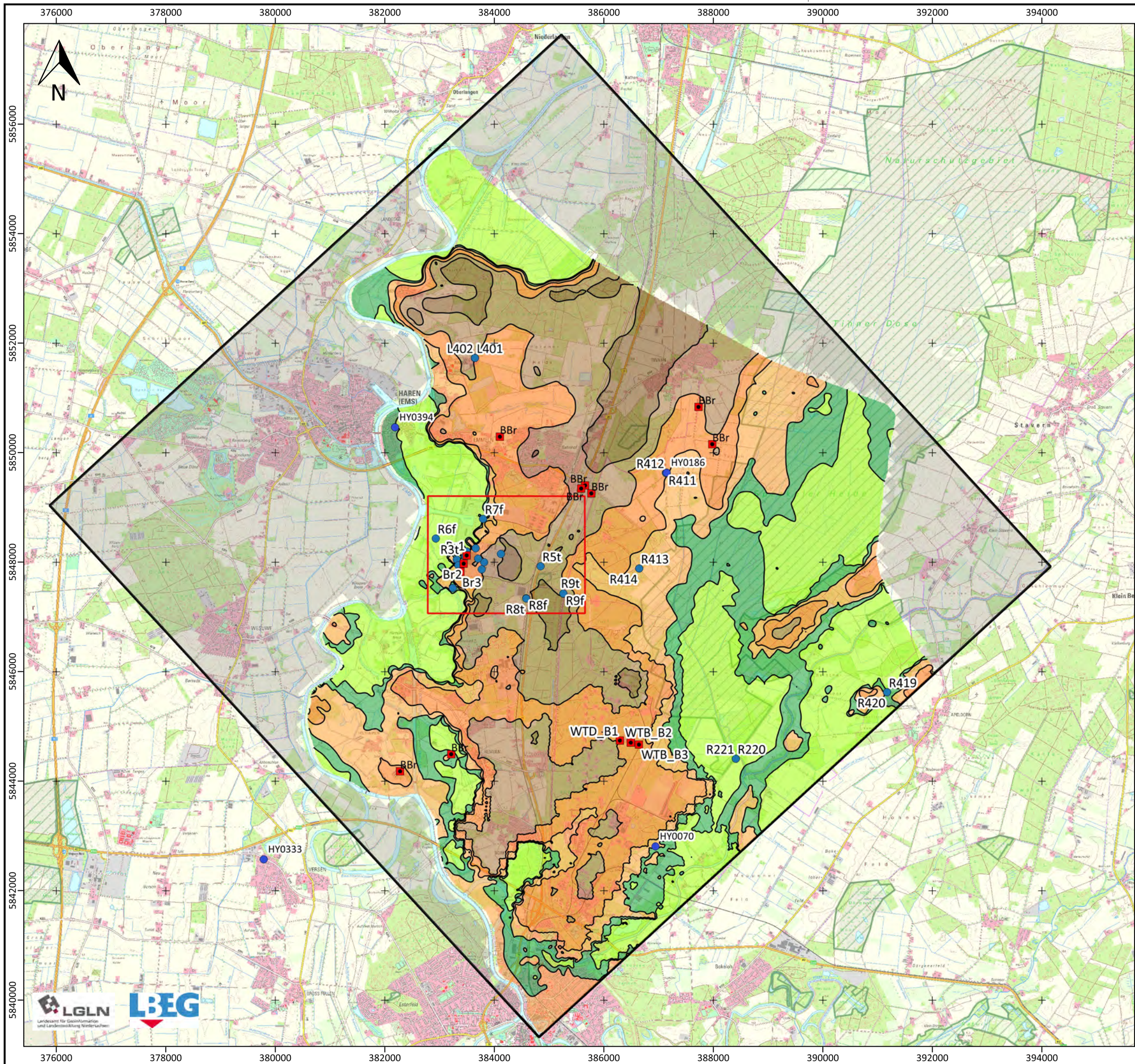
Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)

EDV: 107191_work_20230929	Bearbeiter: A. Voss
GeoFIRM Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	Projekt-Nr.: 107191 Datum: 29.09.2023 Anlage: 6.5



LGLN
 Landesamt für Geoinformation
 und Landesentwicklung Niedersachsen






Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet
- Aussagegebiet

Flurabstand [m]

2 3 5 10 15 20

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - NIBIS® KARTENSERVEN: WMS Grundwasserneubildung, Methode mgROWA (HK50)
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)


 Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 -Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

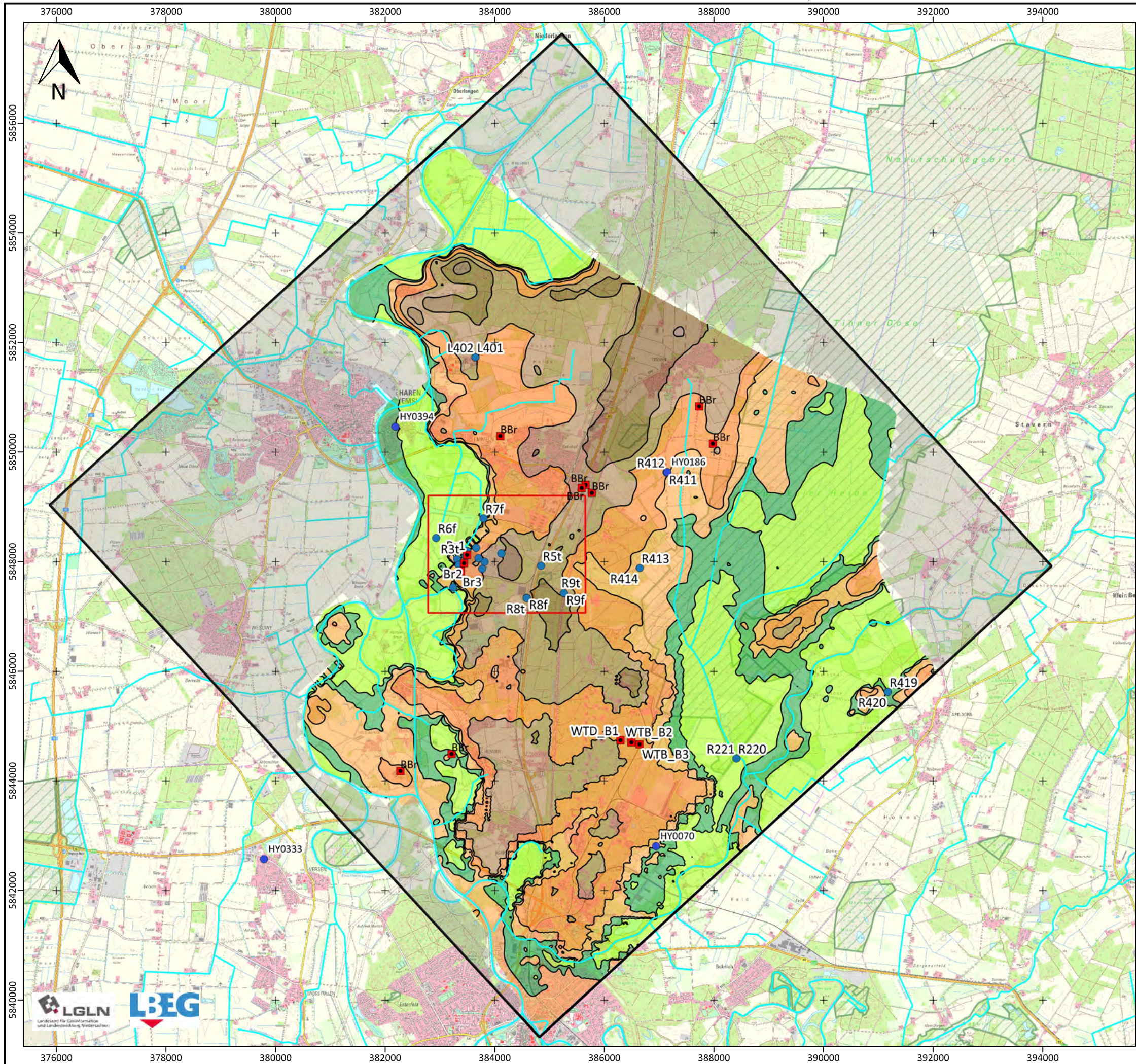
**Grundwasserflurabstand
 Ist-Zustand (Q = 1,1 Mio. m³/a)**

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)

1.000 0 1.000 2.000 3.000 4.000 m

EDV: 107151_EFG_Wasserrecht_20210809	Bearbeiter: A. Voss
 Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
	Projekt-Nr.: 107151 Datum: 29.09.2023 Anlage: 7.1





Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet
- Aussagegebiet

Flurabstand [m]

2 3 5 10 15 20

Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - NIBIS® KARTENSERVEN: WMS Grundwasserneubildung, Methode mgROWA (HK50)
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

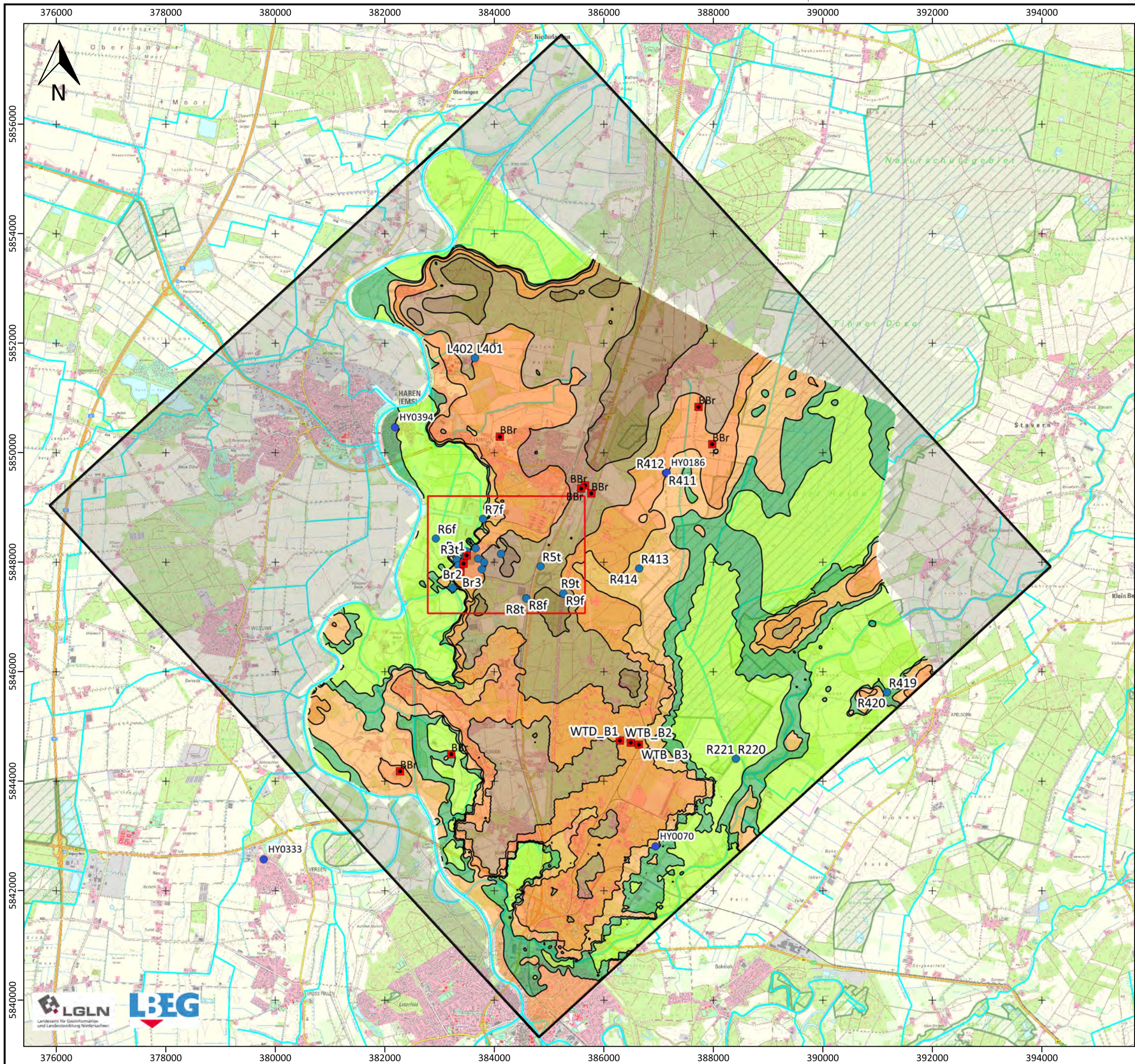
Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

**Grundwasserflurabstand
 Prognose 4 (Q_{max} = 1,23 Mio. m³/a)**

Maßstab 1:70.000
 (Ausgabeformat DIN A3 quer)

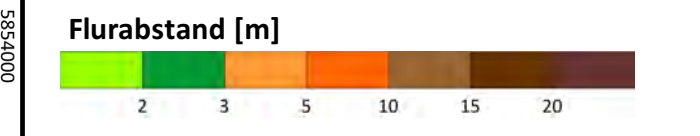


EDV: 107151_work_20230929	Bearbeiter: A. Voss
Parkstraße 5 Ronschke & Voss Hydrogeologie GbR	31542 Bad Nenndorf Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de
Projekt-Nr.: 107151	Datum: 29.09.2023
Anlage: 7.2	



Legende

- Förderbrunnen
- Grundwassermessstelle
- Modellgebiet
- Aussagegebiet

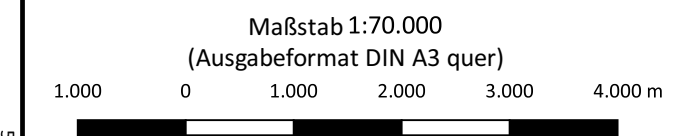


Quellenangabe:
 - Kartengrundlage: Auszug aus Geobasisdaten der nieders. Landesvermessung und Geobasisinformationen LGLN © TK3108, 3109, 3110, 3208, 3209, 3210, 3308, 3309, 3310
 - NIBIS® KARTENSERVR: WMS Grundwasserneubildung, Methode mgROWA (HK50)
 - verwendete Kartenprojektion: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

Emsland Frischgeflügel GmbH
 Industriepark 1
 49733 Haren (Ems)

Aktualisierung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
 - Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis-

**Grundwasserflurabstand
 Null-Zustand**



EDV: 107151_EFG_Wasserrecht_20210809 Parkstraße 5 Ronschke & Voss 31542 Bad Nenndorf Hydrogeologie GbR Tel. 05723 / 7 99 33 83 info@geofirm.de	Bearbeiter: A. Voss Projekt-Nr.: 107151 Datum: 29.09.2023 Anlage: 7.3
--	---